

МАРКШВЕЦЕРНО И ПЕРСКОЕ ОТНОШЕНИЕ



**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ
ДЕЛО**

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

*Допущено Министерством
угольной промышленности СССР
в качестве учебника для учащихся
горных техникумов*



МОСКВА
«НЕДРА»
1979

Маркшейдерское дело/В. И. Борщ-Компониец, В. М. Гудков, В. Г. Николаенко и др. М., Недра, 1979, 501 с.

В учебнике рассмотрены задачи маркшейдерской службы на различных стадиях работ: разведки месторождения, проектирования разработки, эксплуатации и ликвидации горного предприятия. Рассмотрены системы координат, применяемые при съемках, государственные геодезические сети, сети местного значения, принципы построения маркшейдерских опорных сетей при разработке месторождений подземным и открытым способами.

Описаны инструменты и приборы, используемые при выполнении всего комплекса маркшейдерских работ. Рассмотрены назначение и производство горизонтальных и вертикальных съемок в горных выработках, виды и схемы ориентирования, специальные маркшейдерские работы и съемка при строительстве шахт. Изложена методика наблюдений за сдвижением горных пород и предложены меры охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок.

Учебник предназначен для учащихся горных техникумов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело».

Табл. 61, ил. 304, список лит. — 20 назв.

Рецензенты: Лисичанский горный техникум (горный инженер Л. Ф. Карзин) и канд. техн. наук И. И. Добкин

Авторы: В. И. Борщ-Компониец, В. М. Гудков, В. Г. Николаенко, Ю. И. Курячий, Г. М. Кныш, К. С. Ворковастов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными особенностями современной горнодобывающей промышленности нашей страны являются высокий уровень оснащенности техникой и большая интенсификация производственных процессов. В таких условиях резко возрастает ответственность маркшейдерской службы, обеспечивающей рациональное и безопасное ведение горных работ. Маркшейдер делает съемку выработок и переносит их изображения на маркшейдерские планы, решает различные геометрические задачи, возникающие при строительстве и эксплуатации шахт и рудников, изучает свойства и условия залегания полезных ископаемых, ведет учет движения запасов и т. д. При этом большая нагрузка при выполнении маркшейдерских работ ложится на техникув-маркшейдеров, выполняющих значительную часть съемок как во время разведки месторождений, так и при строительстве, эксплуатации и погашении горных предприятий.

В результате коренного перевооружения маркшейдерской службы, происшедшего в последние годы, существенно изменились методика и техника маркшейдерских работ: на горных предприятиях внедрены оптические теодолиты, нивелиры с самоустанавливающейся в горизонтальное положение визирной осью, фотограмметрическое оборудование для стереосъемки разрезов, измерительные приборы, использующие последние достижения научно-технической революции. Широко представлены ЭВМ, новая множительная и копировальная техника. С 1971 г. действует новая техническая инструкция по производству маркшейдерских работ, основные положения которой не были отражены в учебной маркшейдерской литературе для техникумов. При написании учебника коллектив авторов стремился полнее отразить последние достижения маркшейдерской науки и передовой опыт производственников, причем при изложении материала авторы старались дать его в диалектической связи теории и практики маркшейдерских работ. Существенное внимание уделялось практической стороне маркшейдерского дела.

Настоящий учебник по курсу «Маркшейдерское дело» написан для учащихся маркшейдерской специаль-

ности, обучающихся в горных техникумах по программам, утвержденным методическими кабинетами Минуглепрома и Минцветмета СССР.

Авторами учебника являются: д-р техн. наук проф. В. И. Борщ-Компониец (предисловие, главы I, II, III, V, VI, X, XII, XIII), д-р техн. наук проф. В. М. Гудков (глава VII), канд. техн. наук В. Г. Николаенко (главы VIII, IX), горный инженер Г. М. Кныш и канд. техн. наук Ю. И. Курячий (глава IV, § 33 главы VII), канд. техн. наук К. С. Ворковастов (глава XI).

Авторский коллектив будет благодарен за замечания и предложения, направленные на улучшение последующего издания учебника, и просит их направлять авторам и в издательство «Недра».

СОДЕРЖАНИЕ ПРЕДМЕТА. ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. Содержание предмета

Маркшейдерское дело (маркшейдерия) — отрасль горной науки и техники, занимающаяся измерениями на поверхности и в недрах Земли при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых и строительстве горных предприятий.

Термин «маркшейдерское дело» произошел от немецкого слова *Markscheidenkunst* (*Mark* — линия, граница; *scheiden* — отмечать, устанавливать; *Kunst* — искусство), что в переводе на русский язык означает искусство межевания. Этот термин и рассматриваемая дисциплина возникли несколько веков назад в Германии, когда перед бурно развивающимся горным делом встали задачи по размежеванию подземных участков, принадлежащих различным хозяевам.

Содержание маркшейдерского дела в начальный период его существования можно охарактеризовать как подземную геодезию. В ряде стран, например во Франции, эта дисциплина так и называется «Подземная геодезия» (*Géodesie souterraine*).

Однако в процессе своего развития маркшейдерское дело как отрасль горной науки превратилось в комплексную науку, включающую в себя помимо методики и техники съемочных работ (называемой собственно маркшейдерским делом) также оценку точности измерений и вычислений, выполняемой на базе применения способа наименьших квадратов и теории вероятностей; маркшейдерско-геодезическое приборостроение; геометрию недр; сдвигание и давление горных пород (геомеханику горных пород) и пр. Общим объединяющим фактором названных разделов являются цели, стоящие перед маркшейдерской наукой, — обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации месторождений на базе инструментальных измерений, выполняемых в конкретных горно-геологических условиях горного предприятия.

В связи с ростом удельного веса горнодобывающей промышленности в последние годы происходят расширение и усложнение задач маркшейдерской службы, появляется необходимость резкого повышения качества работы путем внедрения последних достижений науки и техники, наблюдается тенденция к созданию специализированных звеньев маркшейдерской службы для выполнения одного вида работ на кусте предприятий (например, группы по проведению ориентировок шахт с использованием гиротеодолитов).

По-прежнему, первоочередной задачей маркшейдерского дела является составление планов горного предприятия, обеспечивающих нормальное функционирование производства и отображающих как состояние недр совместно с проведенными в них выработками, так и комплекс поверхностных сооружений.

В последние годы в области методики и техники маркшейдерских работ получены определенные достижения, выразившиеся в составлении четких методических руководств и разработке нормативных документов; во внедрении новых решений задач ориентирования и построения подземных опорных маркшейдерских сетей; в применении при развитии опорных сетей высокоточных теодолитов и светодальномеров, новых приборов и методик съемки разрезов. Проведены серьезные исследования в области маркшейдерских работ при строительстве и реконструкции шахт, в том числе создана методика выполнения маркшейдерских работ при сооружении подъемов с многоканатной машиной на башенном копре и при сооружении шахтных стволов специальными методами. Стали широко использоваться лазеры для задания и контроля направлений при проведении вертикальных и горизонтальных горных выработок, а в дальнейшем для оборудования этих выработок (при армировании вертикальных стволов, настилке путей в горизонтальных выработках, установке и контроле прямолинейности конвейеров, навеске трубопроводов и пр.).

Определенное значение для повышения производительности и качества маркшейдерских работ имеют методы и приборы для вычерчивания горной графической документации, а также материалы, используемые для изготовления маркшейдерских планов и разрезов.

В маркшейдерском деле для полевых измерений и камеральной обработки используются разнообразные и весьма сложные приборы и инструменты, часто представляющие собой высокоточные оптико-механические системы и электронные устройства, эксплуатируемые в трудных условиях горнорудных предприятий и в связи с этим обладающие определенными особенностями.

Происходящий в последние годы бурный рост механизации горнодобывающей промышленности, интенсификация добычи полезных ископаемых, увеличение размеров шахтных полей и полей разрезов потребовали конструирования приборов, позволяющих в значительной степени повысить производительность маркшейдерских работ. К достижениям в этой области следует отнести создание шахтных малогабаритных гирокомпасов, светодальномеров, устройств для замеров искривления скважин, нивелиров с самоустанавливающимися визирными линиями, комплектов аппаратуры для фотограмметрической съемки и ее камеральной обработки не только открытых горных работ, но и подземных выработок, разработку кодовых теодолитов, позволяющих непосредственно без ручной обработки вводить полевые измерения в ЭВМ, создание специальных ЭВМ, широкое внедрение серийной настоль-

ной счетной техники и электронных быстродействующих машин и т. п.

Важными задачами, решаемыми маркшейдерской наукой, являются изучение пространственных форм месторождений, залегающих в недрах, и изображение их на специальных горно-геометрических графиках; размещение и распределение качественных особенностей полезного ископаемого; определение оптимальных режимов добычи полезного ископаемого для получения конечного продукта с необходимым наперед заданным содержанием полезных и вредных компонентов. Эта область маркшейдерской науки «Геометризация недр», или «Горная геометрия», помогает успешно выполнять функции маркшейдерской службы по контролю за соблюдением мероприятий по охране недр и наиболее полному извлечению полезного ископаемого.

Фундаментальное направление в маркшейдерской науке связано с изучением особенностей протекания механических процессов в массивах горных пород и в элементах систем разработки при извлечении полезного ископаемого (горная геомеханика). В исследованиях по сдвигению и давлению горных пород особенно большие достижения получены в последние 20—25 лет. В СССР были составлены правила охраны поверхностных сооружений практически всех угольных и рудных месторождений; созданы методы предрасчета деформаций земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений, что позволило внедрить ряд кардинальных методов охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок; установлены условия безопасной выемки полезных ископаемых под водными объектами; для предприятий, разрабатывающих месторождения открытым способом, созданы методы расчета углов наклона бортов разрезов, проведено успешное внедрение мероприятий по искусственному укреплению откосов.

Большой раздел горной геомеханики занимают исследования проявления горных ударов. В настоящее время разработаны научно обоснованные представления о механизме возникновения горных ударов и мероприятия по борьбе с ними. Маркшейдерами проводятся исследования горного давления в капитальных, подготовительных и очистных выработках на угольных и рудных месторождениях.

Маркшейдерское дело как инженерная дисциплина в своем развитии широко аккумулирует положения таких фундаментальных наук, как математика, физика, механика, философия.

Для выполнения измерений и вычислений маркшейдерия использует основные приемы геодезии. Кроме того, она тесно связана со смежными дисциплинами: геодезическим приборостроением, геологией, горным делом, управлением производством и т. д.

Маркшейдер участвует во всех этапах работы горного предприятия, начиная с разведки месторождения и кончая погашением

отработавшего свой срок предприятия. Причем каждый этап требует своей специфики производства маркшейдерских работ.

Разведка месторождений полезных ископаемых. При разведке месторождений полезных ископаемых маркшейдер участвует в съемке земной поверхности; согласно проекту геологоразведочных работ определяет и задает в натуре положение разведочных выработок (скважин, шурфов, канав, штолен и т. п.); производит съемку разведочных выработок, мест взятия проб, обнажений горных выработок, элементов залегания пластов полезного ископаемого и вмещающих пород; совместно с геологом составляет на основе съемок графическую документацию, отражающую форму и условия залегания месторождения. Существенное значение для оценки месторождений имеют работы маркшейдеров по составлению различных горно-геометрических графиков, отражающих качественные свойства полезного ископаемого.

Маркшейдерские планы и разрезы, построенные по данным геологической разведки, используются для подсчета запасов и проектирования горного предприятия.

Проектирование и строительство горного предприятия. При проектировании горных предприятий маркшейдер участвует в проектно-изыскательских работах; в оформлении границ шахтных полей в соответствии с действующими положениями о горных и земельных отводах; в проектировании системы разработки и сооружений поверхностного комплекса; в разработке мер охраны сооружений (поверхностных и подземных) от вредного влияния подземных разработок; в составлении графиков организации и планов горных работ в процессе строительства и эксплуатации месторождения; в подсчете потерь и промышленных запасов полезных ископаемых.

При строительстве горных предприятий маркшейдер выполняет широкий круг задач, связанных с перенесением проекта в натуру (планировка промышленной площадки, разбивка центра и осей ствола, разбивка осей шахтного комплекса, трассировка подъездных путей и т. д.). Он осуществляет контроль строительства поверхностного комплекса, проходки и армирования ствола и проведения капитальных выработок, выполнения проекта специальных методов строительства стволов шахт.

Эксплуатация месторождений. Роль маркшейдера при разработке месторождений полезных ископаемых исключительно велика: он производит съемки выработок; задает направления горным выработкам; по результатам съемок составляет планы; осуществляет контроль ведения горных работ в соответствии с проектами и правилами безопасности; выполняет соединительные съемки, обеспечивающие связь поверхностных и подземных маркшейдерских опорных сетей; производит постоянный контроль полноты извлечения полезного ископаемого; осуществляет наблюдения за сдвижением и давлением горных пород; участвует в составлении мер охраны сооружений, природных объектов, горных

выработок от вредного влияния подземных разработок и рекультивации плодородного слоя сельскохозяйственных угодий; принимает участие в планировании как очистных, так и подготовительных работ, составляет квартальные, годовые и перспективные планы развития горных работ; выполняет учет движения балансовых и промышленных запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого.

При ликвидации и консервации горного предприятия маркшейдер определяет полноту выемки полезного ископаемого, а также наряду со съемкой горных выработок и пополнением планов горных работ приводит в соответствующий порядок журналы вычислений координат подземных съемок и ориентировок шахт и подготавливает основные планы горных работ для вечного хранения.

§ 2. Краткие исторические сведения о развитии маркшейдерского дела

Маркшейдерское дело зародилось практически вместе с умением человека вести подземные горные работы. Сохранившиеся исторические рукописи, археологические раскопки и другие материалы показывают, что люди уже с древнейших времен умели сооружать довольно сложные подземные рудники и другие объекты. К примеру сошлемся на найденный в Италии египетский пергамент, на котором изображен рудник, существовавший около 3500 лет назад. Известно также, что древними римлянами для спуска воды из озера была пройдена встречными забоями штольня длиной около 6 км. Для ее проведения было заложено более 100 вертикальных и наклонных стволов. Некоторые из них были глубиной более 100 м. Этот факт говорит о существовании в те времена довольно солидного опыта выполнения маркшейдерских работ.

Первое описание способов съемки подземных горных выработок, дошедших до нас (I в. до н. э.), принадлежит Герону Александрийскому. Применявшиеся в то время способы съемок горных выработок заключались в различных промерах, провешиваниях, построении цепи геометрически правильных фигур, например тождественных треугольников, на поверхности и под землей, при помощи которых осуществлялась ориентировка подземных выработок.

В XVI в., когда в горном деле стали использовать приборы с магнитной стрелкой, вращающейся на острие иголки, произошло улучшение маркшейдерских работ и повышение их точности. В этот период известным немецким ученым Агриколой (1494—1555 гг.) был издан капитальный по тем временам труд «О горном деле и металлургии», в котором пятая глава посвящена описанию съемок горных выработок как с помощью компаса с кругом, разделенным на 12 частей, так и другими методами. В частности, им

описан способ определения необходимых глубины шахты и длины штольни при помощи наклонного шнура и отвесов.

В XVI—XVII вв. в Германии создаются вначале компас с визуальным приспособлением, затем подвесная буссоль, которая совместно с подвесным полукругом в течение многих веков были одними из наиболее распространенных маркшейдерских инструментов. Ими иногда пользуются и современные маркшейдеры для съемки второстепенных выработок. Применение подвесных буссоли и полукруга упростили методику построения маркшейдерских подземных сетей, при которой вместо ряда треугольников в горных выработках строится при помощи шнура ломаная линия.

В XIX в. в Германии для съемки горных выработок стали применяться теодолиты и нивелиры, появились ориентир-буссоль, зеркальная буссоль, проектировочные тарелочки, были изготовлены длинные ленты для измерения глубины стволов шахт. Внедрение в маркшейдерское дело новой техники вызвало появление специальной маркшейдерской литературы. В 1851 г. выходят книги Вейсбаха «Новое маркшейдерское искусство», Борхерса «Практическое маркшейдерское искусство» (1869 г.), в которых описаны методика и приборы, применявшиеся в маркшейдерском деле. В частности, в книге Вейсбаха приведены сведения о приборах для автоматической центрировки теодолитов и сигналов, приспособлениях для примыкания к отвесам и пр.

Во второй половине XIX и начале XX в. были введены в действие хорошо оснащенные по тем временам заводы маркшейдерского приборостроения (Гильдебрана, Феннеля, Цейсса), разработаны методики выполнения маркшейдерских работ и оценки точности и уравнивания результатов маркшейдерских съемок. В это время были предложены способы соединительных съемок при помощи соединительных треугольников Ганзена, Снеллиуса — Потенота, симметричного примыкания, створа с использованием салазок Вейсса; были выполнены исследования по влиянию потоков воздуха на положение шахтных отвесов для ориентировки глубоких стволов (гипотеза Вильского).

В первой половине XX в. началось применение гироскопических инструментов для ориентирования подземных маркшейдерских сетей. Первые попытки ориентирования шахты при помощи гироскопов были выполнены в 1913—1914 гг. в Польше и Германии. В начале 20-х годов в Германии был спроектирован и выпущен маркшейдерский гирокомпас, однако его конструкция оказалась неудачной. Широко внедрение гироскопического способа ориентирования было начато в ФРГ с 1947 г. благодаря исследованиям, выполненным профессором Реленсманом. Первые образцы маркшейдерских гироскопов обладали некоторыми недостатками (большие масса и габариты, неустойчивость показаний и т. п.). В последние годы в ряде стран (Венгрия, ФРГ, Великобритания, США и др.) ведутся успешные работы по конструированию гирокомпасов, гиротеодолитов и гиронасадок. Имеются успехи в области

применения гиротеодолитов при ориентировании подземных маркшейдерских сетей в Чехословакии, Польше, Венгрии, Канаде, Югославии, ФРГ.

В послевоенные годы значительное усовершенствование получили и другие инструменты для маркшейдерских съемок, были созданы инструменты, использующие совершенно новые принципы для измерений. Так, ряд фирм Венгрии, ФРГ, Чехословакии создали теодолиты повышенной точности, нивелиры обычной конструкции и с самоустанавливающейся в горизонтальное положение визирной осью. Усиленно разрабатываются (в США, ФРГ) кодовые теодолиты, совершенствуются и создаются новые световые и радиодальномеры.

Большие работы в США и особенно в ГДР проведены по созданию инструментов для фотограмметрических съемок на разрезах. В ряде стран фотограмметрия начинает широко внедряться для съемки подземных выработок.

Перспективный прибор создан фирмой «Керн» — лазерный теодолит, являющийся комбинацией секундного теодолита ДКМ2—АЛ и газового лазера, который крепится к ножке штатива. Луч лазера совмещается с оптической осью зрительной трубы.

В Лотарингском угольном бассейне Франции уже продолжительное время для маркшейдерских съемок используются лазерные приборы, большая часть которых изготовлена во взрывобезопасном исполнении. Особое преимущество лазеры приобретают при проходке наклонных выработок.

В Канаде разработана лазерная установка, названная «лазерным оптическим ствольным отвесом», которая при промышленном использовании показала, что максимальное отклонение луча от вертикали при проверке вертикальности шахтных стволов глубиной 2 км составляет 2 мм.

В последние годы произошло улучшение в области механизации камеральных работ. Проведено широкое внедрение рядовых настольных электрических вычислительных машин, увеличивается применение специальных программирующих настольных ЭВМ, созданы программы для решения маркшейдерских задач на мощных ЭВМ.

Маркшейдерское дело по существу является информационной наукой, поэтому в нем начинают находить широкое применение автоматические системы сбора, хранения, переработки и передачи информации с использованием различного рода ЭВМ и автоматических устройств.

В горнодобывающей промышленности западных стран в последние годы большое внимание стали уделять организации маркшейдерской службы и улучшению ее структуры. В Рурском угольном бассейне, где ежегодная добыча более 80 млн. т угля, в акционерном обществе «Рурколе» существует трехступенчатая структура: непосредственно на предприятии функционирует

инженерный отдел, занимающийся составлением и регулярным пополнением горной графической документации, изучением геологических условий, планированием очистных и подготовительных работ, изучением сдвижения горных пород. Для 5—7 предприятий с годовой добычей 10—15 млн. т создается промежуточное звено маркшейдерской службы, выполняющее капитальные и специальные маркшейдерско-геодезические работы с привлечением для этого современных высокопроизводительных приборов, устройств и ЭВМ (гиротеодолитов, квантовых генераторов, установок для аэро- и фотограмметрических съемок и др.). Основные штаты маркшейдерской службы сосредоточены в первых двух подразделениях. При дирекции комбината находится сравнительно небольшая группа, осуществляющая методическое руководство и контроль ведения маркшейдерских работ и занимающаяся общими вопросами планирования горных работ, вопросами поддержания поверхностных сооружений при их подземной подработке и рекультивацией подрабатываемых территорий.

В ряде стран в маркшейдерских работах наблюдается тенденция увеличения удельного веса наблюдений за сдвижением горных пород как при подземной, так и при открытой разработке полезных ископаемых.

Сдвижение земной поверхности под влиянием подземных разработок замечено еще в XV—XVI вв., но пристальное внимание этим вопросам стали уделять в XVIII и особенно в XIX вв. в Бельгии, где производство подземных работ отражалось на зданиях и стало угрожать правильному режиму снабжения водой г. Льежа. Во второй половине XIX в. начали изучать закономерности оседания и обрушения горных пород, в результате чего вначале появилась теория нормалей, выдвинутая Туалье в 1838 г., а затем теория Гоно в 1858 г., по которой сдвижение подработанной толщи развивается по нормалям к пласту. Затем в 1885 г. появилась теория купола, предложенная Файолем, основная идея которой заключалась в том, что зона сдвижения пород ограничивается куполообразным пространством.

В конце прошлого столетия появились работы Джигинского, в которых отмечалось, что на процесс сдвижения влияют мощность залежи, угол падения залежи, глубина разработок, свойства налегающих пород. Большое значение в правильном представлении о характере развития процесса сдвижения имела теория Гаусса (конец XIX в.), в которой рассматривались две различные зоны сдвижения горных пород: зона обрушения, или зона, комбинированная из обрушений пород и прогибов пластов, а также зона прогибов.

В первой четверти XX в. исследования в области сдвижения горных пород проводили О'Донагю, установивший ряд значений углов оседания, Гольдрейх, отметивший различие в протекании процесса сдвижения в коренных породах и наносах и высказавшийся впервые по вопросу распределения горизонтальных сдви-

жений в пределах мульды, Бриггс, связавший углы разломов в горных породах с величинами сопротивления пород сжатию и разрыву и установивший, что в твердых и хрупких породах углы сдвига круче, чем в породах, обладающих меньшей крепостью.

Первые правила охраны были разработаны в конце XIX в. Дортмундским горным управлением (Германия) по данным широких инструментальных наблюдений, после этого инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород начали проводиться на горных предприятиях Чехословакии, Великобритании, США, Франции и других стран.

В предвоенные, а особенно в послевоенные годы в области исследований сдвижений горных пород много внимания уделялось разработке методов предрасчета деформаций горных пород. Одни из первых схем предрасчета сдвижений поверхности были предложены Кейнгорстом и Балсом, в основу которых были положены идеи о том, что на каждую точку земной поверхности по определенному закону действует часть выработанного пространства, ограниченная углами сдвига.

Значительных результатов в создании методов предрасчета сдвижений пород достигли польские ученые Литвинишин, Будрык, Кнотте, Салустович.

На территории нашей страны первые сведения о подземных довольно сложных разработках относятся к I в. до н. э., что подтверждается раскопками на Южном Урале и в Северном Казахстане.

Первое русское горное законодательство, в котором отражены вопросы маркшейдерского дела, было составлено в 1734 г. В. Н. Татищевым и носило название «Заводской устав». Один из основоположников отечественной маркшейдерской науки В. И. Бауман отмечал, что значение маркшейдерского дела было по достоинству оценено первыми русскими деятелями горной администрации.

В уставе В. Н. Татищева маркшейдерскому делу были посвящены материалы, которые обязывали маркшейдера: 1) иметь правильные плоские чертежи каждой рудокопи с отражением на них условий залегания, всех особенностей разработки рудника и пополнением их своевременно новыми работами; 2) пополнять и исправлять общие планы данного округа по правилам, изложенным в особой инструкции Академии наук, куда должны представляться копии готовых планов уезда или провинции.

М. В. Ломоносовым в 1763 г. был издан труд «Об измерении рудников» — первая в нашей стране работа, в которой обстоятельно излагались все вопросы маркшейдерского дела того времени и которая явилась частью капитального сочинения «Первые основания металлургии или рудных дел». Здесь М. В. Ломоносов дал описание висячей буссоли и висячего квадрата, мерного жезла, принадлежностей для вычерчивания маркшейдерских чертежей, в том числе поперечного масштаба, а также привел случаи решения

различных маркшейдерских задач, например способ определения на земной поверхности места заложения вертикального ствола шахты, которая должна соединяться с системой горизонтальных горных выработок, являющихся продолжением штольни.

Однако начиная со второй половины XVIII и до начала XIX в. в горной промышленности России сложилась обстановка, не способствовавшая развитию маркшейдерского дела, усугубившаяся после издания в 1782 г. манифеста Екатерины II, в котором устанавливалось право собственности землевладельца на недра и запрещался всякий контроль деятельности горнозаводчиков.

В 1773 г. в Санкт-Петербурге было основано горное училище (ныне Ленинградский горный институт), в котором с первых дней его существования был учрежден маркшейдерский класс, где выпускники получали солидную по тому времени подготовку.

Первый учебник по маркшейдерскому делу «Практическая подземная геометрия» был опубликован в 1805 г. преподавателем Петербургского горного училища А. И. Максимовичем. В нем автор изложил подробную методику съемки горных выработок подвесными инструментами.

Крупным событием в истории маркшейдерского дела явилось опубликование в 1847 г. профессором Петербургского горного училища П. А. Олышевым (1817—1896 гг.) учебника «Маркшейдерское искусство». В нем автор описал разработанный им независимо от немецких маркшейдеров теодолит с внецентрированной трубой, нивелир и методику вычисления координат пунктов теодолитных ходов и дал аналитическое решение задачи о проведении выработки встречными забоями. Внедрение в маркшейдерскую практику теодолитной съемки и составление планов по координатам имели исключительно большое значение для дальнейшего развития техники и методики подземных съемок.

Существенный вклад в развитие маркшейдерского дела в России был сделан проф. Г. А. Тиме (1831—1910 гг.) работами «О производстве и вычислении маркшейдерских триангуляций», «Геометрические способы ориентирования подземной съемки», «Определение астрономического меридиана для маркшейдерской съемки». Г. А. Тиме, обративший серьезное внимание на крупные недостатки в развитии маркшейдерского дела в России, заключавшиеся главным образом в разобщенности съемок отдельных рудников и шахт, отдал много сил созданию в горнопромышленных районах единых местных сетей опорных пунктов триангуляционным путем. Им также была проделана большая работа по разработке геометрических способов ориентирования подземных выработок.

Следующий крупный этап в развитии отечественного маркшейдерского дела связан с деятельностью проф. В. И. Баумана (1867—1923 гг.), научная и производственная деятельность которого была исключительно плодотворной и разносторонней. Им опубликован ряд фундаментальных трудов: «О выборе системы координат

для маркшейдерских карт и планов» (1887 г.), «Курс маркшейдерского искусства» в трех томах (1905 г.), «К вопросу о сбросах, сдвигах и других смещениях жил и пластов» (1907 г.), «К вопросу об определении запасов месторождений» (1908 г.). Профессором В. И. Бауманом проведены крупные организационно-технические мероприятия, под его руководством и при непосредственном участии в Донбассе была создана триангуляция бассейна, в результате чего были получены условия съемки шахт в единой системе координат. Совместно с проф. П. М. Леонтовским им была организована работа первого съезда маркшейдеров Юга России, на котором были обсуждены предложения о реформе маркшейдерской службы России.

В дореволюционные годы началась производственная и научная деятельность проф. И. М. Бахурина (1880—1940 гг.), которым был разработан ряд вопросов по теории погрешностей, способу наименьших квадратов и их использованию при оценке точности и уравнивании маркшейдерских съемок.

В конце XIX и начале XX в. проходила плодотворная деятельность проф. П. М. Леонтовского (1870—1921 гг.). Им выполнен ряд важных исследований по методике маркшейдерских работ и маркшейдерскому приборостроению, но, самое главное, им было положено начало серьезным исследованиям в нашей стране сдвига горных пород путем натуральных наблюдений.

Послеоктябрьский этап развития маркшейдерского дела охарактеризовался бурным развитием маркшейдерского дела в нашей стране. Сразу же после гражданской войны по инициативе В. И. Баумана и П. М. Леонтовского созывается II Всероссийский съезд маркшейдеров (1921 г.), на котором были рассмотрены вопросы восстановления горнорудной и угольной промышленности и поставлены задачи перед маркшейдерами.

Следующее десятилетие отмечено рядом других важных организационно-технических мероприятий: в 1925 г. в г. Харькове проводится съезд маркшейдеров юга России, в г. Свердловске — маркшейдеров Урала, в г. Томске — маркшейдеров Сибири. В 1929 г. проводится Первая всесоюзная маркшейдерская конференция, по инициативе которой была создана постоянная маркшейдерская комиссия при НТС горной промышленности ВСНХ. В 1932 г. в Ленинграде состоялся I Всесоюзный маркшейдерский съезд, одним из наиболее важных последствий которого было создание в Ленинграде в 1932 г. под руководством И. М. Бахурина Центрального научно-исследовательского маркшейдерского бюро (ЦНИМБ), выросшего в ведущий научный институт горной промышленности.

И. М. Бахурин внес исключительно большой вклад в развитие советской маркшейдерской науки. В 1929—1931 гг. по его инициативе была организована маркшейдерская комиссия, оказавшая большое влияние на улучшение постановки и организации маркшейдерского дела. Круг вопросов, которыми занимался

И. М. Бахурин, практически включал все направления маркшейдерского дела: проведение выработок встречными забоями, теорию накопления погрешностей в рудничных полигонах, теорию случайных погрешностей и способ наименьших квадратов, теории физического (особенно магнитного) и геометрического ориентирования шахт, погрешности ориентирования через один и два вертикальных ствола, маркшейдерское приборостроение, сдвигение горных пород. Итогом его исследований вопросов методики маркшейдерских работ явилось издание в 1932 г. «Курса маркшейдерского искусства» (специального курса), ставшего настольной книгой многих поколений маркшейдеров. По инициативе И. М. Бахурина были организованы начиная с 1919 г. широкие инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород. Результаты исследований сдвижений горных пород были им обобщены в монографии «Сдвигение горных пород под влиянием горных разработок» (1940 г.).

Большая заслуга в развитии маркшейдерского дела принадлежит проф. П. К. Соболевскому (1868—1949 гг.), который впервые в 1904 г. организовал в Томском технологическом институте выпуск специалистов-маркшейдеров. С именем П. К. Соболевского связано появление нового направления маркшейдерского дела, сформировавшегося в дальнейшем в самостоятельную науку — геометрию недр, в основу которой была положена теория геометрии потока. При этом любое месторождение полезного ископаемого в общем случае рассматривалось как геохимическое поле, которое можно представить в виде поля промышленной концентрации различных компонентов или в виде поля структурных особенностей месторождения. Основные положения геометрии недр были опубликованы П. К. Соболевским в 1932 г. в журнале «Социалистическая реконструкция и наука». Впервые геометризация была применена П. К. Соболевским в Донбассе в 1901 г. при составлении пластовой карты по Харьковско-Донецкому месторождению.

В 30—40-е годы, когда в нашей стране остро стояла задача разведки и освоения большого числа новых месторождений и была большая необходимость в изображении на различных горно-геометрических графиках их особенностей, под руководством П. К. Соболевского были проведены обширные работы по геометризации многих уральских, алтайских и других месторождений, ускорившие развитие этих месторождений. На базе созданного им в 1908 г. метода изолиний П. К. Соболевский предложил новый метод подсчета запасов, получивший название «Метод изолиний проф. Соболевского».

Много и плодотворно работал в области маркшейдерского дела, особенно геометрии недр, ученик П. К. Соболевского — проф. П. А. Рыжов (1903—1974 гг.), вся научная и педагогическая деятельность которого была тесно связана с производством. П. А. Рыжов был ученым-новатором, создавшим по существу три

новые учебные дисциплины: это в первую очередь геометрию недр (его учебник «Геометрия недр» выдержал три издания в 1941, 1952, 1964 гг.); оригинальный курс «Проекция, применяемые в геолого-маркшейдерском деле» (1951 г.), и дисциплину «Математическая статистика в горном деле» (1973 г.). Последняя практически сразу же после выхода в свет стала библиографической редкостью. Большой заслугой П. А. Рыжова явилось создание им в г. Алма-Ате (1935—1943 гг.) маркшейдерской специальности, выпускающей специалистов особого профиля: маркшейдеров-геометров, потребность в которых ощущается в горнодобывающей промышленности Казахстана.

Вклад в развитие маркшейдерского дела внес Д. Н. Оглоблин (1905—1968 гг.), посвятивший многие свои работы теории и практике маркшейдерских работ. Под его руководством в довоенные годы были выполнены особо важные маркшейдерские работы по сбойке основных капитальных горных выработок на Качканарском месторождении, на шахте им. Ленина в Кизиле. Большие работы выполнены на Березовском, Карабашском и Левихинском месторождениях. В послевоенные годы проведены работы по маркшейдерско-геометрическому анализу Тырнаузских рудников, Никитовского ртутного комбината, угольных шахт комбината «Донецк-уголь», на предприятиях Урала, Средней Азии, Армении, Кривого Рога и др. Д. Н. Оглоблин был одним из ведущих ученых нашей страны в области методики маркшейдерских работ, им написано более 20 книг, среди которых особое место занимают три тома «Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений».

Еще по инициативе И. М. Бахурина в нашей стране были начаты систематические и в больших объемах наблюдения за сдвижением земной поверхности. Итоги натурных исследований нашли отражение в ряде крупных работ. В 1947 г. проф. С. Г. Авершин опубликовал монографию «Сдвигение горных пород при подземных разработках», в которой отражены результаты исследований динамики процесса сдвижения и, что было особенно важно, в ней был предложен метод предрасчета элементов сдвижения поверхности.

В 1946—1948 гг. проф. Д. А. Казаковским была разработана на основе метода аналогий получившая широкое распространение классификация угольных месторождений, позволившая делать прогноз углов сдвижения для ряда угольных месторождений. Основные результаты своих исследований в области сдвижения горных пород Д. А. Казаковский изложил в книге «Сдвигение земной поверхности под влиянием горных разработок» (1953 г.). На основе классификации Д. А. Казаковского были составлены «Указания по охране сооружений от вредного влияния горных разработок на месторождениях с неизученным характером сдвижения горных пород», которые имели в свое время исключительно важное значение для народного хозяйства страны.

В последующие годы на основании инструментальных наблюдений за сдвижением, организованных практически во всех угольных бассейнах и на рудных месторождениях, были составлены «Правила охраны сооружений» для Донецкого, Криворожского, Кузнецкого, Карагандинского, Кизеловского, Львовско-Волынского бассейнов, «Правила охраны для месторождений руд цветных металлов с неизученным характером процесса сдвижения», инструкции по наблюдению за сдвижением на угольных и рудных месторождениях. В связи с необходимостью оценки ожидаемых деформаций зданий и других объектов и выбора мероприятий по их охране усилению проводились и проводятся исследования по прогнозу ожидаемых деформаций земной поверхности и толщи горных пород. Начатые проф. С. Г. Авершиным в послевоенные годы, они продолжены рядом авторов (С. П. Колбенковым, И. А. Петуховым, В. Н. Земисевым и др.) и послужили основой для составления руководств по расчету сдвижений земной поверхности.

ВНИМИ совместно с другими институтами были проведены наблюдения условий подработки сооружений. Исследования количественных зависимостей взаимосвязи деформаций земной поверхности и фундаментов зданий позволили выбрать принципиальные методы проектирования и расчетов мероприятий по предохранению зданий от деформаций при их возможной подработке горными работами. Получены положительные результаты в определении возможностей безопасной подработки водных объектов, отработки сближенных (надработанных и подработанных) пластов.

Большая заслуга в развитии исследований сдвижения горных пород при открытых разработках месторождений принадлежит проф. Г. Л. Фисенко, издавшему по данному вопросу книги «Устойчивость бортов угольных карьеров» (1956 г.) и «Устойчивость бортов карьеров и отвалов» (1965 г.), в которых изложены основные результаты исследований условий возникновения деформаций бортов карьеров, методики расчета углов наклона бортов карьеров в реальных геологических условиях с учетом слоистого и трещиноватого строения горных пород, мероприятия по искусственному укреплению откосов, сложенных трещиноватыми скальными и рыхлыми породами.

Серьезные задачи перед маркшейдерской наукой страны были поставлены в период восстановления шахт и рудников, выведенных из строя в результате оккупации горнопромышленных районов немецко-фашистскими войсками. Большая заслуга в этот период в выполнении огромного объема маркшейдерских работ принадлежала Союзмаркштресту и Главному управлению геодезии и картографии. В горнопромышленных районах в короткие сроки были созданы триангуляционные, полигонометрические и нивелирные сети в единой системе координат 1942 г.

В послевоенный период ВНИМИ совместно с Харьковским заводом маркшейдерских инструментов (ХЗМИ) были разработаны

и изготовлены современные по тем годам маркшейдерские инструменты: металлические и оптические теодолиты; нивелиры обычной конструкции и с самоустанавливающейся визирной осью; дальномеры, в том числе светодальномеры; дальномерные насадки; световой указатель направлений (УНС); автоматические профилографы для работ на разрезах и в шахтных стволах; глубиномер ДА и многие другие инструменты.

На базе созданных В. Н. Лавровым и Б. Н. Никифоровым во ВНИМИ маркшейдерских гирокомпасов МВ-1 и позже МВ-2 был разработан гироскопический метод ориентирования шахт. В связи с тем, что первые конструкции гирокомпасов имели большие массу и габариты, работы по конструированию этих инструментов были продолжены, и в настоящее время созданы конструкции, отвечающие современным требованиям (небольшая масса 3,5—4,5 кг, взрывобезопасное исполнение, достаточная точность). Это гирокомпасы типа МТ, МВЛ-3, МВТ-2 (последний с торсионным подвесом чувствительного элемента ЧЭ). Проведены значительные работы по упорядочению и совершенствованию методики выполнения маркшейдерских работ, ВНИМИ были разработаны сначала первая, затем вторая (в 1971 г.) технические инструкции по проведению маркшейдерских работ, в которых дана новая классификация маркшейдерских подземных сетей. Произошло усовершенствование маркшейдерских работ, связанное с изменением технологии строительства шахт (возведением башенных копров, сооружением глубоких стволов). Разработаны высокоточные гироскопические инклинометры для съемки замораживающих скважин, широко применяющихся при специальных способах проходки стволов.

В связи с необходимостью обработки больших объемов маркшейдерской информации проведено программирование маркшейдерских задач, разработаны программы решения основных маркшейдерских, геодезических и фотограмметрических задач на электронных вычислительных машинах.

Заканчивая обзор состояния маркшейдерских работ, следует отметить высокий уровень отечественной науки, которая занимает передовые позиции в мировой маркшейдерской науке.

СИСТЕМА КООРДИНАТ И МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ОПОРНЫЕ СЕТИ НА ПОВЕРХНОСТИ

§ 3. Система координат при съемках на горных предприятиях

При определении положения точки на физической поверхности Земли обычно эту точку относят к общей фигуре Земли, под которой в маркшейдерском деле (аналогично геодезии) понимают фигуру, ограниченную мысленно продолженной поверхностью воды океанов, находящихся в спокойном состоянии. Эта поверхность называется *уровенной*, она в любой точке перпендикулярна к отвесной линии и, таким образом, везде горизонтальна. В общем случае уровенных поверхностей можно провести бесчисленное множество, но та из них, которая совпадает со средним положением уровня океана, называется *основой*. Она ограничивает тело, называемое *геоидом* (рис. II.1).

В связи с тем, что направление отвесной линии зависит от ряда причин, форма геоида имеет сложное строение. Главная из причин — изменение силы земного притяжения, вызываемое уменьшением земного радиуса к полюсам и изменением плотности пород, слагающих Землю, в пределах одного сферического слоя.

Основное изменение силы земного притяжения происходит за счет уменьшения радиуса Земли, но в ряде случаев существенное влияние оказывает и вторая причина. Последней при определении размеров и формы геоида ни в коей мере нельзя пренебрегать.

Геоид имеет приплюсности около полюсов, форма его сложна для математического описания. Он с удовлетворительной точностью может быть заменен *сфероидом*, или *эллипсоидом*, — телом, получаемым при вращении эллипса вокруг одной из его осей. Наблюдения при помощи второго советского спутника Земли показали, что приплюсность, выраженная разностью в длине экваториального и полярного диаметров, достигает 42 км 770 м.

На рис. II.2 показано взаимное положение в плоскости экватора физической (реальной) поверхности Земли, геоида и эллипсоида.

Спутниковая геодезия, получившая широкое распространение в последние годы, позволила уточнить реальную форму Земли. Оказывается Земля имеет грушевидную форму — Южный полюс ближе к ее центру, чем Северный. При этом Южный полюс располагается почти на 25 м ниже поверхности приплюснотой сферы

(сфероида). Северный полюс возвышается над сфероидом на 18,9 м. На рис. II.3 пунктиром показано положение сфероида, сплошной линией — положение геоида.

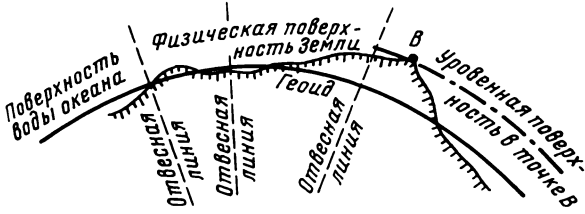


Рис. II.1. Уровненная поверхность

С помощью спутников были также открыты другие особенности формы геоида. Установлено, что у геоида имеются вмятины и выступы: крупнейшие вмятины расположены возле Индии, около Антарктиды (глубиной 30 м); выступы — у Новой Гвинеи и во Франции соответственно высотой 57 и 35 м.

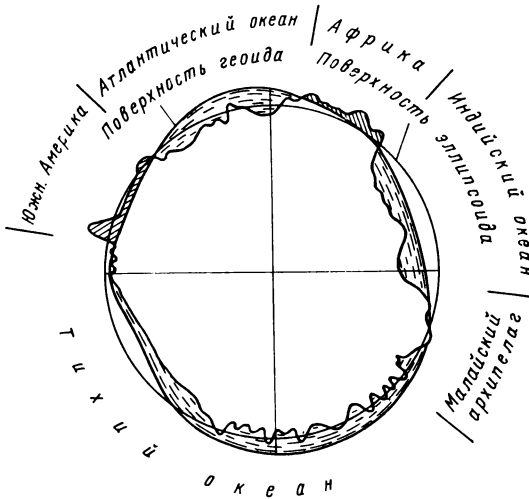


Рис. II.2. Соотношение поверхности эллипсоида (сфероида) и геоида

Важным вопросом при изображении участков земной поверхности на картах и планах является выбор правильных размеров сфероида, которым заменяется геоид и на который проектируется физическая поверхность Земли со всеми ее характерными естественными и искусственными особенностями. Попыток определения размеров эллипсоида, наиболее точно совпадающего с поверхностью геоида, было предпринято много (впервые в 1800 г. это

было сделано французским математиком Деламбером и в 1940 г. — советским ученым-геодезистом Ф. Н. Красовским).

Эллипсоид, представляющий собой форму Земли, должен удовлетворять условиям равенства объемов геоида и эллипсоида, совпадения плоскостей экватора и центров тяжести. Причем сумма квадратов отклонений геоида от эллипсоида должна быть минимальной.

Принято называть эллипсоид определенных размеров, ориентированный каким-то образом в теле Земли, на поверхность которого переносятся результаты топографо-геодезических и маркшейдерских работ страны, референц-эллипсоидом (местным эллипсоидом).

Ф. Н. Красовским для использования в СССР были даны следующие размеры эллипсоида: большая полуось $a = 6\,378\,245$ м, малая полуось $b = 6\,356\,863$ м, сжатие

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 1 : 298,3.$$

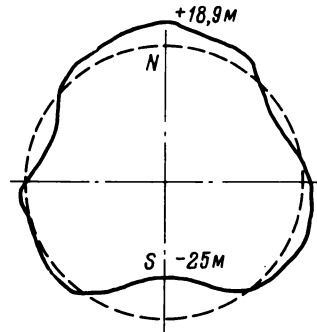


Рис. 11.3. Схематическое изображение сфероида и геоида в сечении, проходящем через ось вращения Земли

В последние годы при помощи спутниковой геодезии были уточнены размеры референц-эллипсоида Ф. Н. Красовского. В тех случаях, когда фигуру Земли представляют в виде шара, ее радиус приблизительно принимают равным $R = 6371$ км.

Для определения положения точек на поверхности земного шара или сфероида используются географические координаты, к которым относятся широта φ и долгота λ . Началом отсчета географических координат являются плоскости экватора и Гринвичского меридиана (рис. 11.4).

Под долготой понимают двугранный угол между плоскостью Гринвичского (нулевого) меридиана и плоскостью меридиана точки P , под широтой — угол, составленный отвесной линией точки P с плоскостью экватора.

Географические координаты определяются при помощи астрономических наблюдений независимо для каждой точки местности. Такие географические координаты принято называть астрономическими географическими координатами. Однако из-за того, что поверхность геоида не совпадает с поверхностью эллипсоида, нормали, проведенные к поверхности

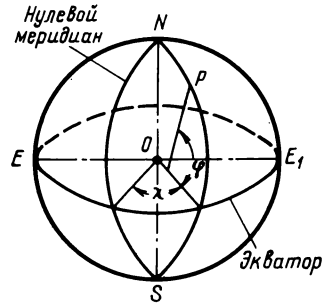


Рис. 11.4. Географические координаты

последнего, отклоняются от направлений отвесных линий. Величина отклонения в среднем достигает 3—4". Если иметь в виду, что на поверхности Земли разность широт в 1" соответствует линейному расстоянию 31 м, то положение точек на Земле в астрономических и геодезических географических координатах могут различаться в среднем на 100 м.

Часто положение точек на земной поверхности определяется с помощью географических координат, определяемых из геодезических наблюдений и отнесенных к нормали к поверхности эллипсоида. Такие координаты называются **г е о д е з и ч е с к и м и** (широта B , долгота L).

В географических координатах долготы отсчитываются на восток и на запад от Гринвичского меридиана и могут изменяться от нуля до 180°. Восточные долготы считаются положительными, западные — отрицательными. Широты изменяются от нуля до 90° и отсчитываются от экватора на север и на юг. Северные широты принято считать положительными, южные — отрицательными.

Географические координаты выражаются в угловых величинах. Они неудобны для практического использования в инженерных геодезических работах, их вычисления очень громоздки и сложны. Кроме того, линейные значения угловых единиц на различных участках поверхности Земли различны. Поэтому для производства маркшейдерских съемок и для изображения их результатов на различных планах и разрезах более удобной является система плоских прямоугольных координат x, y , которая значительно упрощает производство топографических и маркшейдерских съемок на территориях горных предприятий, уравнивание триангуляций, представляющих собой опорные сети на поверхности, вычисление координат опорных пунктов. Она обеспечивает возможность совмещения планов смежных участков на больших площадях, решение инженерных задач и т. п.

В маркшейдерском деле (так же, как и в геодезии) участки земной поверхности радиусом до 10 км считаются плоскими (искажения в длине не более 1 см, в направлениях не более 0",1). Для крупных участков для исключения искажений применяются специальные проекции, в которых производится условное изображение земного эллипсоида на плоскости. Кроме того, проектирование на плоскость выполняется так, чтобы в пределах плана или карты было возможно совместить как географические, так и прямоугольные координаты.

В 1820 г. К. Гаусс предложил теорию плоских конформных (равноугольных) координат, с помощью которых без больших искажений изображается земной эллипсоид на плоскости. Идея К. Гаусса была реализована Л. Крюгером в систему координат, хорошо удовлетворяющую требованиям практики.

Сущность системы координат Гаусса — Крюгера заключается в том, что поверхность земного эллипсоида (или шара) мериди-

анами, проведенными через 6° , делится на 60 зон. К центральному (осевому) меридиану каждой зоны проводится поперечно по отношению к оси вращения Земли касательный цилиндр (рис. II.5) так, чтобы его ось лежала в плоскости экватора. На поверхность цилиндра соответствующим образом производится конформное проектирование поверхности сфероида в пределах данной зоны, т. е. при проектировании поставлено условие, чтобы изображение малого участка вокруг каждой точки на цилиндре было подобно изображению соответствующего участка на эллипсоиде (шаре).

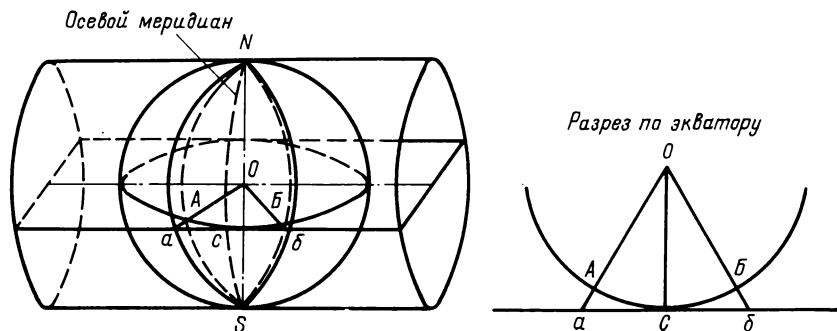


Рис. II.5. Проекция Гаусса—Крюгера

Долгота осевого меридиана может определяться по формуле $L^\circ = 6^\circ N - 3^\circ$, где N — номер зоны. Зоны, находящиеся на территории нашей страны, приведены в табл. II.1.

Т а б л и ц а II.1

N	L , градус	N	L , градус	N	L , градус	N	L , градус
4	21						
5	27	12	69	19	111	26	153
6	33	13	75	20	117	27	159
7	39	14	81	21	123	28	165
8	45	15	87	22	129	29	171
9	51	16	93	23	135	30	177
10	57	17	99	24	141	31	183
11	63	18	105	25	147	32	189

Цилиндры, на которые проектируются зоны, разрезаются по образующим, проходящим через полюс, и разворачиваются без деформаций в плоскости. Таким образом, при использовании проекции Гаусса — Крюгера получают подобное изображение на листе бумаги поверхности земного эллипсоида в виде отдельных фигур, показанных на рис. II.6.

В каждой зоне выбирается начало системы прямоугольных координат в точке пересечения среднего (осевого) меридиана данной зоны с экватором (см. рис. II.6). Осевой меридиан принимается

за ось x , изображение земного экватора, перпендикулярного осевому меридиану, служит осью y . Ординаты, расположенные к северу от экватора, считаются положительными, а к югу — отрицательными. Абсциссы, находящиеся к востоку от осевого меридиана, считаются положительными, к западу — отрицательными. Чтобы не иметь дело с отрицательными значениями абсцисс, условно начало координат выносится на 500 км на запад от осевого меридиана зоны (рис. II.7). Для того чтобы однозначно определить отношение координат к определенной зоне, впереди координаты y ставится цифра, обозначающая номер зоны. Если, напри-

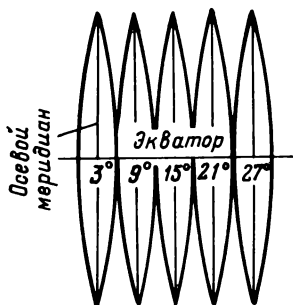


Рис. II.6. Изображение зон на листе бумаги в проекции Гаусса—Крюгера

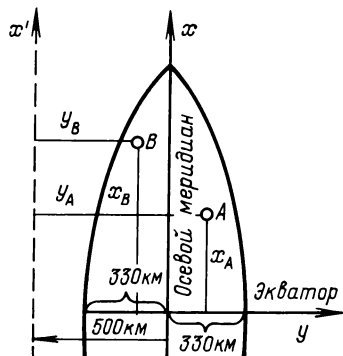


Рис. II.7. Система прямоугольных координат в зоне

мер, координата $y = 6\,478\,330$, то это означает, что точка расположена в шестой зоне и истинное значение $y = 478\,330 - 500\,000 = -21\,670$ м.

С удалением от осевого меридиана к граничным меридианам происходит искажение длин, которое тем больше, чем дальше они расположены от середины зоны. Оказывается, что для территорий, расположенных в полосе от 30 до 70° широты, относительные погрешности от искажения длин линий при проектировании колеблются от 1 : 1000 до 1 : 6000. В тех случаях, когда указанные погрешности недопустимы для построения карт и планов, т. е. когда предъявляются повышенные требования к их построению при съемках масштаба 1 : 25 000 и крупнее, часто используют не шестиградусные, а трехградусные зоны.

На стыках зон существуют участки перекрытия, ширина которых принимается равной по долготе по 0°,5 в обе стороны от граничного меридиана.

Впервые в СССР проекция Гаусса — Крюгера была применена в Кузбассе проф. Н. Г. Келлем. В 1928 г. по его инициативе было проведено в Госплане СССР геодезическое совещание, которое рекомендовало эту систему координат в качестве единой системы для нашей страны.

Первая система плоских прямоугольных координат возникла в 1932 г. после уравнивания триангуляции I класса СССР. Она характерна тем, что все измерения земной поверхности приводились к поверхности эллипсоида, размеры которого были определены немецким ученым Бесселем в 1841 г., и тем, что центрирование и ориентирование астрономо-геодезических сетей европейской части СССР были проведены по материалам, полученным в пункте Пулково (поэтому она получила название Пулковской). Астрономо-геодезические сети восточной части страны развивались независимо и вычислялись по геодезическим координатам пунктов, полученным путем местных астрономических наблюдений. Расхождения отдельных систем достигали 270 м по абсциссе и около 800 м по ординате. Для ликвидации таких больших погрешностей в определении координат пунктов триангуляции I класса (с 1943 по 1946 г.) в единой системе координат 1942 г.

Плоские прямоугольные координаты системы 1942 г., введенные в СССР в 1946 г., отличаются от координат 1932 г., во-первых, тем, что были вычислены на референц-эллипсоиде Ф. Н. Красовского и были уточнены начальные координаты; центрирование астрономо-геодезических сетей было выполнено по центру круглого зала Пулковской обсерватории, географические координаты и азимут исходного направления Пулково — Бугры были определены с большей точностью. Уточнения составили для широты B $0''{,}16$, долготы L , $3''{,}54$, астрономического азимута $2''{,}66$.

Важным вопросом в маркшейдерском деле является выбор направления осей координат. В прямоугольной декартовой системе координат ось Oz всегда вертикальна, направление ее снизу вверх, оси Ox и Oy перпендикулярны между собой и лежат в горизонтальной плоскости. Причем ориентация последних двух осей не должна быть произвольной. Достаточно назначить направление одной из горизонтальных осей, направление другой оси становится следствием принятого решения. В геодезии и маркшейдерском деле выбирается (ориентируется в горизонтальной плоскости) направление Ox . При выборе направления этой оси необходимо иметь в виду следующее:

направление оси Ox должно быть легко и точно восстанавливаемое;

направление оси Ox для различных горнорудных предприятий должно позволять совмещение планов отдельных шахт и более крупных предприятий.

Возможны следующие случаи ориентирования оси Ox для маркшейдерских планов:

ориентирование по магнитному меридиану;

ориентирование по астрономическому меридиану;

ориентирование по осевому меридиану в пределах каждой зоны общесоюзной системы координат.

Из приведенных трех случаев ориентирования оси Ox первые два не могут полностью удовлетворять перечисленным выше требованиям, так как магнитный азимут не является константой ни во времени, ни в пространстве, а астрономический — в пространстве. Осевой же меридиан сохраняет свою ориентировку и положение постоянными в пределах зоны. Таким образом, требованиям, предъявляемым к выбору ориентировки оси Ox , наилучшим образом удовлетворяет осевой меридиан зон.

Однако в ряде случаев возможно временно использовать для ориентировки оси Ox магнитный или астрономический меридианы. В исключительных случаях, когда работы проводятся в необжитом районе и объем их небольшой, например при производстве геологоразведочных работ, при отсутствии триангуляции возможно ориентировать ось Ox (ось абсцисс) по направлению магнитной стрелки. Но предпочтительным является ориентирование по астрономическому меридиану. В этом случае возможно использование маркшейдерских планов в течение многих лет. Сближение меридианов в отличие от магнитного склонения сохраняет неизменное положение во времени. При выполнении ряда маркшейдерских работ принимается условная система координат, где за направление оси Ox выбирается любое направление, например линия, закрепленная маркшейдерскими точками. Условная система координат используется при маркшейдерском обслуживании сооружения ствола и подъемного комплекса шахты, при ориентировке шахты через два ствола и в ряде других задач.

§ 4. Съемочное обоснование на поверхности

Маркшейдерское обслуживание горных предприятий невозможно без сети опорных пунктов, положение на местности которых определено с высокой точностью.

Измерения как на поверхности, так и в шахте сопровождаются появлением погрешностей, которые при съемке отдельных, не связанных друг с другом территорий, приводят к накоплению их. Поэтому изображения, сведенные на единые маркшейдерские планы или топографические карты, могут получать такие искажения, которые делают невозможным использование этих съемок. В связи с этим в маркшейдерском деле применяется принцип «от общего к частному», осуществление которого производится путем создания на территории страны геодезической сети, а при съемках отдельных небольших участков — опорных съемочных сетей.

Точки, закрепленные на местности и имеющие точно определенные координаты, называются **о п о р н ы м и п у н к т а м и**. Пункты, обеспечивающие правильное изображение земной поверхности в горизонтальном направлении, называются **п у н к т а м и п л а н о в о й о с н о в ы**. Пункты, характеризующие положение земной поверхности по высоте, являются **п у н к т а м и в ы с о т н о й о с н о в ы**.

Система опорных пунктов, размещенных на территории нашей страны, составляет геодезическую сеть.

Согласно действующим инструкциям геодезические сети СССР подразделяются на государственные геодезические, геодезические сети сгущения и съёмочные геодезические сети.

Опорные маркшейдерские сети на территории экономической заинтересованности горных предприятий состоят из пунктов государственной сети и геодезических сетей сгущения, являющихся геометрической основой для производства всех маркшейдерских и топографических работ, обслуживающих разведку полезных ископаемых, строительство и эксплуатацию горного предприятия.

Работы по построению маркшейдерских опорных сетей на земной поверхности и по съёмке поверхности производятся в порядке, установленном Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК).

Часть маркшейдерско-геодезических работ, выполняемых на поверхности, не требует разрешения Госгеонадзора ГУГК. К этим работам относятся: развитие существующих маркшейдерских опорных сетей для обеспечения съёмки шахт и разрезов; съёмка промышленных площадок горных предприятий; разбивка, периодические съёмки и нивелировка при строительстве горных предприятий и эксплуатации месторождений с целью отражения на маркшейдерских планах текущих изменений; съёмка отвалов пород и складов полезного ископаемого; съёмка для определения объёмов земляных работ, ремонтных работ по исправлению или реконструкции железнодорожных путей, реконструируемых сооружений; съёмки для наблюдений за сдвижением земной поверхности, устойчивостью зданий и др.

К государственной геодезической сети СССР относятся сети 1, 2, 3 и 4 классов триангуляции, трилатерации и полигонометрии.

При сооружении государственной опорной плановой сети до сих пор основным является метод триангуляции, основанный на создании на земной поверхности простых геометрических фигур — треугольников, располагаемых в определенном порядке, форма которых близка к равносторонней. В треугольниках измеряются все углы, благодаря чему имеется надежный контроль полевых угловых измерений. Для определения линейных размеров сторон треугольников достаточно измерить одну из сторон сети треугольников.

Вершины треугольников триангуляции на местности закрепляются специальными центрами, закладываемыми в грунт. Над центром устанавливается металлическая или деревянная вышка с укрепленным наверху цилиндром, вертикальная ось которого должна совпадать с осью центра. На этот цилиндр производится визирование при наблюдении с других точек.

Метод триангуляции позволяет определить плановые координаты вершин треугольников, составляющих ряды триангуляции

(рис. II.8). Триангуляционные ряды состоят из треугольников со средней длиной сторон 20—25 км, образующих звенья триангуляции I класса длиной до 200 км. Звенья прокладываются в субмеридиональном и субширотном направлениях так, чтобы

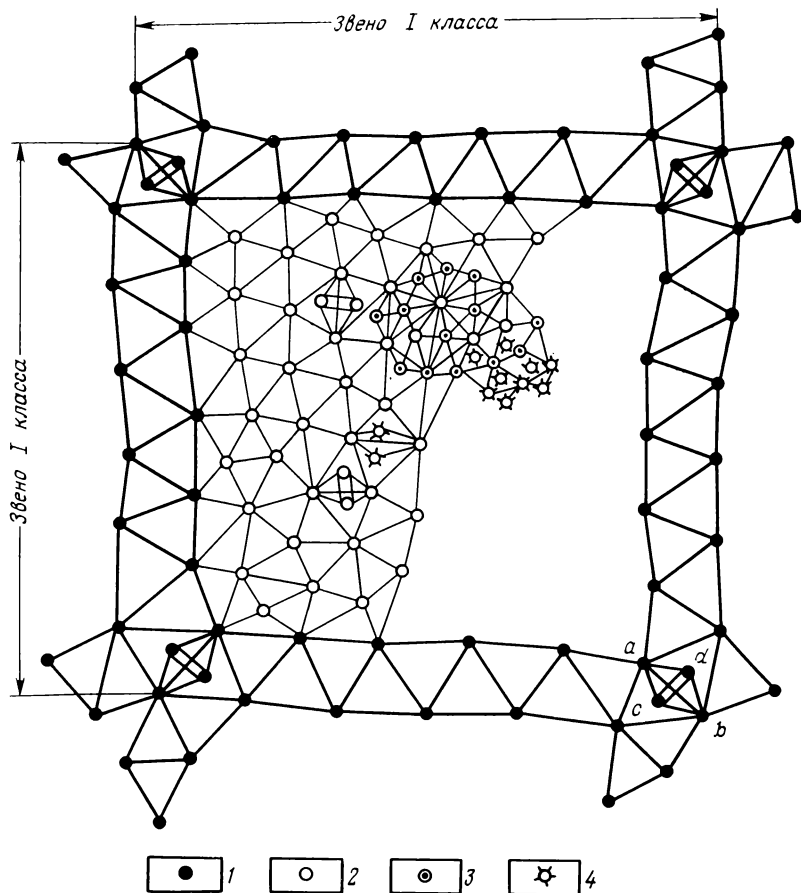


Рис. II.8. Схема развития триангуляции:
1, 2, 3, 4 — пункты соответственно 1, 2, 3, 4 классов

из них были образованы замкнутые полигоны с периметром до 1000 км.

Сторона ab , лежащая в пересечении нескольких звеньев, является общей и называется выходной стороной. Длины выходных сторон должны измеряться с довольно высокой точностью. В связи с тем, что на местности практически невозможно измерить линию длиной 20—25 км, измеряется не выходная сторона, а поперечная к ней линия cd длиной 6 км и более, называемая базисом триан-

Т а б л и ц а II.3

Класс полигонометрии	Предельная длина хода, км		Длина сторон, км		Средняя погрешность измерения углов	Средняя погрешность измерения длины сторон	Допустимая относительная невязка хода
	между твердыми пунктами	между узловыми точками	средняя	наименьшая			
1	—	200	Около 25	—	$\pm 0",4$	1 : 300 000	—
2	По особой программе		—	—	$\pm 1",0$	1 : 250 000	—
3	Не более двух точек поворота между узловыми и исходными пунктами		—	3	$\pm 1",5$	1 : 200 000	—
4	10	5	0,5	0,25	$\pm 2",0$	—	1 : 25 000

точки (5, 19). Точность выполнения работ в полигонометрии различного класса показана в табл. II.3.

Полигонометрия как метод создания геодезических сетей в последние годы начинает приобретать большое распространение. Объясняется это тем, что для измерения длин наиболее трудоемкого вида маркшейдерско-геодезических работ стали широко применяться высокоточные дальномеры, основанные на законах распространения электромагнитных колебаний (свето- и радиодальномеры).

В последние годы получает распространение метод создания плановых геодезических сетей, называемый трилатерацией. Сущность трилатерации сводится к тому, что так же, как и в триангуляции, строится сеть треугольников, но в треугольниках измеряются с заданной точностью не углы, а длины сторон. Углы в каждом треугольнике вычисляют по трем сторонам, затем фигуры сети уравнивают по вычисленным углам по способу условных измерений. В свободных сетях по уравненным углам и одной из измеренных сторон, принимаемой за базис, вычисляют окончательные значения длин сторон, а после этого — координаты пунктов трилатерации.

Углы в трилатерации определяются по следующим формулам:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}}; \quad \sin \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{ac}};$$

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{ab}},$$

где a , b , c — длины сторон треугольников; p — полупериметр. Измерение расстояний в трилатерации осуществляется при по-

мощи современных дальномеров, дающих высокие точности измерения длин (до 1 : 400 000).

Для обеспечения высотной основой различного рода геодезических и маркшейдерских работ выполняются нивелирные сети.

Государственная нивелирная сеть разделяется на I, II, III и IV классы. Нивелирные сети I и II классов являются главной основой, на базе которой устанавливается единая система высот для всей территории СССР. Нивелирные сети III и IV классов выполняются для обеспечения топографических съемок на поверхности и решения различных задач, возникающих при маркшейдерском обслуживании горнорудных предприятий и объектов гражданского и промышленного строительства. В табл. II.4 приведена общая характеристика нивелирных опорных сетей государственного значения. Допустимая невязка хода (в мм) геодезических опорных сетей местного значения, выполняемых с помощью технического нивелирования, равняется $50\sqrt{L}$ (L — длина хода, км).

Т а б л и ц а II.4

Класс нивелирования	Предельный периметр полигона (длина хода), км	Допустимая невязка полигона (хода), мм
I	—	Выполняется с наивысшей точностью
II	500—600	$5\sqrt{L}$
III	150—200	$10\sqrt{L}$
IV	25	$20\sqrt{L}$

Реперы государственного нивелирования размещаются так, чтобы на каждый планшет масштаба 1 : 5000 приходилось не менее одного репера. При топографических съемках масштаба 1 : 2000 обеспечение реперами может быть принято из расчета один репер на 1—4 планшета.

Нивелирование I класса проводится по направлениям, необходимость которых диктуется потребностями народного хозяйства и обороны страны, и относится к точнейшим геодезическим работам. Оно выполняется наиболее совершенными инструментами. В настоящее время на 1 км нивелирного хода получают всего лишь $\pm 0,5$ мм случайной погрешности и $\pm 0,05$ мм систематической погрешности.

Нивелирование II класса прокладывается полигонами, опирающимися на пункты нивелирования I класса и достигающими длины 500—600 км. Главная цель нивелирования II класса заключается в создании точной основы, являющейся базой для развития нивелировок III и IV классов. Периметры полигонов и длины ходов при проложении нивелирных сетей II класса не

должны превышать 40 км, а длины ходов между узловыми точками — 10 км. При проложении нивелирных ходов III класса длины ходов между пунктами нивелирования старших классов не должны превышать 15 км, а между узловыми точками — 5 км. Ходы должны быть связаны между собой на застроенных территориях не реже чем через 3 км, а на незастроенных — не реже чем через 5 км. Нивелирование IV класса производится по стенным и грунтовым реперам и центрам полигонометрии в одном направлении. Стенные и грунтовые реперы устанавливаются не реже чем через 300 м на застроенной территории и не реже чем через 0,5—2 км на незастроенной.

Высотные отметки пунктов триангуляции и полигонометрии 1, 2, 3, 4 классов, а также пунктов местных опорных плановых сетей допускается определять нивелированием IV класса. Тригонометрическое нивелирование для определения высот пунктов опорной сети допускается как исключение в горной местности.

Нивелирные линии всех классов закрепляются на местности грунтовыми и стенными реперами. Расстояние между реперами для нивелировок I, II, III классов составляет 5—7 км, для нивелировок IV класса расстояния выбираются в зависимости от конкретной обстановки. При проложении нивелирных ходов через населенные пункты в каждом из них должно быть заложено не менее одного репера и стенной марки.

Для закладки грунтовых реперов необходимо выбирать места выхода коренных пород на поверхность с глубиной залегания грунтовых вод не менее 3 м. Глубина закладки грунтовых реперов устанавливается так, чтобы верхняя плоскость бетонной подушки находилась на 0,5 м ниже глубины промерзания почвы, но на глубине не менее 1,8 м. В районах вечной мерзлоты применяются специальные конструкции грунтовых реперов.

Закладка нивелирных марок производится в стенах кирпичных, бетонных, железобетонных зданий, построенных за несколько лет до закладки марок. Под маркой для удобства привязки, как правило, закладывается стенной репер. Со времени закладки стенных реперов и марок до производства работы должно пройти не менее суток, для грунтовых реперов — 10 сут.

Геодезические сети сгущения развиваются на основе пунктов государственной геодезической сети и служат для проведения съемки земной поверхности в масштабах от 1 : 5000 до 1 : 500, а также для выполнения различных маркшейдерских работ. Геодезические сети сгущения выполняются как специализированными организациями, так и маркшейдерами горных предприятий.

Геодезические плановые сети сгущения могут выполняться в виде аналитических сетей и полигонометрии 1 и 2 разрядов.

Аналитические сети создаются при помощи триангуляции в виде сплошных сетей, цепочек треугольников или засечек. Аналитические сети 1 разряда могут развиваться на основе государственной опорной сети 1, 2, 3, 4 классов; 2 разряда — на основе госу-

дарственной опорной сети 1, 2, 3, 4 классов и аналитической сети 1 разряда. Стороны аналитической сети 1 разряда могут быть длиной от 0,5 до 5 км, 2 разряда — от 0,25 до 3 км. Углы в треугольниках не должны быть меньше 30°, число треугольников в цепях не должно быть более 10.

В случае отсутствия на местности любых пунктов геодезического планового обоснования 1, 2, 3, 4 классов для съемок земной поверхности и проведения маркшейдерских работ при открытой разработке месторождений разрешается создавать самостоятельные съемочные сети 1 и 2 разрядов, но при условии измерения не менее двух базисных сторон, удаленных друг от друга не более чем на 10 треугольников.

Полигонометрия 1 и 2 разрядов может создаваться в виде одиночных ходов или системы ходов с узловыми точками, являющимися пунктами государственных геодезических опорных сетей и пунктами аналитической сети 1 разряда.

Основные данные, характеризующие плановые геодезические сети сгущения, приведены в табл. II.5.

Т а б л и ц а II.5

Показатель	1 разряд	2 разряд
Триангуляция		
Длина сторон треугольника, км	0,5—5,0	0,25—3,0
Предельная относительная погрешность базисной стороны	1 : 500 000	1 : 20 000
Предельное значение невязки в треугольнике	± 20"	± 40"
Средняя погрешность измерения угла по невязкам треугольников	± 5"	± 10"
Предельная длина цепи треугольников, км	5	3
Трилатерация		
Длина сторон треугольника, км	0,5—5,0	0,25—3,0
Предельная относительная погрешность измерения сторон	1 : 20 000	1 : 10 000
Наименьшее значение угла треугольника	20°	20°
Предельная длина цепи треугольников, км	5	3
Полигонометрия		
Предельная длина ходов, км	5	3
Предельная величина периметра полигонометрических ходов в свободных сетях, км	15	9
Длина сторон хода, км	0,12—0,60	0,80—0,30
Предельная длина хода от узловой точки до пункта высшего класса или разряда, км	3	2
Предельное число сторон в ходе	15	15
Предельная относительная невязка хода	1 : 10 000	1 : 5000
Средняя погрешность измерения угла	± 5"	± 10"

Особое значение в маркшейдерских опорных сетях имеют подходные пункты, задачей которых является обеспечение возможности прокладки к стволу шахты висячего хода с числом сторон не более трех. Возможные конструкции подходных пунктов показаны на рис. II.10.

Подходные пункты не должны быть расположены далее чем на 300 м от устьев стволов. В качестве подходных пунктов могут быть пункты триангуляции, трилатерации, полигонометрии 1—4 классов или пункты аналитических сетей 1 разряда. На промышленной площадке горного предприятия должно иметься не менее трех высотных реперов, отметки которых определяются нивелированием не ниже IV класса. В число этих реперов можно включить подходные пункты.

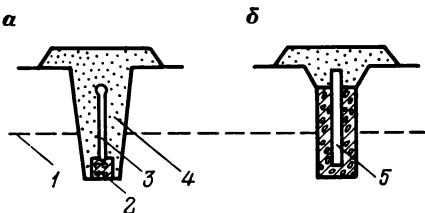


Рис. II.10. Конструкции подходных пунктов с металлической трубой (а), с рельсом (б):

1 — горизонт наибольшего промерзания; 2 — бетон; 3 — труба; 4 — засыпка; 5 — рельс

§ 5. Съёмочные сети и съёмочные работы на поверхности

Плановые и высотные съёмочные сети строятся на основе пунктов маркшейдерской опорной сети. В исключительных случаях, когда площади участков не превышают 20 км² для съёмок в масштабе 1 : 5000 и 10 км² в масштабе 1 : 2000, они строятся на основе только пунктов съёмочной сети и непосредственно служат для съёмки земной поверхности. Плановые съёмочные сети выполняются проложением теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов, а также аналитическим путем.

Число пунктов съёмочных сетей определяется масштабом съёмки и должно составлять вместе с пунктами маркшейдерской опорной сети на 1 км² территории при съёмке в масштабе 1 : 5000 4 пункта, 1 : 2000 — 10 пунктов, 1 : 1000 — 16 пунктов. Погрешности положения пунктов съёмочных сетей относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети не должны превышать точности масштаба съёмки (т. е. не должны превышать ±0,1 мм в масштабе плана).

Съёмочные сети состоят из основных пунктов и пунктов определяемых в дополнение к ним съёмочных сетей. Для каждого планшета съёмки должно быть закреплено постоянными центрами не менее трех основных пунктов при съёмке в масштабе 1 : 5000, не менее двух — в масштабе 1 : 2000, и при съёмке в масштабе 1 : 1000 закрепляется постоянным центром один пункт. В открытых местностях и на территориях, где затруднены линейные измерения, основные пункты съёмочной сети определяются аналитическим путем при помощи цепочек треугольников; прямых, обратных и

комбинированных засечек; построения центральных систем, геодезических четырехугольников.

Углы треугольников не разрешается иметь, как правило, меньше 30° . Длина сторон должна быть больше 150 м. Прямая засечка производится с трех пунктов, обратная — по четырем исходным точкам.

Горизонтальные углы при создании любого вида съемочной сети, состоящей из основных точек, должны измеряться с погрешностями $\pm 15 \div 20''$ двумя приемами или двумя повторениями. Невязка в треугольниках должна быть не более $1'$. Относительная погрешность выходных сторон в цепочках треуголь-

Т а б л и ц а П.6

Высота сечения рельефа, м	Длина ходов технического нивелирования, км	Длина ходов тригонометрического нивелирования, км
0,5	3	—
1,0	10	—
2,0	15	2
5,0	—	5

ников не должна превышать $1 : 2000$. На закрытых участках местности основные пункты съемочной сети целесообразно определять проложением отдельных теодолитных ходов или систем теодолитных ходов, у которых узловые точки являются пунктами маркшейдерских опорных сетей.

Длина замкнутых теодолитных ходов между пунктами опорной сети зависит от масштаба съемки на незастроенной территории; при масштабе съемки $1 : 5000$ не должна быть более 5 км; при масштабе $1 : 2000$ — не более 3 км и при масштабе $1 : 1000$ — не более 2 км. Относительная невязка в теодолитных ходах не должна превышать $1 : 2000$. Измерение углов в теодолитных ходах производится инструментами с точностью не ниже, чем точность теодолита Т20, одним приемом. Предельная невязка в теодолитных ходах вычисляется по формуле

$$f_B \leq 1' \sqrt{n},$$

где n — число измеренных углов в ходе.

Дополнительные точки съемочных сетей выполняются прокладкой мензульных и тахеометрических ходов, у которых длина сторон не должна превышать 100 м, а относительная погрешность измерения сторон $1 : 300$.

Съемочные высотные сети. Отметки основных съемочных сетей определяются с помощью геометрического технического и тригонометрического (геодезического) нивелирования. При высоте сечения рельефа до 1 м, как правило, принято применять геометрическое техническое нивелирование, при высоте сечения рельефа более 1 м — тригонометрическое нивелирование. Длины нивелирных ходов, опирающихся на пункты нивелирования I—IV классов и замкнутых ходов, не должны превышать величин, приведенных в табл. П.6.

Невязки в замкнутых ходах и ходах, опирающихся на пункты нивелирования I—IV классов, не должны превышать при тригонометрическом геометрическом нивелировании $\pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ и при тригонометрическом нивелировании $\pm 200 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L — длина хода, км.

Съемочные работы на поверхности проводятся для целей разведки месторождений полезных ископаемых, для решения задач проектирования и строительства горных предприятий, для безопасной и эффективной эксплуатации месторождений. В результате съемки должны быть отображены на планах, выполняемых в масштабе 1 : 5000—1 : 500, все объекты, предусмотренные «Основными положениями по созданию топографических планов» для указанных масштабов, и специфические объекты горных предприятий, например провалы и воронки, образовавшиеся в результате извлечения полезного ископаемого; выходы горных пород на земную поверхность; границы горных отводов и пр.

Масштабы съемок устанавливаются характером производственных работ, выполняемых на данной территории. Так, при детальной разведке и эксплуатации месторождений крупных размеров масштабы съемок земной поверхности должны быть: при сечении рельефа через 1 и 2 м и простом рельефе — 1 : 5000, при сложном (гористом) рельефе и сечении горизонталей через 2 м — 1 : 2000. Для месторождений небольших размеров или месторождений крупных со сложным геологическим строением масштаб съемки должен быть 1 : 2000. Поверхность месторождений малых размеров или средних, но с неправильной формой рудных тел должна сниматься в масштабах 1 : 1000, 1 : 2000 с сечением горизонталей через 0,5 или 1,0 м.

Для составления проектов строительства и для строительства горных предприятий съемки поверхности производятся в следующих масштабах:

для разработки технических проектов — 1 : 5000 с сечением рельефа через 1,0 или 2,0 м;

для составления рабочих чертежей, как правило, — 1 : 1000, в виде исключения — 1 : 500, сечение рельефа 0,5 м;

для проектирования и строительства горных предприятий и поселков — 1 : 1000, 1 : 2000, сечение рельефа 0,5 или 1,0 м.

Основными методами съемки поверхности горнопромышленных районов в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000 является аэрофотографический метод. В гористой местности целесообразно использовать наземную стереофотограмметрическую съемку.

Если местность, подлежащая съемке, бедна контурами или по ряду причин аэросъемка не рекомендуется, для составления планов в масштабе 1 : 5000 или 1 : 2000 может быть применена мензуральная съемка. Тахеометрическая съемка чаще всего используется для съемки небольших участков.

Съемки земной поверхности должны обеспечивать средние погрешности в положении на планах предметов и контуров ме-

стности с четкими границами не более $\pm 0,5$ мм, в гористых районах $\pm 0,7$ мм. Средние погрешности съемки спокойного рельефа (углы наклона до 2°) не должны превышать $\frac{1}{4}$ высоты сечения рельефа; при беспокойном рельефе погрешность не должна превышать $\frac{1}{3}$ высоты сечения рельефа. Согласно Технической маркшейдерской инструкции погрешность в определении положения устьев скважин шурфов, штолен и других горных выработок при разведке месторождений вне зависимости от масштаба съемки не должна превышать 1 м в плане и 0,3 м по высоте.

Аэрофототопографическая съемка является прогрессивным способом создания топографических карт и планов. В результате этого вида съемочных работ контурную часть и рельеф плана получают непосредственно по аэроснимкам в камеральных условиях. В связи с тем, что результаты аэросъемки используются для составления топографических планов, строящихся с определенной достоверностью и точностью, к процессу съемки предъявляются следующие требования:

1. Углы наклона оптических осей во время съемок не должны отклоняться от вертикали более чем на $2-3^\circ$.

2. Оси маршрутов должны представлять прямые линии.

3. Высота пролета не должна отклоняться от заданной более чем на 3%.

Для выполнения приведенных условий самолет должен быть снабжен специальной навигационной и фотографической аппаратурой. Аэроснимки получают на широкой пленке при помощи специальных аэрофотоаппаратов (АФА), которые определенным образом крепятся в кабине самолета. Для целей аэросъемки в нашей стране в последние годы изготовлен специальный самолет-картограф АН-30, оборудованный совершенной съемочной и навигационной аппаратурой, которой управляют бортовые вычислительные машины, автоматически регулирующие процесс съемки: частоту съемки, экспозицию. Локаторы, установленные на АН-30, заранее регистрируют изменения рельефа.

Съемка с самолета выполняется маршрутами таким образом, чтобы каждый последующий снимок перекрыл предыдущий на 60% площади (продольное перекрытие). Поперечное перекрытие, т. е. перекрытие соседних маршрутов, должно составлять 40%.

Наземная стереофотограмметрическая съемка нашла широкое применение при съемке поверхности при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Этот вид съемки выполняется специальной фотокамерой — фототеодолитом.

В мензуральной съемке в качестве съемочных сетей помимо основных точек можно использовать точки мензуральных ходов, опирающихся на пункты маркшейдерской опорной сети, или основные съемочные точки. Мензуральные ходы должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл. II.7.

Т а б л и ц а II.7

Масштаб съемки	Предельная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число точек в ходе
1 : 5000	1000	250	4
1 : 2000	500	200	4
1 : 1000	300	100	3

Длины сторон мензульных ходов определяются дальномером кипрегеля. Разность измерения длины в прямом и обратном направлениях не должна превышать 1 : 200. Допустимая относительная линейная невязка мензульного хода 1 : 200.

Съемка характерных точек ситуации и рельефа производится полярным способом. Расстояния от инструмента до речных точек и между речными точками зависят от масштаба съемки и высоты сечения рельефа (табл. II.8).

Т а б л и ц а II.8

Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	Расстояния, м			
		от инструмента до речных точек при съемке ситуации		от инструмента до точек при съемке рельефа	между точками при съемке рельефа
		с твердыми контурами	с нетвердыми контурами		
1 : 5000	2	200	300	350	120
	1	200	300	300	100
1 : 2000	1	150	200	250	70
	0,5	150	200	200	50
1 : 1000	1	100	150	200	40
	0,5	100	150	150	30

При съемочных работах высоты точек определяют на вершинах, водоразделах, в котловинах, седловинах и во всех местах изменения крутизны скатов. Высоты характерных точек обрывов, выемок, глубоких ям и пр. должны быть показаны с округлением до 0,1 м. Кроме того, помимо графического изображения рельефа горизонталями на каждом квадратном дециметре плана в масштабах съемки 1 : 5000—1 : 500 должны быть указаны отметки не менее пяти характерных точек местности (вершин курганов, перекрестков дорог, выходов на поверхность коренных пород и т. п.).

По каждому планшету должна быть составлена калька высот, а если вычерчивание плана производится в камеральных условиях, то и калька контуров.

Т а х е о м е т р и ч е с к а я с ъ е м к а выполняется на пунктах маркшейдерской опорной сети, основных пунктах съемочной

сети и точках тахеометрических ходов, общие требования к которым аналогичны требованиям к мензальным ходам (см. табл. II.7). Горизонтальные углы измеряются теодолитом одним полным приемом. Высоты точек в тахеометрических съемочных ходах определяют тригонометрическим нивелированием при высоте сечения рельефа 1 м и техническим геометрическим — при высоте сечения рельефа 0,5 м. Невязка по высоте в ходах не должна превышать: при тригонометрическом нивелировании $f_h = \pm 4N$ см, где N — число сотен метров в ходе; при геометрическом нивелировании $f_h = 10 \text{ см} \sqrt{L}$, где L — длина тахеометрического хода, км.

Съемку ситуации и рельефа проводят, как правило, полярным методом. Требования к густоте речных точек аналогичны требованиям мензальной съемки (см. табл. II.8).

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

§ 6. Классификация и содержание маркшейдерских планов

Современное горное предприятие имеет обязательный, предусмотренный Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ комплект, содержащий первичную, вычислительную и горную графическую документацию.

Горная графическая документация, завершающая съемки и измерения, является основным материалом, по которому решаются текущие вопросы разработки месторождения, задачи прогноза геологической и геомеханической обстановок; производится планирование развития очистных и подготовительных выработок; осуществляются проектирование и реконструкция предприятия; устанавливаются условия безопасного ведения горных работ и т. п. По характеру построения горная графическая документация подразделяется на исходную (оригиналы) и производную (копии и репродукции). Исходные чертежи составляются на основании результатов непосредственных измерений, производные чертежи составляются путем уменьшения исходных чертежей или репродукций с них. Во втором случае допускается изменение содержания исходных чертежей.

По своему назначению горную графическую документацию удобно классифицировать следующим образом:

комплект 1 — чертежи земной поверхности;

комплект 2 — чертежи горных выработок;

комплект 3 — горно-геологические чертежи;

комплект 4 — специальные производственно-технические чертежи;

комплект 5 — чертежи для планирования, руководства и контроля.

Первые два комплекта чертежей являются обязательными для горного предприятия.

Графическая документация должна обладать соответствующей полнотой и точностью изображения рассматриваемых объектов и быть наглядной и удобоизмеримой. К горной графической документации предъявляются следующие требования:

1. При составлении горной графической документации для любых предприятий должны применяться единые требования в части условных знаков, зарамочного оформления планшетов, системы координат, которые регламентируются «Условными зна-

ками для горной графической документации» и «Условными знаками для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500».

2. Чертежи исходной графической документации составляются на базе материалов измерений и вычислений. Только в редких случаях, когда по каким-то причинам чертеж должен быть составлен заново, а повторная съемка невозможна, Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ допускается для его восстановления использовать другую графическую документацию или результаты опроса.

3. Графическая документация должна обладать необходимой точностью, характеризующейся следующими данными (табл. III.1).

Т а б л и ц а III.1

Погрешность	Предельная величина, мм	Погрешность	Предельная величина, мм
Взаимного положения точек пересечения прямоугольной сетки координат	$\pm 0,2$	Положения точек четких контуров по отношению к ближайшим пунктам опорной и съемочной сети	$\pm 0,6$
Положения пунктов маркшейдерской опорной и съемочной сети по отношению к сетке координат	$\pm 0,4$	Взаимного положения ближайших контурных точек	$\pm 0,8$
Взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съемочной сети	$\pm 0,6$		

4. Исходная графическая документация выполняется на специальных пленках из прозрачных недеформирующихся синтетических материалов или высококачественной чертежной бумаге (ватмане), обязательно наклеенной на основу, снижающую ее деформации (тонкий алюминий, полотно).

Ватманская бумага обладает существенным недостатком, так как составленные на ней планы и разрезы для отдельных перекрывающихся слоев, пластов, горизонтов не могут рассматриваться совмещенными, вследствие того, что бумага непрозрачная. Это заставляет производить построение специальных сводных планов, которые в ряде случаев загружены деталями.

5. Чертежи горной графической документации должны давать ясное и полное изображение горных выработок, формы и условий залегания полезного ископаемого и их соотношение с поверхностью.

Чертежи горной графической документации (карты, планы, проекции на вертикальную плоскость, вертикальные и горизонтальные разрезы, афинные и аксонометрические проекции) в зависимости от их назначения и содержания составляются в масштабах

1 : 5, 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10 000, 1 : 25 000.

Чертежи земной поверхности для территорий менее 20 км², а также чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки составляются на квадратных планшетах в условных прямоугольных системах координат. В основу разграфки положен лист масштаба 1 : 5000 размером 400×400 мм, охватывающий площадь 2×2 км. Дальнейшее деление листа масштаба 1 : 5000 на планшеты масштабов 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 показано на рис. III.1, где для получения листа в масштабе 1 : 2000 лист масштаба 1 : 5000

делится на четыре части, обозначаемые заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г. Лист масштаба 1 : 1000 получается делением листа масштаба 1 : 2000 также на четыре части, каждая из которых обозначается римскими цифрами I, II, III, IV. Исходным для получения листов масштаба 1 : 500, так же как и для масштаба 1 : 1000, является лист масштаба 1 : 2000, но последний делится на 16 частей, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 16. Номенклатура листов масштабов 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 записывается путем добавления справа к номенклатуре масштаба 1 : 500 последовательно названий, соответствующих планшетам масштабов 1 : 2000, 1 : 1000 или 1 : 500. Например, для рис. III.1 номенклатура планшета масштаба 1 : 5000 9, номенклатура планшета масштаба 1 : 2000 9—А, номенклатура планшета масштаба 1 : 1000 9—Б—II, масштаба 1 : 500 9—Г—12.

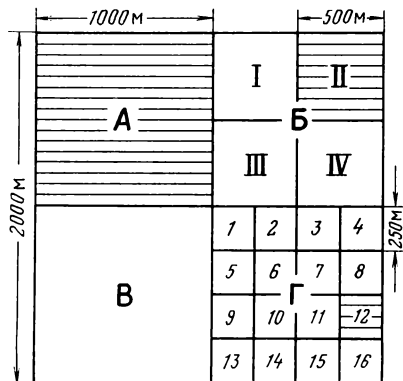


Рис. III.1. Обозначение планшетов основных маркшейдерских чертежей при съемке территорий менее 25 км²

путем добавления справа к номенклатуре масштаба 1 : 500 последовательно названий, соответствующих планшетам масштабов 1 : 2000, 1 : 1000 или 1 : 500. Например, для рис. III.1 номенклатура планшета масштаба 1 : 5000 9, номенклатура планшета масштаба 1 : 2000 9—А, номенклатура планшета масштаба 1 : 1000 9—Б—II, масштаба 1 : 500 9—Г—12.

При съемке земной поверхности на площадях более 20 км² в основу разграфки планшетов масштаба 1 : 5000 принимаются листы карты масштаба 1 : 100 000, которые делятся на 256 частей (табл. III.2). Для получения листов масштаба 1 : 2000 листы масштаба 1 : 5000 делятся на 9 частей (табл. III.3). Номенклатура листов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 обозначается в круглых скобках: *N*—37—44 (56) — для масштаба 1 : 5000 и *N*—37—44 (56—e) — для масштаба 1 : 2000.

Размеры рамок планшетов принимаются для масштаба 1 : 5000 равными 400×400 мм, для масштабов 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 — 500×500 мм. Если планшеты служат для планов горных работ, то они имеют поля: 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. У планшетов земной поверхности зарамочное

условные знаки для горной графической документации, действующие на предприятиях всех отраслей горнодобывающей промышленности. Рисунки условных знаков должны быть выполнены таким образом, чтобы они ассоциировались с изображаемыми предметами и в то же время были просты при воспроизведении. Условные знаки могут быть масштабные, немасштабные, разномасштабные и пояснительные.

Для масштабов 1 : 2000 и более крупных применяются масштабные условные знаки. Для масштабов 1 : 5000 и более мелких в связи с тем, что предметы из-за малых размеров не могут быть изображены достоверно, целесообразны немасштабные условные знаки. Разномасштабные условные знаки используются для воспроизведения вытянутых объектов, у которых длина существенно больше ширины (подземные выработки, железнодорожные и шоссейные пути, трубопроводы и т. п.). У таких объектов длина показывается в масштабе, ширина — условно. К пояснительным условным знакам относятся внутриконтурные знаки, объясняющие надписи, цифровые пояснения и пр.

На чертежах земной поверхности применяются главным образом условные знаки, разработанные ГУГКом для топографических карт и планов масштаба 1 : 500—1 : 10 000. Однако для изображения специфических объектов горного производства на планах поверхности в «Условных знаках горной графической документации» даются знаки для изображения таких предметов, как шахтные копры, стволы, бункеры, галереи, дозирующие устройства и т. п. (рис. III.2).

Контуры условных знаков за редким исключением выполняются черным цветом. Другие цвета применяются главным образом при нанесении геологической обстановки. Для выполнения на чертежах надписей используются шрифты: рубленый прямой, рубленый наклонный и шрифт БСАМ курсив остовный. Условия применения шрифта определены «Условными знаками горной графической документации».

В Технической инструкции по производству маркшейдерских работ в перечень обязательных чертежей горной графической документации включены комплекты чертежей земной поверхности и горных выработок.

Топографическая съемка земной поверхности на территории месторождения выполняется топографо-геодезическими партиями до начала горных разработок. Задачами маркшейдерской службы горных предприятий является пополнение планов земной поверхности. На чертежах земной поверхности должны быть отражены элементы рельефа и ситуации, специфические для горного производства выходы пластов на поверхность, границы горных отводов, воронки, образовавшиеся в результате сдвижения горных пород, устья выходящих на поверхность горных и разведочных выработок, склады полезного ископаемого, породные отвалы и т. п. Масштабы планов и сечения горизонталей устанавливаются

в зависимости от их назначения и характеризуются данными табл. III.4.

Чертежи горных выработок состоят из планов горных выработок, составляемых по каждому пласту, слою или горизонту, линзе, жиле; проекций на вертикальную плоскость; разрезов и профилей горных выработок. На планах горных выработок должны быть

Номер	Название	Знак	Цвет
	<i>Направление при определении высоты пункта на земной поверхности:</i>		
1	<i>Одностороннее наблюдение</i>		<i>Зеленый</i>
2	<i>Двустороннее наблюдение</i>		<i>Зеленый</i>
3	<i>Граница отвода: Земельного</i>		<i>Кант желтый</i>
4	<i>Горного</i>		<i>Кант зеленый</i>
5	<i>Откос уступа на сводном плане горных выработок карьера: По вскрыше</i>		<i>Цвет, принятый для квартала</i>
6	<i>По полезному ископаемому</i>		<i>То же</i>
7	<i>Вертикальный ствол: Круглого сечения</i>		
8	<i>Прямоугольного сечения</i>		

Рис. III.2. Образцы некоторых условных знаков для горной графической документации

Т а б л и ц а III.4

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб	Высота сечения рельефа, м
1	2	3	4
1.1	Группа чертежей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности		
1.1.1	План земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия	1 : 1 000 1 : 2 000 1 : 5 000	0,5 или 1,0 0,5; 1,0 или 2,0 1,0; 2,0 или 5,0
1.1.2	План застройки части земной поверхности (города, поселка)	1 : 2 000 1 : 5 000	0,5 или 1,0

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб	Высота сечения рельефа, м
1	2	3	4
1.1.3	План промышленной площадки	1 : 500 1 : 1 000	0,25 или 0,5 0,5
1.1.4	План породных отвалов (для карьеров и присковок)	1 : 2 000 1 : 5 000	— —
1.1.5	Планы участков земной поверхности, отведенных под склады полезного ископаемого или хранилища отходов обогажительных фабрик	1 : 200 1 : 500 1 : 1 000	0,25 0,25 или 0,50 0,50
1.1.6	Картограмма расположения планшетов съёмки земной поверхности	1 : 10 000 1 : 25 000	— —
1.2	Группа чертежей, отражающих обеспеченность горного предприятия пунктами маркшейдерской опорной и съёмочной сети		
1.2.1	План расположения пунктов маркшейдерской опорной и съёмочной сети на земной поверхности	1 : 5 000 1 : 10 000 1 : 25 000	— — —
1.2.2	План расположения пунктов разбивочной сети и осевых пунктов шахтных стволов	1 : 200 1 : 500 1 : 1 000	— — —
1.2.3	Корки и схемы конструкций реперов и пунктов	Без соблюдения масштабов	
1.3	Группа чертежей отводов горного предприятия		
1.3.1	План горного и земельного отводов горного предприятия и разрезы к ним	1 : 1 000 1 : 2 000 1 : 5 000	0,5 или 1,0 0,5; 1,0 или 2,0 1,0; 2,0 или 5,0

Т а б л и ц а III.5

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб
2.1	Группа чертежей горных выработок, отражающих вскрытие, подготовку и разработку месторождения	
	А. Открытый способ разработки	
2.1.1	а) Карьеры Планы горных выработок по горизонтам горных работ	1 : 500, 1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.2	Разрезы горных выработок карьера (вкрест простирания или по перечным направлениям, приуроченным к разведочным линиям)	В масштабе плана 2.1.1
2.1.3	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок	1 : 10 000 1 : 25 000
	б) Прииски	
2.1.1	Планы горных выработок полигонов	1 : 2 000
2.1.2	Оперативные планы горных выработок	1 : 1 000
2.1.3	Разрезы	1 : 500
2.1.3	Разрезы горных выработок полигонов (поперек и вдоль россыпи, приуроченные к разведочным линиям)	1 : 1 000 Горизонтальный 1 : 1 000, 1 : 2 000; вертикальный в 10 раз крупнее горизонтального
2.1.4	Вертикальные разрезы по направлению подвигания фронта работ	1 : 500 1 : 1 000
2.1.5	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок полигонов	1 : 10 000 1 : 25 000
	Б. Подземный способ разработки	
	в) Горные предприятия, разрабатывающие пластовые месторождения, пластообразные залежи и россыпи	
2.1.1	Планы горных выработок по каждому пласту, пластообразной залежи независимо от углов их падения и мощности	1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.2	Планы горных выработок по каждому слою при разделении мощных пластов на слои, параллельные напластованию	1 : 1 000 1 : 2 000

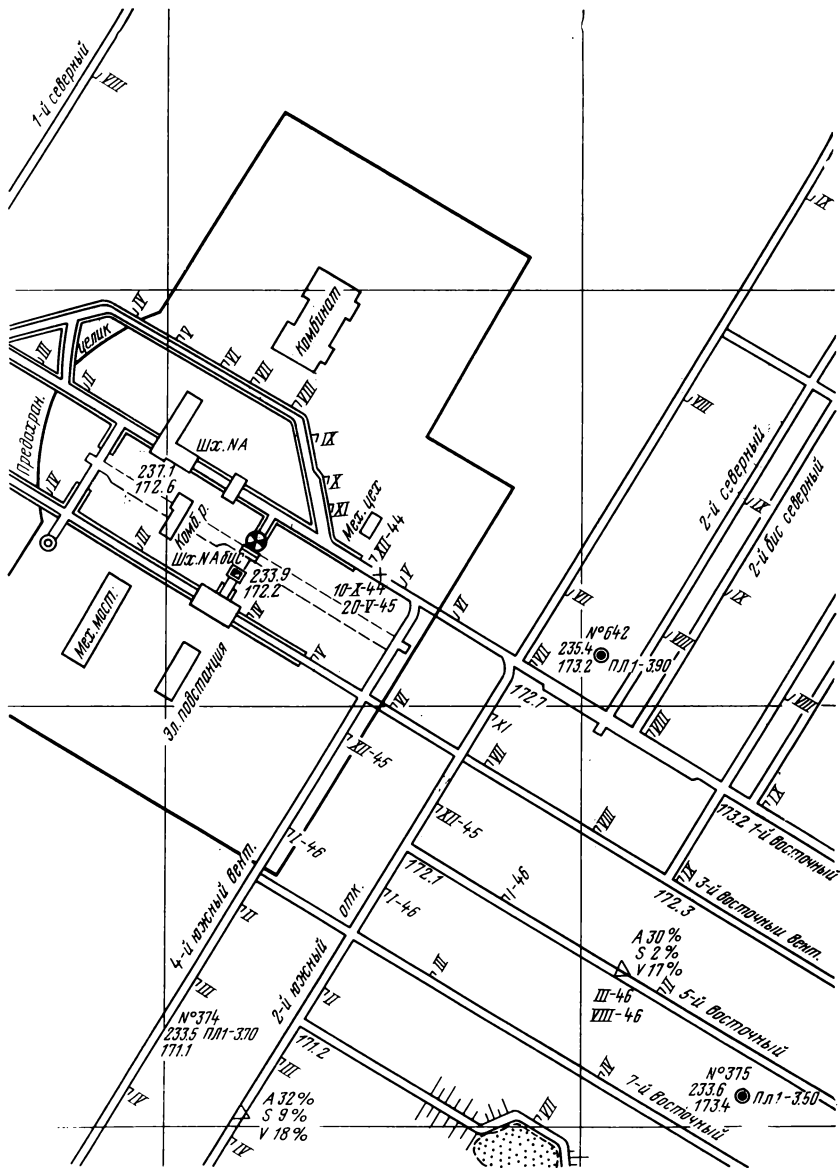
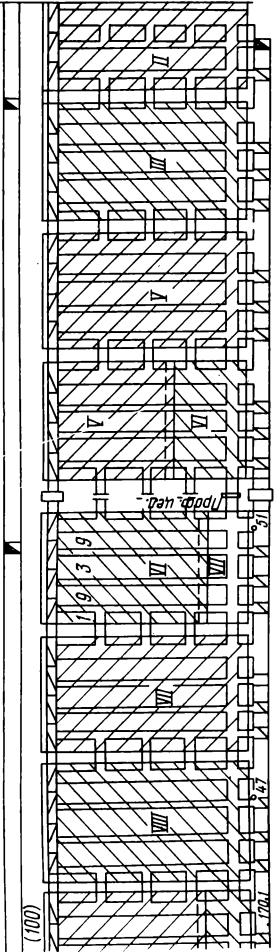


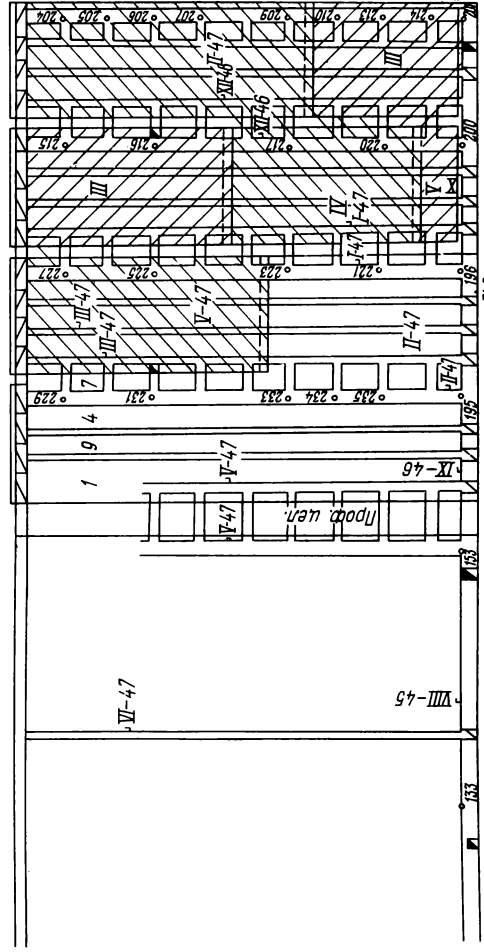
Рис. III.3. План горных выработок

A - A



челок

Противопожарный



гор. +65 (250)

пл. IV Внутреннему

94 - IX

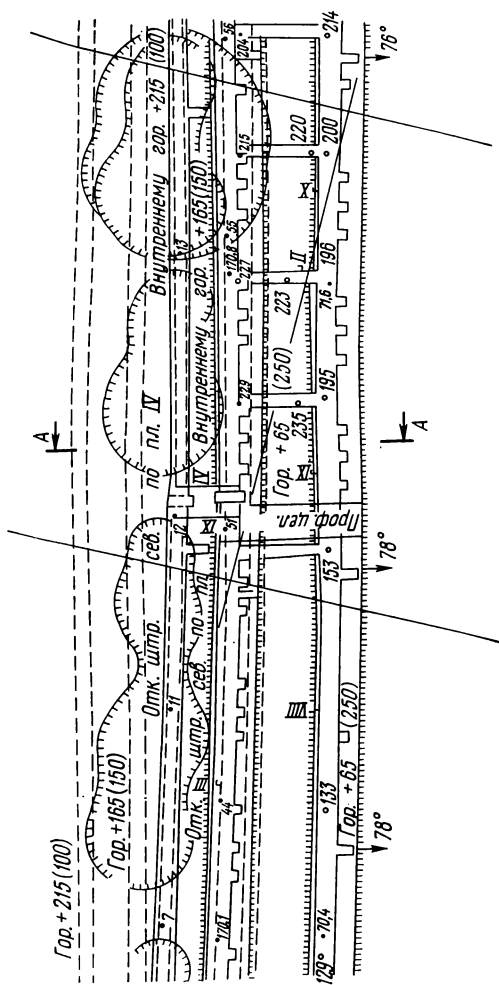


Рис. III. 4. Проекция на вертикальную плоскость

отражены технические границы поля шахты или рудника; сетка прямоугольных координат; пункты планового и высотного обоснования подземных съемок; все выработки по пласту с указанием сроков подвигания забоев; данные, характеризующие условия залегания полезного ископаемого; места очагов пожаров, выбросов угля и газа, горных ударов, прорыва воды; тектонические нарушения; границы предохранительных, барьерных и охранных целиков; охраняемые объекты; места взятия проб и результаты опробования; углы наклона по наклонным подготовительным и очистным выработкам не реже чем через 150—200 м и т. п.

Перечень обязательного комплекта чертежей горных выработок приведен в табл. III.5.

Маркшейдерские чертежи принято разделять на проекции, разрезы и профили.

П р о е к ц и е й называется чертеж, составленный при помощи проектирования интересующих объектов на плоскость, которую называют плоскостью проекций и которая может располагаться горизонтально, наклонно или вертикально.

Проекция, выполненная ортогонально на горизонтальную плоскость, называется **п л а н о м**. Маркшейдерские планы строятся в проекциях с числовыми отметками, сущность которых заключается в том, что на основную плоскость проекций проектируются характерные точки пространственного предмета. При этом отображаются только два измерения предмета; третье измерение (его отстояние от плоскости проекций) выражается числовыми отметками.

Планы используются для изображения земной поверхности, горных выработок, расположения пунктов маркшейдерских опорных и съемочных сетей и т. п. (рис. III.3).

В тех случаях, когда при изображении объектов на горизонтальной плоскости возникают значительные искажения и читаемость чертежа низкая (например, план горных работ по крутому пласту), проектирование целесообразно осуществлять на вертикальную плоскость (рис. III.4). Маркшейдерский чертеж, составленный в проекции на вертикальную плоскость, называется **в е р т и к а л ь н о й п р о е к ц и е й**. Плоскость проектирования в таких случаях выбирают таким образом, чтобы ее ориентировка совпадала со средним простираем залежи или пласта. В ряде случаев, когда простираем отдельных участков залежи резко меняется, проектирование осуществляется на несколько ориентированных по-разному вертикальных плоскостей.

Изображение горных работ, проводимых в наклонных телах, удобнее осуществлять в проекции на наклонную плоскость, располагаемую параллельно плоскости пласта или рудного тела. Маркшейдерские чертежи, при построении которых проектирование горных выработок производится на наклонную плоскость проекций, называются **п р о е к ц и е й в п л о с к о с т и п л а с т а** (залежи).

Часто для получения более полного представления о геологических особенностях месторождения и расположении горных выработок в земных недрах строятся разрезы в плоскости, секущей месторождение горизонтально, наклонно или вертикально в том же масштабе (горизонтальном и вертикальном), который принят для планов горных работ. Чаще всего разрезы располагаются в вертикальных плоскостях, проведенных вкrest простирания пласта (рис. III.5), и приурочиваются к разведочным линиям.

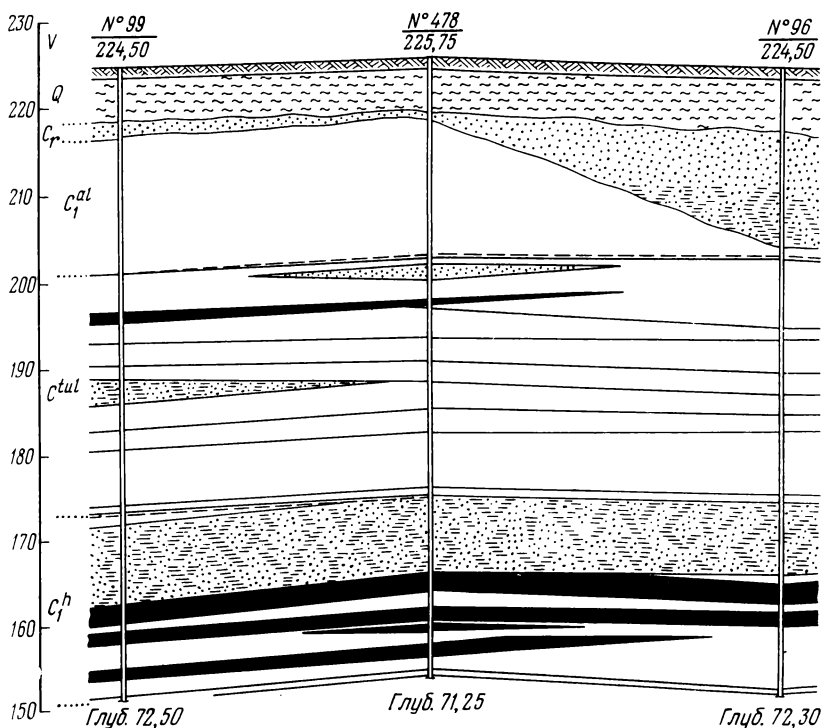
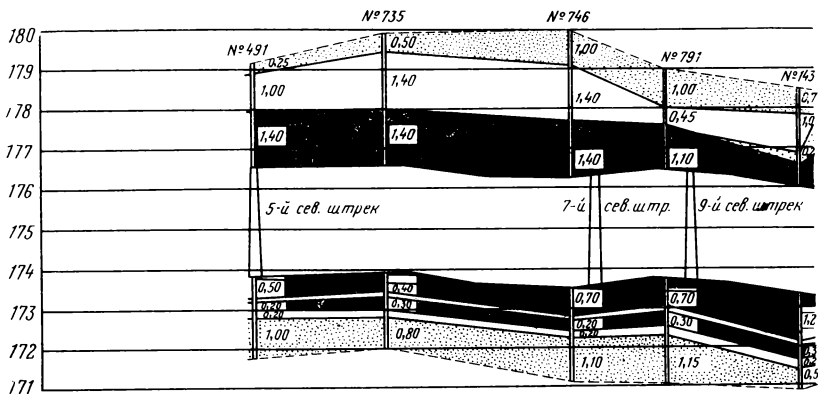


Рис. III.5. Геологический разрез

Для изображения в вертикальных сечениях контуров выработок, а иногда и части пород, прилегающих к контуру, применяются п р о ф и л и. Они строятся для изучения изменения какой-либо поверхности, например почвы и кровли горной выработки (рис. III.6), контакта пород, земной поверхности и т. п. На профилях два масштаба: горизонтальный и вертикальный, последний обычно в десять раз крупнее. На профилях часто наряду с реальным положением поверхности показываются ее проектное положение и отклонения реального профиля от проектной линии.

Основные планы горных выработок шахт и рудников являются техническими и юридическими документами. Поэтому при составле-

нии, пополнении и хранении соскабливание и подтирание на исходных чертежах не допускаются. Ошибки на чертежах аннулируются тушью цвета кармин четким перечеркиванием правильно нанесенных деталей.



Уклоны	Расстояния	0,002	0,001	0,005	0,004	0,012	0,008	0,016
Фактические и проектные отметки		173,821	173,861	173,867	173,572	173,500	173,466	173,592
		173,821	173,758	173,673	173,603	173,533	173,466	173,382
		17,00	23,00	19,00	19,00	21,00	20,00	20,00
№ пакета		0	1	2	3	4 П№6	5 П№8	6

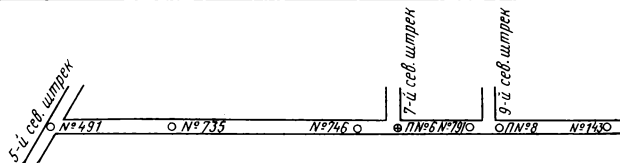


Рис. III.6. Профиль горной выработки

§ 7. Первичная и вычислительная маркшейдерская документация

К первичной маркшейдерской документации горного предприятия относятся журналы полевых съемок, которые должны иметь стандартные размеры 140—210 мм. Каждый журнал имеет номер, его страницы пронумерованы, о чем делается главным маркшейдером заметка на последней странице журнала.

Все необходимые вычисления средних значений измеряемых величин и определение соответствия результатов измерений требованиям Технической инструкции по производству маркшейдерских работ выполняются в полевых журналах на месте проведения работ. Журналы полевых маркшейдерских съемок должны

заполняться аккуратно, чисто, с четким вычерчиванием пояснительных схем и эскизов. Они должны иметь такое количество пояснений, чтобы любой специалист, не принимавший участия в измерениях, смог произвести обработку полевых данных. Полевые измерения должны записываться в журналы хорошо заточенным карандашом средней твердости или шариковой ручкой. Подчистки, записывание одной цифры над другой не допускаются. Исправление вычислений и записей в журнале производится только зачеркиванием неверного результата и записи нового числа, соответствующего верному результату. В тех случаях, когда вместо ошибочных повторные измерения по каким-то причинам пришлось записать на другой странице журнала, около перечеркнутого результата указывается место, где сделаны записи повторных измерений. В связи с тем, что листы журналов нумеруются, испорченные страницы не уничтожаются, а на них наискось (по диагонали) пишется «испорчено».

В состав первичной документации по съемкам открытых разработок и земной поверхности включаются: журналы измерения горизонтальных углов при сооружении триангуляции или аналитических сетей, журналы измерения зенитных расстояний или вертикальных углов, листы графического определения элементов приведения, журналы измерения базисов, угловых измерений в полигонометрических ходах, линейных измерений в полигонометрических ходах, геометрического нивелирования, угловых и линейных измерений в теодолитных ходах, тахеометрического нивелирования, съемки (тахеометрической, стереофотограмметрической, мензуральной, ординатной), разбивочных работ.

При подземной разработке месторождений полезных ископаемых кроме названных выше в состав первичной документации входят: журналы измерений при ориентировке маркшейдерских опорных сетей, измерений при передаче высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской сети, угловых и линейных измерений в подземных полигонометрических и теодолитных ходах, угловых и линейных измерений в угломерных ходах, технического нивелирования, измерений профилировки шахтных стволов, замеров горных выработок.

На горных предприятиях, находящихся в стадии строительства, кроме указанных выше наименований журналов должны быть журналы: измерений при определении пунктов разбивочных сетей, измерений при проходке вертикальных шахтных стволов, измерений при армировании шахтных стволов, съемки замораживающих скважин, проходки шахтных стволов.

Маркшейдерам в своей практической деятельности приходится выполнять большой объем разнообразных вычислений, которые занимают около 50% рабочего времени участкового маркшейдера.

Точность вычислений не всегда одинаковая и зависит от рода решаемой задачи. Например, вычисления горизонтальных координат маркшейдерских точек поверхности и подземных опорных

сетей, вычисления, связанные с расчетами сбоек и т. п., должны осуществляться с высокой точностью. Для их выполнения должны использоваться настольные полуавтоматические и автоматические клавишные машины и электронные вычислительные машины.

Вычисление объемов выполненных работ не требует большой точности и поэтому может производиться с использованием логарифмической линейки. Однако это не значит, что нецелесообразно применение счетных машин, которые при большом объеме вычислений значительно снизят трудоемкость работ. Опыт работы передовых горных предприятий показывает, что при правильной организации вычислений результатов текущих маркшейдерских работ, выполняемых с помощью несложных формул и имеющих большой удельный вес подготовительных работ, применение универсальных электронных вычислительных машин целесообразно и экономически эффективно.

Единицами измерения, используемыми в маркшейдерском деле, являются величины углов и длин.

Единицей линейных мер принят метр, который согласно современному определению (1960 г.) соответствует 1650763,73 длины волны оранжевого излучения светящегося газа (криптон 86). В десятичной системе мер производными метра являются: 1 км = 1000,00 м; 1 м = 1,000 м; 1 дц = 0,100 м; 1 см = 0,010 м; 1 мм = 0,001 м.

Меры площадей: 1 км² = 1000 000,000 000 м²; 1 га = 10000,000 000 м²; 1 м² = 1,000 000 м²; 1 дц² = 0,010000 м²; 1 см² = 0,000100 м²; 1 мм² = 0,000001 м².

Для определения объемов основной единицей является 1 м³ (кубический метр).

Измерения углов могут производиться в градусах или градах и дуговой мере.

Градусом называется угол, длина дуги которого составляет 1/90 часть прямого угла или 1/360 длины окружности. Градус подразделяется шестидесятичным образом на минуты и секунды:

$$1^{\circ} = 1 \text{ градус} = 1^{\circ}00'00'' = 60' \text{ (минут);}$$

$$1' = 1 \text{ минута} = 0^{\circ}01'00'' = 60'' \text{ (секунд);}$$

$$1'' = 1 \text{ секунда} = 0^{\circ}00'01''.$$

Градом называется сотая часть прямого угла; подразделяется он десятичным образом:

$$1^g = 1 \text{ град} = 1,0000^g = 100^c \text{ (десятичных минут);}$$

$$1^c = 1 \text{ десятичная минута} = 0,0100^g = \\ = 100^{cc} \text{ (десятичных секунд);}$$

$$1^{cc} = 1 \text{ десятичная секунда} = 0,0001^g.$$

Полная окружность содержит 400^g.

Между градусами и градами имеют место следующие соотношения:

$$\begin{aligned} 1^g &= 0',9; & 1^\circ &= 1,111 \dots^g; \\ 1^c &= 0',54; & 1' &= 1,851 \dots^c; \\ 1^{cc} &= 0'',324; & 1'' &= 3,08641975^{cc}. \end{aligned}$$

В дуговой мере угол определяется отношением дуги к ее радиусу $\varphi = \frac{S}{R}$.

За единицу измерения принимают радиан — угол, дуга которого равна ее радиусу. Так как в окружности радиус укладывается 2π раз, то она содержит 2π радиан, откуда радиан равен:

$$\begin{aligned} \rho^\circ &= \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ,2958; \\ \rho' &= \frac{360 \cdot 60}{2\pi} = 3438'; \\ \rho'' &= \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{2\pi} = 206\,265''. \end{aligned}$$

Соответственно значения радиана в градусах равны

$$\begin{aligned} \rho^g &= \frac{400^g}{2\pi} = 63,6620^g; \\ \rho^c &= \frac{400 \cdot 100^c}{2\pi} = 6366,20^c; \\ \rho^{cc} &= \frac{400 \cdot 100 \cdot 100^{cc}}{2\pi} = 636\,620^{cc}. \end{aligned}$$

Для того чтобы осуществить переход от градусной меры к дуговой и наоборот, необходимо иметь в виду следующую формулу:

$$\begin{aligned} \alpha \text{ (в градусной мере)} &= \rho \alpha \text{ (в дуговой мере)} \text{ или} \\ \alpha \text{ (в дуговой мере)} &= \frac{1}{\rho} \alpha \text{ (в градусной мере)}. \end{aligned}$$

Все измерения любых величин содержат погрешности, которые вызываются как несовершенством наших органов чувств, так и несовершенством приборов и методик, применяемых для измерений. Кроме того, погрешности возникают во время вычислений.

При измерениях и вычислениях маркшейдер имеет дело с приближенными числами. Под приближенным значением некоторой величины A с n верными цифрами понимается число a , абсолютная

погрешность которого не превышает одной единицы последнего знака числа A . Например, результат измерения длины 103,28 м записан с округлением до второго знака после запятой или до сотых долей метра верными цифрами, так как после двух измерений длины был получен результат 103,282 м.

Необходимо различать десятичные знаки, значащие цифры и верные цифры. Десятичными знаками являются все знаки после запятой. Значащими цифрами называются все цифры, кроме нулей слева и тех нулей справа, которые являются результатом округления. Например, у числа 1200, отражающего округленное значение 1211, только две цифры (1 и 2) являются значащими. Верными цифрами называются цифры, заслуживающие доверия в данном числе. Например, в сумме углов треугольника 180° все цифры верные. В числе же 20,372, обозначающего длину некоторого отрезка, измеренного с точностью до 1 см, верными цифрами являются 20,37.

Абсолютной погрешностью числа называется разность между приближенным значением величины a и самой величиной A

$$\varepsilon = A - a.$$

Под относительной погрешностью δ некоторого числа a понимают отношение абсолютной погрешности ε к числу $\delta = \frac{\varepsilon}{a}$.

Пример 1. Пусть сторона теодолитного хода $a = 12,328$ м измерена с абсолютной погрешностью $\varepsilon = \pm 2,5$ мм. Относительная погрешность $\delta = \frac{2,5}{12328} = \frac{1}{5000}$.

Пример 2. Угол $32^\circ 18' 15''$ измерен с абсолютной погрешностью $\varepsilon = \pm 5''$. Относительная погрешность $\delta = \frac{15''}{116295''} = \frac{1}{7750}$.

Пример 3. Угол $21^\circ 15' 30''$ измерен с абсолютной погрешностью $\pm 10''$. Относительная погрешность измерения угла в радианной мере, так как

$$21^\circ 15' 30'' = 0,371\rho^\circ,$$

$$10'' = 0,0000485\rho^\circ,$$

будет

$$\frac{0,0000485}{0,371} = \frac{1}{7653}.$$

При проведении вычислений маркшейдер должен руководствоваться следующими правилами:

1. Точность результата определяется относительной его погрешностью.

2. Точность вычислений должна соответствовать точности исходных данных, которая определяется практической потребностью.

3. При вычислениях числа надо ограничивать всегда таким образом, чтобы все цифры, кроме последней, были верны и лишь последняя была бы сомнительной.

4. При сложении многих чисел, значительно различающихся по величине, но с одинаковой относительной точностью, надо написать вперед наибольшее из слагаемых и удерживать в остальных лишь столько цифр после запятой, сколько их в этом наибольшем слагаемом.

5. При вычислении ряда значений какой-либо величины, значения которой близки по своей величине, необходимо вычислить одно из значений, для остальных вычислить поправки.

6. При вычислениях с логарифмами надо пользоваться таким числом знаков логарифмов, сколько значащих цифр в числах.

7. Для каждого вычисления предварительно следует составить формуляр.

Одним из важнейших приемов маркшейдерских вычислений является правило округления знаков, которое может быть сформулировано следующим образом.

Округляя последние верные цифры, необходимо иметь в виду:

1) последнюю верную цифру необходимо увеличить на единицу, если следующая за ней цифра больше 5, например $10,276 \approx 10,28$;

2) последняя верная цифра не изменяется, если следующая за ней цифра меньше 5, например $121,2873 \approx 121,287$;

3) последнюю верную четную цифру необходимо оставить без изменения, если следующая за ней цифра равна 5, например $27,3745 \approx 27,374$;

4) последнюю верную нечетную цифру необходимо увеличить на единицу, если следующая за ней цифра равна 5, например $17,2575 \approx 17,258$.

Для исключения погрешностей вычислений при заполнении вычислительной документации горного предприятия должны соблюдаться некоторые положения, во-первых, исключающие появление погрешностей вычислений, во-вторых, повышающие эффективность вычислительных работ. Для этого записи в журналах и ведомостях вычислений должны вестись четким почерком тушью или чернилами. Подскабливание и подтирание вычислений не разрешаются. Места, где найдены погрешности, должны быть перечеркнуты и сделаны записи, указывающие место, где сделаны новые записи. Разрешается удалять только отдельные ошибочные цифры с записью на их месте правильных цифр. Если вычисления ведутся по схемам, не предусматривающим внутреннего контроля, то они должны быть сделаны независимо двумя исполнителями. Вычисления должны заканчиваться определением невязок и обязательным их сравнением с допустимыми величинами, предусматриваемыми Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ.

При вычислительных работах числа следует записывать прямым шрифтом, цифры должны быть записаны строго одна под другой. Так, например, при сложении и вычитании целые числа подписываются под целыми, дробные — под дробными. Многоцифровые числа записываются группами, например 7 382 321 или 42 528 и т. п. В случае применения электронных вычислительных машин должен быть обеспечен контроль правильности ввода исходных данных в ЭВМ.

При маркшейдерских вычислениях необходимо удерживать такое количество значащих цифр и десятичных знаков, которое, с одной стороны, обеспечивает необходимую точность результатов, а с другой, — не перегружает расчеты ненужными вычислениями.

Приведем правила проведения сложений (вычитаний) и умножений (делений).

При сложении (вычитании) нескольких чисел с неодинаковым количеством верных цифр целесообразно оставить у них десятичных знаков на один больше, чем у числа с их наименьшим количеством.

Пусть надо сложить следующие числа, имеющие верные цифры:

$$\begin{array}{r} 1,983 \\ 113,6 \\ 81,7548. \end{array}$$

Из приведенных чисел число 113,6 имеет наименьшее количество десятичных знаков. Округляем числа перед сложением следующим образом:

$$\begin{array}{r} 1,98 \\ 113,6 \\ 81,75. \end{array}$$

Полученный результат 197,33 содержит все верные значащие цифры.

При умножении (делении) чисел с неодинаковым количеством значащих цифр целесообразно оставлять на одну значащую цифру больше, чем их имеется у числа с наименьшим количеством цифр.

Например, при умножении чисел 2,81 и 9137,94 со всеми верными значащими цифрами большее число следует округлить следующим образом: 9138,0.

Производя умножение или деление, необходимо помнить следующее правило: после выполнения умножения (деления) в результате содержится столько верных цифр, сколько их в числе с наименьшим количеством верных цифр.

Таким образом, результат умножения указанных цифр следующий: $9138,0 \cdot 2,81 = 25700$.

Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ для поверхностных съемок (съемки земной поверхности и горных выработок открытых разработок) установлен следующий

перечень вычислительной документации: журнал вычисления длины базисов, ведомость вычисления поправок за центрировку и редуцию, ведомость приведенных направлений для пунктов триангуляции или аналитических сетей, журналы решения треугольников, уравнивания триангуляции и вычисления окончательных координат, вычисления длин сторон полигонометрических ходов, уравнивания полигонометрических ходов и вычисления координат, уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети и реперов, вычисления координат и высот пунктов съемочной сети, подсчет объемов отвалов полезного ископаемого на складах и подсчета объемов выработанного пространства, каталоги координат и высот пунктов маркшейдерской опорной сети, высот реперов и марок нивелирования различных классов, координат и высот пунктов съемочной сети, осевых пунктов и центров устьев шахтных стволов, шурфов и скважин.

СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 8. Общие сведения о подземных маркшейдерских съемках

В процессе ведения горных работ подземным способом перед маркшейдерской службой горного предприятия возникает задача фиксации в пространстве местоположения горных выработок, т. е. съемки объектов и других подробностей, служащих основой для составления маркшейдерских планов и построения различной графической документации.

Следовательно, подземная маркшейдерская съемка — это процесс определения пространственных координат интересующих нас объектов на основании инструментальных измерений угловых и линейных величин в горных выработках.

Объектами подземной маркшейдерской съемки являются:

горные выработки (основные, подготовительные, нарезные, очистные, дренажные, разведочные и др.);

разведочные, технические, водопонижающие и другие буровые скважины;

границы безопасного ведения горных работ, предохранительных и барьерных целиков;

контуры затопления, завалов, загазирования горных выработок, очагов подземных пожаров, суфляров, мест внезапного выброса угля (породы) и газа, прорыва воды и плывунов, подземных источников вод, центров горных ударов;

точки определения элементов залегания залежей полезных ископаемых (простираение, угол падения, мощность залежи и ее структура);

точки документации геологических нарушений и других текстурно-структурных особенностей залежи и вмещающих пород;

точки отбора проб полезного ископаемого;

местоположение различного стационарного оборудования и искусственных сооружений в горных выработках (подъемные машины, насосные камеры, электровозные депо, опрокиды, склады ВВ, медпункты, вентиляторные установки и др.).

Назначение маркшейдерских съемок в шахте. Маркшейдерские подземные съемки предназначены для решения следующих задач: составления маркшейдерских планов горных выработок и другой графической документации; вынесения проектных решений в натуру и их контроль; задания направлений горным выработкам и обеспечения их правильного проведения; производства маркшейдерских замеров для определения фактического положения горных

выработок и выполненных объемов как в подготовительных, так и в очистных выработках, а также съемки подробностей в них; обеспечения инструментальных наблюдений за деформациями горных выработок и др.

Подземные маркшейдерские съемки в зависимости от назначения и способов их производства подразделяются на следующие виды:

1. Соединительные съемки (горизонтальные и вертикальные) предназначены для установления геометрической связи съемок, выполненных на земной поверхности и в подземных горных выработках. Производство таких видов съемок позволяет решать задачу передачи дирекционных углов и координат x , y и z с поверхности в горные выработки, что обеспечивает построение планов поверхности и горных выработок в единой системе координат, принятой на поверхности.

2. Горизонтальные и вертикальные съемки основных подземных выработок осуществляются для создания в них плановых и высотных опорных сетей, которые являются основой для составления маркшейдерских планов.

3. Горизонтальные и вертикальные съемки подготовительных выработок. В подготовительных выработках прокладываются теодолитные ходы для построения съемочных сетей 1 разряда, которые опираются на пункты опорных сетей.

4. Съемки нарезных и очистных выработок. На основе съемочных сетей 1 разряда развиваются съемочные сети 2 разряда, предназначенные для съемки нарезных и очистных выработок, а также для производства замеров в них. Прокладка съемочных сетей 2 разряда осуществляется приборами пониженной точности (угломерами, подвесными буссолью и полукругом и др.).

При создании плановых опорных и съемочных сетей прокладываются теодолитные ходы, сущность которых заключается в измерении углов теодолитом, а длин сторон — металлической рулеткой или дальномерами.

Теодолитный ход представляет собой совокупность полевых измерений и вычислительных работ, выполняемых для определения координат пунктов, закрепленных в горной выработке.

В полевых условиях (в горной выработке) производятся следующие работы:

выбор места и закрепление пунктов теодолитного хода постоянными или временными знаками;

измерение горизонтальных и вертикальных углов хода;

измерение длин сторон хода;

осуществление полевого контроля после измерения на станции угловых и линейных величин теодолитного хода;

съемка подробностей и составление эскизов снимаемых выработок.

В камеральных условиях выполняют:

проверку записей в журнале теодолитной съемки и вычисление средних значений измеренных углов и длин сторон хода;

вычисление координат x , y и z пунктов хода;

выполнение контроля (вычисление угловых и линейных невязок);

нанесение на план точек теодолитного хода и снимаемых подробностей.

Для определения высотного положения пунктов подземной маркшейдерской опорной сети выполняют:

а) вертикальную соединительную съемку (передачу координаты z) с поверхности от реперов III или IV классов на пункты исходной стороны подземной опорной сети;

б) геометрическое нивелирование для определения высотного положения пунктов опорной сети в выработках с углом наклона до $5-8^\circ$;

в) тригонометрическое нивелирование для передачи высот по выработкам с углами наклона более $5-8^\circ$.

Высоты пунктов съёмочной сети определяют с помощью тригонометрического нивелирования, которое производится одновременно с проложением теодолитных или угломерных ходов.

Для построения опорных и съёмочных сетей в горных выработках в системе координат, принятой на поверхности, производят ориентирование и центрирование подземных маркшейдерских опорных сетей. Для этих целей определяют дирекционный угол и координаты пунктов исходной стороны подземного полигона.

Под термином «ориентирование сети» следует понимать процесс определения дирекционного угла ориентируемой стороны (одной или нескольких) подземной маркшейдерской опорной сети. Ориентирование стороны подземного полигона осуществляется геометрическим или гироскопическим способом.

При геометрическом способе ориентирования в зависимости от характера выработок, соединяющих поверхность с ориентируемым горизонтом, ориентирование опорных сетей может быть выполнено одним из следующих способов:

1) через горизонтальную или наклонную выработку;

2) через одну вертикальную выработку;

3) через две вертикальные выработки.

Наряду с геометрическими способами ориентирования в настоящее время широко применяется гироскопическое ориентирование подземных опорных сетей.

Под термином «центрирование сети» понимают процесс определения координат x , y и z какого-либо пункта подземной маркшейдерской опорной сети. Исходными данными для центрирования подземных маркшейдерских опорных сетей являются пункты опорной сети на земной поверхности, по точности

соответствующие аналитическим сетям 1 разряда или полигонометрии 1 разряда. Через вертикальные выработки (шахтные стволы) центрирование сети, как правило, осуществляется с помощью отвесов, опущенных в вертикальную горную выработку. Координаты отвесов на земной поверхности или пунктов, расположенных около устьев наклонных выработок и штолен, определяют от исходных пунктов проложением полигонометрических ходов по точности не ниже 2 разряда с числом сторон не более трех.

При создании опорных и съёмочных подземных маркшейдерских сетей для определения требуемой точности положения пунктов съёмки в системе координат, принятой на поверхности, к измерению угловых и линейных величин предъявляются определенные требования, обусловленные Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ (табл. IV.1).

Т а б л и ц а IV.1

Вид сети	Предельная длина ходов, км	Средняя погрешность измерения углов	Допустимое расхождение между двумя измерениями линий
Опорная	2,0 Не более 20 углов в секции длиной 1 км	$\pm 20''$	$m^* = \sqrt{a^2 [l] + b^2 L^2}$ (1 : 3000)
Съёмочная 1 разряда	2,0	$\pm 45''$	1 : 1000
Съёмочная 2 разряда	0,5	$\pm 3'$	1 : 200

* В выработках с углом наклона менее 15°
 $a = 0,0005$, $b = 0,00005$;
 в выработках с углом наклона более 15°
 $a = 0,0015$, $b = 0,00010$.
 a — коэффициент случайного влияния; b — коэффициент систематического влияния; $[l]$ — периметр полигонометрического хода; L — длина замыкающей, м.

§ 9. Подземные маркшейдерские опорные и съёмочные сети

При съёмке подземных горных выработок и различных объектов (подробностей) в них принят принцип последовательного перехода от более общих и точных геометрических построений к частным и менее точным построениям. Процесс съёмки в горных выработках заключается в создании опорных, а на их основе съёмочных сетей.

Подземные маркшейдерские сети по их назначению классифицируются следующим образом:

- 1) подземные маркшейдерские опорные сети;
- 2) съёмочные сети 1 разряда;
- 3) съёмочные сети 2 разряда;
- 4) плановые и высотные сети специального назначения.

1. *Подземные маркшейдерские опорные сети* являются главной геометрической основой всех подземных съёмок. Для создания опорных сетей по основным горным выработкам (квершлагам

штольням, наклонным стволам, уклонам, бремсбергам, полевым, групповым и основным откаточным штрекам) прокладываются полигонометрические ходы. При длине полигонометрического хода более 2 км он должен разделяться на секции с твердыми дирекционными углами. Число углов в секции не должно превышать 20. Опорные сети предназначаются для развития съемочных сетей, составления планов горных выработок и других графических материалов, а также для аналитического решения различных маркшейдерских и горно-геометрических задач.

Принципы построения подземных маркшейдерских опорных сетей зависят от условий залегания месторождения и способов его вскрытия. В зависимости от этого подземные опорные сети имеют определенные конструктивные особенности.

Можно выделить шесть основных наиболее типичных конструкций (систем) построения подземных маркшейдерских опорных сетей.

1. При разработке одиночного горизонтального пласта (рис. IV.1, а). Данная конструкция опорной сети характерна, когда месторождение вскрыто центрально-сдвоенными шахтными стволами и представляет собой систему полигонометрических ходов, прокладываемых по штрекам главных направлений и параллельным им выработкам, в результате чего образуются вытянутые, примыкающие друг к другу замкнутые полигоны.

2. При разработке одиночных пологих и наклонных пластов (рис. IV.1, б, в). Месторождение вскрыто наклонными шахтными стволами с проходкой на флангах шахтного поля вентиляционных сбоек. В зависимости от применяемой системы разработки можно выделить две разновидности конструкций опорной сети:

а) в случае применения сплошной системы разработки (см. рис. IV.1, б) полигонометрические ходы прокладывают дважды по этажным штрекам. После соединения их с вентиляционной сбойкой полигонометрические ходы присоединяют к пунктам маркшейдерской опорной сети на земной поверхности;

б) когда применяется система разработки длинными столбами по простиранию (см. рис. IV.1, в) и полигонометрические ходы образуют замкнутые полигоны, примыкающие друг к другу. После соединения этажного штрека с вентиляционной сбойкой полигонометрические ходы присоединяют к пунктам опорной сети на земной поверхности.

3. При разработке свиты пологих и наклонных пластов (рис. IV.1, г, д). Месторождение вскрыто вертикальными центрально-сдвоенными шахтными стволами с капитальным квершлагом, а на флангах шахтного поля пройдены вентиляционные стволы (шурфы). В этом случае может возникнуть два варианта конструкций опорной сети:

а) полигонометрические ходы, образующие систему полигонов с узловыми точками (рис. IV.1, г);

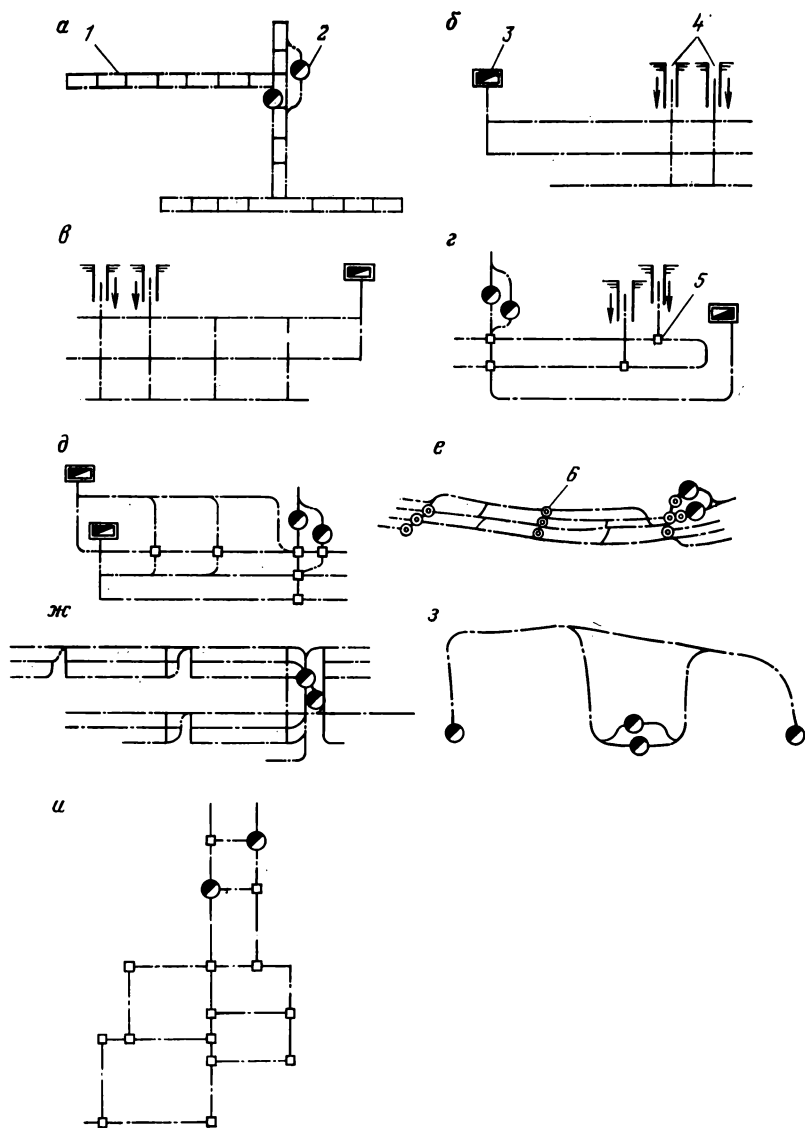


Рис. IV.1. Конструкции подземных опорных сетей:

1 — теодолитные ходы в горных выработках; 2 — вертикальные столбы; 3 — шурфы;
4 — наклонные столбы; 5 — узловые точки; 6 — постоянные пункты

б) полигонометрические ходы с узловыми точками и замкнутые полигоны (в случае применения системы разработки длинными столбами по простиранию) (рис. IV.1, д).

4. При разработке свиты крутых пластов, когда месторождение вскрыто центрально-сдвоенными вертикальными стволами с капитальным квершлагом. В зависимости от расположения горных выработок на основных горизонтах конструкция опорной сети может быть представлена:

а) системой замкнутых полигонов, примыкающих друг к другу. Такие опорные сети могут быть созданы при разработке свиты пластов малой и средней мощности, не склонных к самовозгоранию, когда пройдены полевые или групповые откаточные штреки и участковые квершлагги (рис. IV.1, е):

б) системой полигонов с замыкающими ходами и прокладкой повторных контрольных ходов. Такой вариант возникает при разработке свиты мощных крутых пластов, склонных к самовозгоранию, когда между выемочными участками оставляются противопожарные целики (рис. IV.1, ж).

5. При разработке мощных рудных залежей, когда в центре и на флангах проходят вертикальные стволы, полигонометрические ходы прокладываются по квершлаггам и полевым штрекам с примыканием к отвесам, опущенным через вертикальные выработки (рис. IV.1, з).

6. При разработке солей подземным способом, когда месторождение вскрыто вертикальными центрально-сдвоенными стволами, опорная сеть создается в виде системы прилегающих друг к другу полигонов с замкнутыми ходами (рис. IV.1, и).

Рассмотренные конструкции опорных сетей в силу специфичности условий разработки месторождений имеют существенные недостатки, к которым можно отнести:

ограниченное число или полное отсутствие избыточных твердых дирекционных углов сторон сети;

наличие коротких сторон полигонометрического хода, что приводит к быстрому накоплению погрешностей в положении пунктов полигонометрии;

смещение пунктов опорной сети, что вызывает необходимость проложения большого количества повторных ходов при их возобновлении;

неоднородность опорных сетей.

При наличии больших размеров шахтных полей и в связи с увеличением глубины разработки указанные недостатки в существующих конструкциях опорных сетей становятся особенно ощутимыми.

В настоящее время рекомендуется применение автономного ориентирования сторон опорной сети с помощью малогабаритных гирокомпасов, что позволяет избежать указанных выше недостатков и перейти к новым конструкциям опорных сетей с промежу-

точными дирекционными углами. Сущность этой конструкции заключается в следующем:

- а) подземную полигонометрическую сеть разделяют на секции;
- б) в каждой секции автономно с помощью гирокомпаса определяют дирекционный угол одной из сторон;
- в) уравнивают совместно результаты угловых измерений и результаты автономного определения дирекционных углов сторон в секциях с учетом их весовых значений.

Опорные сети с промежуточными опорными дирекционными углами имеют следующие преимущества:

- а) значительно повышается точность положения наиболее удаленных пунктов сети;
- б) улучшается однородность опорной сети;
- в) обеспечивается высокая степень надежности опорной сети, а следовательно, и достоверность планов горных выработок;
- г) повышается производительность труда маркшейдеров.

Требования, предъявляемые к угловым и линейным измерениям при построении опорных сетей. При создании подземной опорной сети углы в полигонометрических ходах, как правило, измеряют теодолитами с точностью отсчетных приспособлений не менее 30".

Способ центрирования теодолита и сигналов, а также точность выполнения этих операций определяют в зависимости от длины сторон полигонометрического хода и условий проведения съемки в горных выработках.

При проложении полигонометрических ходов в выработках с углом наклона до 30° горизонтальные углы (левые по ходу) измеряют одним полным повторением. Разность между одинарным значением угла (контрольным углом) и окончательным (средним) его значением не должна превышать 45". В случае, если одна из сторон измеряемого угла горизонтальная, а другая наклонная, то эта разность не должна быть более 90".

В выработках с углами наклона более 30° горизонтальные углы должны измеряться способом приемов (не менее двух). Допустимые расхождения в углах, полученные из отдельных приемов, не должны превышать следующих величин:

при углах наклона выработки	31 — 45° — 45";
то же	46 — 60° — 60";
»	61 — 70° — 90";
»	71 — 75° — 120"

Для измерения длин сторон в подземных полигонометрических ходах применяются компарированные стальные рулетки длиной 20, 30 и 50 м, мерные ленты, мерные проволоки, длиномеры АД-1м, светодальномеры типа МСД-1 и другие инструменты обеспечивающие необходимую точность. Измерение сторон длиной более 50 м с помощью светодальномера МСД-1 (МСД-1м) должно осуществляться одним-двумя приемами. Если расхождение между отсчетами при измерении линии на первой и второй фазах не

превышает ± 5 мм, то ограничиваются одним приемом, при большем расхождении делают два приема. Максимальное расхождение между результатами измерений на отдельных частотах не должно превышать ± 8 мм.

Построение съемочных сетей. Съемочные сети в зависимости от назначения разделяются на сети 1 и 2 разрядов.

1. Съемочные сети 1 разряда, опираясь на пункты подземной опорной сети, прокладываются в виде теодолитных ходов по подготовительным выработкам (панельным, промежуточным, вентиляционным, конвейерным и другим горным выработкам), имеющую значительную протяженность и продолжительный срок службы. Закрепленные пункты съемочной сети служат для съемки этих выработок и являются исходными для развития съемочной сети 2 разряда.

2. Съемочные сети 2 разряда развиваются на основе пунктов съемочной сети 1 разряда и являются геометрической основой для съемки нарезных и очистных выработок. Закрепленные в них пункты теодолитного или угломерного хода обычно используются только один раз при съемке этих выработок или для выполнения сбоек нарезных выработок в пределах очистного забоя (блока, лавы).

Теодолитные и угломерные ходы 1 и 2 разрядов обычно замыкают или прокладывают дважды. При проложении теодолитных ходов в основных выработках для пополнения планов, по которым в дальнейшем создают опорные сети, допускают (кроме выработок, приближающихся к целикам или опасным зонам) прокладывание висячих ходов с измерением левых и правых по ходу углов.

Для измерения углов в теодолитных ходах съемочных сетей 1 разряда применяют теодолиты с точностью отсчетных приспособлений не менее $1'$, рекомендуется также применение подвесных теодолитов для обеспечения повышения производительности труда при съемках. Углы измеряются одним повторением. В выработках с углом наклона более 30° углы измеряют способом приемов.

Углы в ходах съемочных сетей 2 разряда измеряют угломерами или теодолитами. Расхождение между контрольным и окончательным значениями угла или в полуприемах не допускается более $\pm 5'$. При использовании теодолитов отсчеты по лимбу округляют до четного числа минут.

Измерение линий в ходах съемочных сетей 1 разряда выполняют стальными рулетками или лентами.

3. Плановые и высотные сети специального назначения прокладываются в горных выработках для решения специальных задач (например, для выполнения сбоек горных выработок), требующих высокой точности проведения работ. Точность угловых и линейных измерений в этих сетях устанавливается особой программой измерений для каждого конкретного случая.

В зависимости от горно-геологических условий залегания и применяемых систем разработки месторождений могут возникнуть различные формы и способы примыкания подземных теодолитных ходов.

В практике наиболее часто встречаются следующие виды подземных теодолитных ходов:

Висячий (или свободный) ход (рис. IV.2, а) прокладывается по горным выработкам без примыкания в конце хода к опорным пунктам. Такие ходы начинаются от опорного пункта, например A , с известными координатами и дирекционным углом стороны BA . При разработке месторождений часто приходится прибегать к прокладке таких ходов. Для контроля они должны прокладываться дважды (в прямом и обратном направлениях).

Разомкнутый ход (рис. IV.2, б) примыкает в начале и в конце к опорным пунктам II и A с известными координатами и к сторонам $I-II$ и AB с известными дирекционными углами. Такие ходы имеют контроль по координатам и дирекционным углам.

Замкнутый ход (рис. IV.2, в) представляет собой замкнутый полигон, проложенный в горных выработках, в котором кроме измеренных левых по ходу углов и длин сторон измерены примычные углы α' и α'' . Для прокладки замкнутого хода должны быть известны координаты опорного пункта II и дирекционный угол стороны $I-II$.

Разомкнутый ход с неполным контролем (рис. IV.2, г) прокладывается между сторонами BA и CD с известными дирекционными углами и координатами пункта A . Дирекционный угол стороны CD должен быть определен путем гироскопического ориентирования независимо от определения дирекционного угла стороны BA . Наличие твердых дирекционных углов позволяет осуществлять контроль измеренных горизонтальных углов.

При создании подземных опорных сетей могут возникать и другие виды разомкнутых ходов с неполным контролем, например подземный соединительный полигон при ориентировке через две вертикальные выработки, когда известны координаты начального и конечного пунктов съемки.

Системы теодолитных ходов (рис. IV.2, д). В подземных горных выработках при прокладке теодолитных ходов часто создают системы полигонов, которые могут быть как свободными, так и несвободными. Свободные системы полигонов, состоящие из замкнутых теодолитных ходов, опираются на исходный пункт с известными координатами. Дирекционный угол стороны BA должен быть известен. При примыкании системы полигонов к стороне AB измеряются углы α' и α'' .

В маркшейдерской практике иногда создаются несвободные системы полигонов, опирающиеся на твердые пункты и направления или на твердые пункты и одну узловую точку.

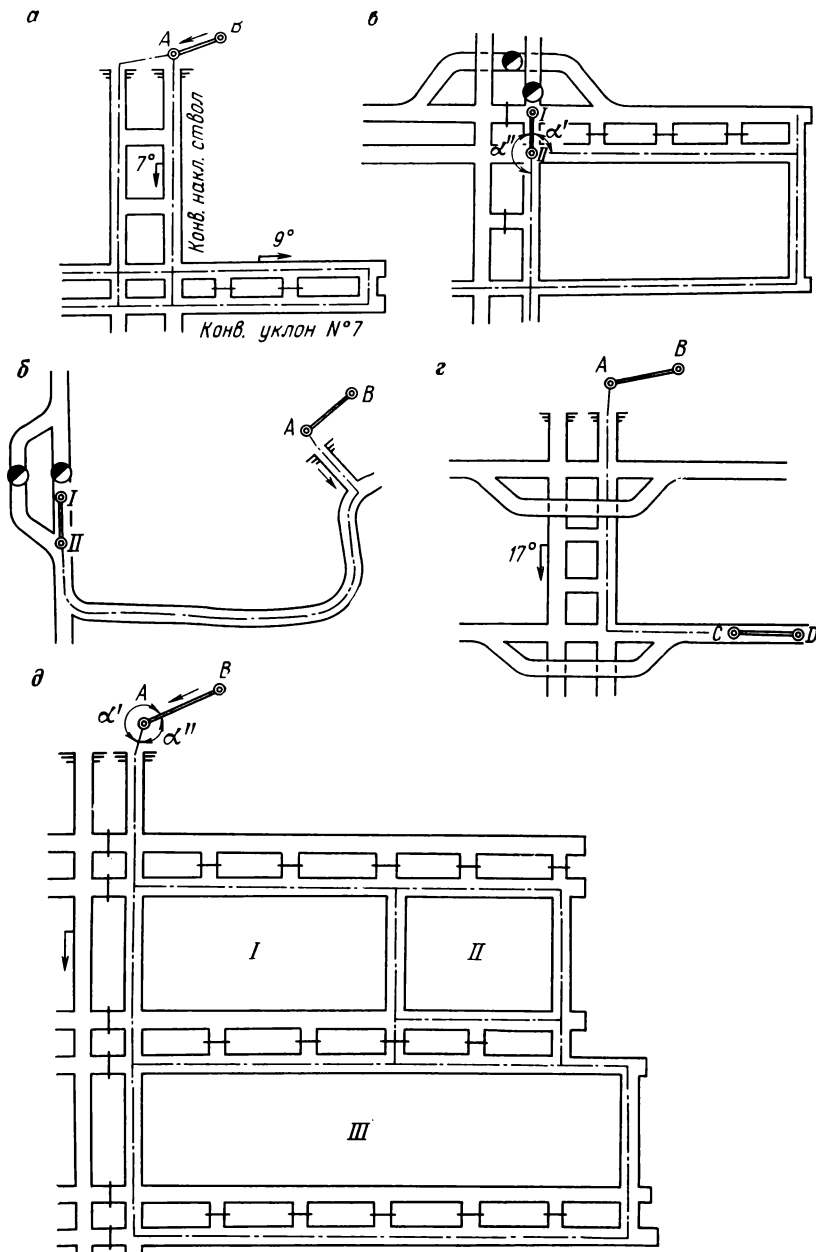


Рис. IV.2. Виды подземных теодолитных ходов

§ 10. Типы пунктов опорных и съемочных подземных сетей и способы их закрепления

В зависимости от назначения создаваемой подземной маркшейдерской сети, срока службы и способа закрепления пунктов теодолитных ходов их подразделяют на постоянные и временные.

Постоянные пункты характерны для маркшейдерской опорной сети. Они устанавливаются в местах, обеспечивающих полную их неподвижность. Как правило, следует избегать установки пунктов в тех выработках, которые находятся в зонах опорного давления или подработки, а также в местах, где предполагается расщелка новых выработок или их расширение.

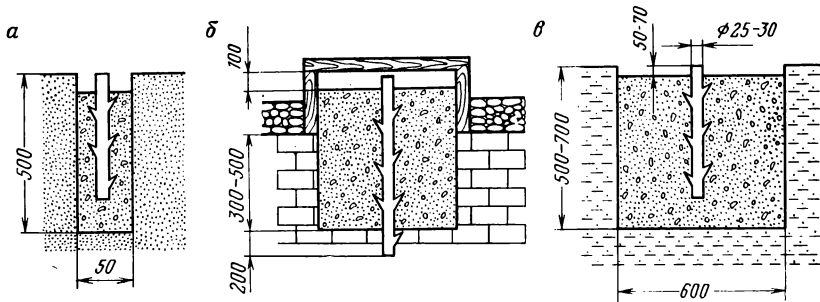


Рис. IV.3. Постоянные знаки в почве выработки:

а — в крепких породах; *б* — в обводненной выработке; *в* — в слабых боковых породах

Конструкция постоянных маркшейдерских знаков зависит от места их расположения в горной выработке. На рис. IV.3 представлены конструкции постоянных знаков, закрепленных в почве выработки. Знак представляет собой забетонированный в скважине (рис. IV.3, *а*) или в котловане (рис. IV.3, *б*, *в*) металлический стержень диаметром 25—30 мм и длиной от 200 до 700 мм. На верхней части головки стержня высверливают отверстие или делают керн диаметром не более 2 мм или же наносят крестообразную насечку. Для длительного сохранения центра пункта в головку стержня запрессовывают медную или свинцовую пробку и на ней делают керн или насечку.

Конструкция постоянных маркшейдерских пунктов, закладываемых в кровле выработки (рис. IV.4), должна быть удобной для центрирования теодолита. Постоянные маркшейдерские пункты, а также специальные реперы в горных выработках могут закладываться в ее боковых стенках. Такие пункты, как правило, бетонируются.

Временные пункты (маркшейдерские знаки), как правило, закрепляются в кровле выработок, а также на верхняке крепежных рам или на металлических арках. Если выработка пройдена без крепления в достаточно крепких и вязких породах, то центр

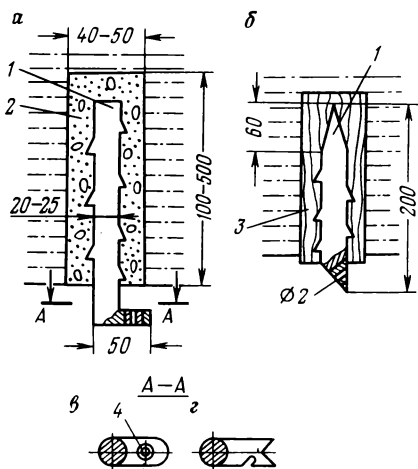


Рис. IV.4. Постоянные знаки в кровле выработки:

a — забетонированный; *б* — закрепленный с помощью деревянной пробки; *в*, *г* — возможные виды отверстий для шнура отвеса (*1* — металлический стержень; *2* — бетон; *3* — деревянная пробка; *4* — медная или свинцовая пробка)

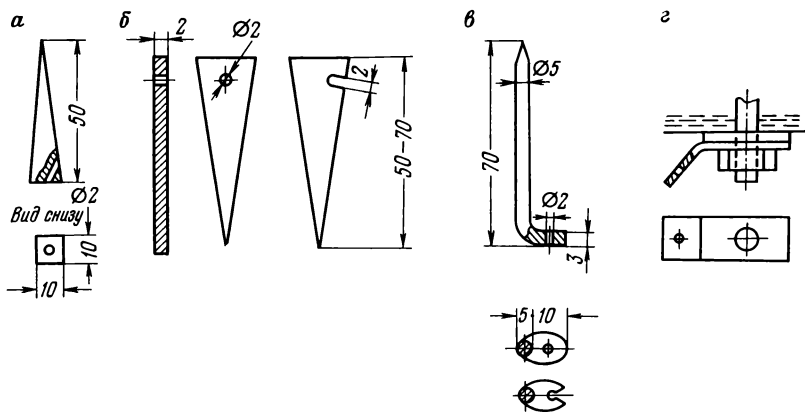


Рис. IV.5. Временные маркшейдерские знаки

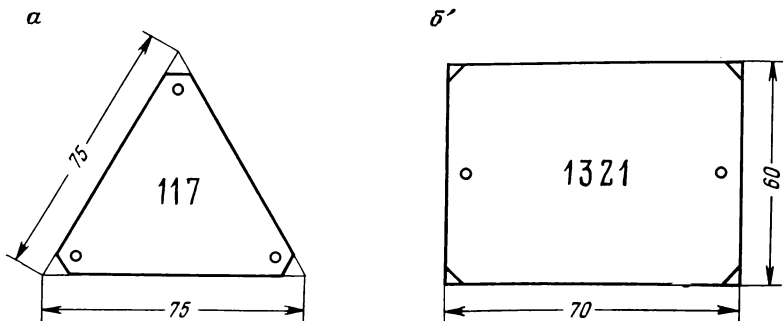


Рис. IV.6. Типы марок для нумерации пунктов:
a — постоянных; *б* — временных

закрепляют непосредственно в породах кровли (рис. IV.5, а) или в деревянных пробах, забитых в шуры (рис. IV.5, в). При деревянном креплении применяются знаки, показанные на рис. IV.5, б, а при металлической или анкерной крепи знаки, показанные на рис. IV.5, г.

Маркшейдерские пункты в горной выработке должны закрепляться таким образом, чтобы обеспечивались однозначное положение шнура, а также удобство и быстрота подвешивания отвеса.

Для быстрого нахождения постоянного или временного маркшейдерского пункта в выработке на стойках ее крепи или на стенках выработки против каждого пункта прибивают металлическую пластинку (марку) с его номером. На рис. IV.6 указаны типы марок для постоянных и временных маркшейдерских пунктов. В выработках без крепления или с бетонной крепью номера пунктов наносятся масляной краской на стенках выработок по трафарету.

После закрепления постоянных пунктов их местоположение в выработке и эскиз конструкции вычерчиваются в рабочей книжке теодолитной съемки и журнале вычисления координат. Заложенные постоянные пункты наносят на планы горных выработок и на каждый из них составляют паспорт. Все постоянные пункты должны быть пронумерованы. Порядок нумерации определяет главный маркшейдер горного предприятия в зависимости от местных условий.

§ 11. Горные теодолиты

Основными угломерными инструментами при производстве подземных инструментальных съемок являются горные теодолиты. В отличие от технических теодолитов, применяемых на поверхности, горные теодолиты имеют определенные конструктивные особенности, связанные с условиями производства подземных съемок в горных выработках.

Основные части горного теодолита не должны корродировать под воздействием химически активных вод, должны иметь малые габариты, небольшую массу, а также осветительные приспособления. Должны обеспечиваться: герметичность системы для предохранения основных частей от внешних повреждений и попадания пыли и влаги; возможность автоматического центрирования с установкой теодолита и сигналов на консолях. Теодолит должен иметь на зрительной трубе верхний центр (кern) для его центрирования под точкой при помощи шнурового отвеса. Труба горного теодолита должна допускать визирование на предмет при расстояниях до него 2,0—1,0 м. Горные теодолиты должны иметь возможность измерять углы наклона в пределах от 0 до 90°.

В настоящее время на горных предприятиях при производстве маркшейдерских съемок в подземных горных выработках применяются как отечественные, так и зарубежные теодолиты. Наиболь-

шее распространение в последние годы нашли оптические системы теодолитов, хотя на горных предприятиях еще широко используются верньерные теодолиты с металлическим лимбом.

Горные теодолиты классифицируют по точности измерения горизонтальных и вертикальных углов, устройству отсчетных приспособлений и конструктивной связи лимба с алидадой.

1. Точные оптические теодолиты Т2, Т5 (Т5К), Theo010, Theo010А используются в подземных выработках для производства специальных съемок и развития опорных сетей. Все эти инструменты с поворотным лимбом не имеют микрометренно-зажимного приспособления. Лимб можно вращать непосредственно рукой или с помощью специального барабанчика. Отсчетное приспособление у рассматриваемых теодолитов (кроме Т5 и Т5К) — двустороннее. В микроскоп по двум оптическим каналам передаются изображения диаметрально противоположных штрихов горизонтального и вертикального кругов.

2. Технические отечественные теодолиты ТГ5, Т15, ОМТ30, Т30, Т30М, зарубежные — Theo020, Theo120, Theo080, ТЕ-D4 и др. нашли широкое применение при различных видах маркшейдерских съемок. Эти инструменты повторительного типа. В таких конструкциях горизонтальный круг вращательно соединен со втулкой подставки и снабжен наводяще-зажимными приспособлениями. Характерным признаком этого типа инструментов является наличие в них двух пар наводяще-зажимных винтов: одной — для лимба, другой — для алидады горизонтального круга. Иногда вместо второй пары винтов имеется специальное повторительное устройство, с помощью которого горизонтальный круг соединяется с алидадой. Это соединение осуществляется клеммой рычажного типа или винтом с клином. Рассматриваемый тип теодолитов снабжен односторонними для обоих лимбов шкаловыми микроскопами или микроскопами-оценщиками. В табл. IV.2 приведена краткая техническая характеристика отечественных и зарубежных точных и технических теодолитов, наиболее широко применяемых при производстве маркшейдерских работ на горных предприятиях нашей страны.

Устройство горных теодолитов с металлическими лимбами. Из серии ранее выпускавшихся горных теодолитов с металлическими лимбами (ТГ1, ТГ3 и ТГ5) на горных предприятиях применяется последняя модификация теодолита ТГ5.

Горный теодолит ТГ5 (рис. IV.7) повторительного типа предназначен для измерения в подземных условиях и на земной поверхности горизонтальных и вертикальных углов со средней квадратической погрешностью одного полного приема $\pm 15''$. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам производятся с точностью $\pm 30''$.

Основанием теодолита является трегер 2 с тремя подъемными винтами 1. На нижней части трегера расположено сферическое кольцо 25, при помощи которого можно производить автомати-

Таблица IV.2

Показатель	С двусторонними оптическими микрометри		С односторонними шкаловыми микроскопами								С микроскопными-оценщиками		С верньером
	Т2	Тео 010	Т5 (Т5К)	Тео 020	ТЕ-D4	Т15	ОМТ30	Т30М	Т20	Т30	Тео 120	ТГ5	
Длина трубы, мм	182	135	152	195	175	—	128	—	138	110	125	172	
Увеличение, крат.	25	31	27	25	25	25	18	18	20	18	16	21	
Наименьшее расстояние видения, м	1,5	2,0	2,0	2,1	2,0	1,5	1,0	1,2	0,9	2,0	0,9	1,7	
Диаметр лимба, мм:													
горизонтального	90	84	95	96	84		80	80	64	70	62	120	
вертикального	65	60	70	74	76		80	80	64	70	62	90	
Цена деления лимбов	20'	20'	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	10'	10'	20'	
Цена деления отсчетного устройства	1"	1"	1'	1'	1'	1'	1'	1'	2'	—	—	—	
Точность отсчета, с	0,1	0,5	6	6	6	12	30	15	30	30	30	30	
Средняя квадратическая погрешность измерения угла, (\pm) с	2	2	5	5	6	15	10—15	30	20	30	27	15	
Масса теодолита, кг	5,2	5,3	3,6	4,3	4,8	3,5	3,2	2,2	2,2	2,2	28	4,5	
Масса комплекта, кг	15,2	16,0	11,7	14,3	12,5	12,0	15,6	6,1	8,7	—	—	16,6	

ческое центрирование теодолита на подставке. Горизонтальный круг, закрытый кожухом 5, состоит из лимба 3 и алидады 4, которые при помощи системы конических осей устанавливаются во втулку трегера. Кожух и вся верхняя часть инструмента жестко

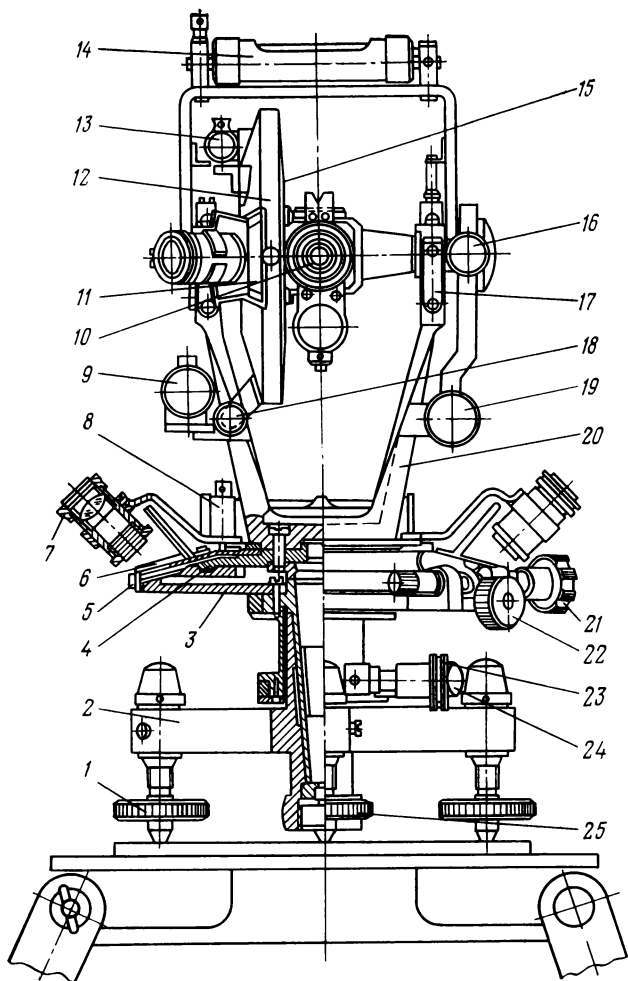


Рис. IV.7. Теодолит ТГ5

укреплены на алидаде, имеющей два противоположно расположенных верньера 30-секундной точности, которые видны через окна 6 в лупу 7. На кожухе горизонтального круга и на подставке укреплены установочные уровни 8 и 9. Лимб имеет винт 23 для закрепления его на основной оси теодолита. Наводящим винтом 24 можно придать лимбу медленное вращение в горизонтальной плоскости.

Винтом 24 действуют только тогда, когда закрепительный винт лимба завинчен. Алидада на лимбе закрепляется винтом 22 и также имеет наводящий винт 21 для медленного ее перемещения. Зрительная труба 10 укладывается в лагеры 17 подставки 20. Зрительная труба теодолита имеет внутреннюю фокусирующую линзу, которую при наведении на различно удаленные предметы перемещают внутри трубы вращением кольца кремальеры. В зрительной трубе перед окуляром укреплена четырьмя винтами, закрытыми колпачком, диафрагма с сеткой нитей, имеющая две вертикальные (биссектор) и три горизонтальные нити, нарезанные на стекле. Подсветку сетки производят рудничной аккумуляторной лампой, располагаемой сбоку от объектива зрительной трубы. Резкость сетки нитей достигается вращением диоптрийного кольца окуляра. Зрительная труба имеет закрепительный 16 и наводящий 19 винты. Ее можно переводить через зенит обоими концами. Лимб вертикального круга 15 жестко соединен с трубой, сверху которого помещается алидада 12. Вертикальный круг закрыт кожухом с двумя окошечками 11, около которых расположены лупы. На алидаде вертикального круга укреплен цилиндрический уровень 13, перемещающийся вместе с алидадой в вертикальной плоскости при помощи винта 18.

Учитывая специфику производства маркшейдерских съемок по наклонным и крутым выработкам, к конструкциям горных теодолитов предъявляются дополнительные требования. Для этих целей изготавливаются приспособления, позволяющие измерять горизонтальные и вертикальные углы.

Теодолит ТГ5 для указанной цели имеет в своем комплекте дополнительную внецентренную трубу ЭТ-5 (рис. IV.8), которая может быть установлена вместо центральной трубы в лагеры подставки при измерении горизонтальных и вертикальных углов в крутых выработках. Внецентренная труба жестко соединена с осью вращения трубы, на противоположном конце которой укреплен лимб вертикального круга. На коническую часть оси трубы своей втулкой свободно надета алидада с двумя верньерами и цилиндрическим уровнем при ней. Внецентренная труба, вынесенная за кожух горизонтального круга, позволяет измерять углы в крутых выработках.

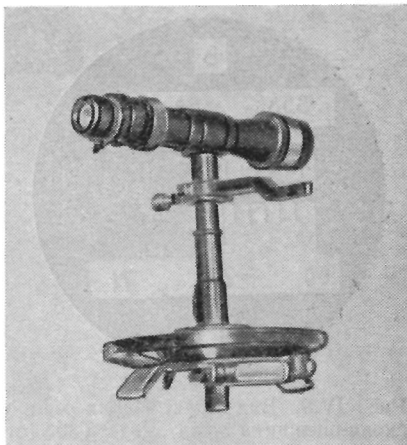


Рис. IV.8. Внецентренная труба к теодолиту ТГ5

Для контроля горизонтальности оси вращения трубы при измерении горизонтальных углов в крутых выработках горные теодолиты снабжаются накладным уровнем 14 (см. рис. IV.7), устанавливаемым на шейки оси вращения трубы. Следует иметь в виду, что при пользовании накладным уровнем должны быть соблюдены следующие условия: ось уровня и горизонтальная ось вращения трубы должны быть параллельны друг другу и находиться в одной вертикальной плоскости. Проверка данного условия изложена ниже.

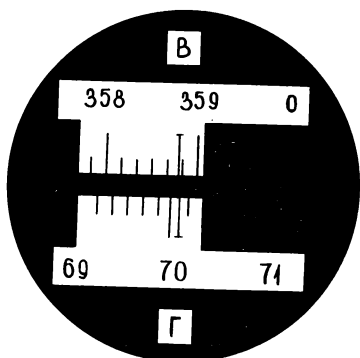


Рис. IV.9. Вид поля зрения микроскопа-оценщика теодолита Т30 (отсчет по горизонтальному кругу $70^{\circ} 05'$, отсчет по вертикальному кругу $358^{\circ} 48'$)

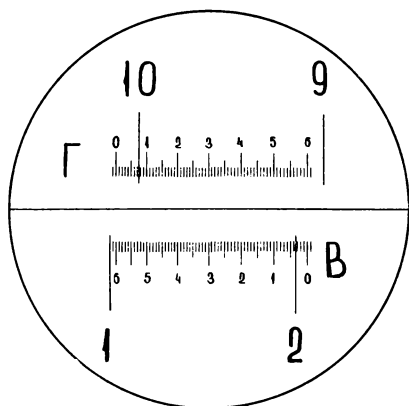


Рис. IV.10. Вид поля зрения отсчетного микроскопа теодолита ОМТ30 (отсчет по горизонтальному кругу $10^{\circ} 07' 30''$, отсчет по вертикальному кругу $2^{\circ} 03' 30''$)

Теодолит ТГ5 в зависимости от условий прокладки теодолитного хода может быть установлен на штативе, консоли или на переносной раздвижной стойке.

Устройство оптических горных теодолитов. В настоящее время в маркшейдерской практике все более широко начинают использовать оптические теодолиты. Применение оптических приборов позволяет автоматизировать центрирование теодолита, повысить точность измерения углов и снизить трудоемкость угловых измерений.

На вооружении маркшейдерской службы из отечественных теодолитов находятся следующие типы инструментов.

Теодолит Т30 — повторительного типа, технической точности. Он имеет микроскоп-оценщик (рис. IV.9). Теодолит снабжен круглой ориентир-буссолью, зрительной трубой с оптическим визиром. Алидадная ось инструмента — полая, что обеспечивает центрирование инструмента над точкой. Теодолиты выпускаются Уральским оптико-механическим заводом (УОМЗ).

Теодолит ОМТ30 — повторительного типа, технической точности. Он имеет односторонний шкаловый микроскоп (рис. IV.10), компенсатор места нуля вертикального круга, что позволяет использовать его в качестве нивелира. Теодолиты выпускались Харьковским заводом маркшейдерских инструментов (ХЗМИ).

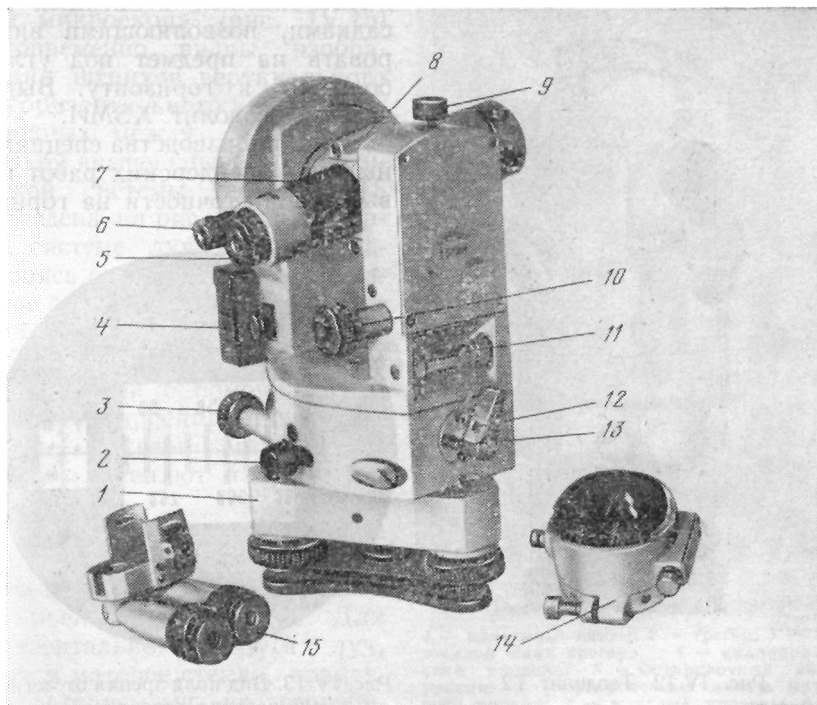


Рис. IV.11. Теодолит Т30М:

1 — подставка теодолита; 2 — зажимной винт горизонтального круга; 3 — наводящий винт горизонтального круга; 4 — осветительное устройство; 5 — диоптрийное кольцо; 6 — окуляр микроскопа; 7 — кольцо для фокусирования зрительной трубы; 8 — оптический визир; 9 — зажимной винт зрительной трубы; 10 — наводящий винт вертикального круга; 11 — уровень; 12 — рычаг скрепления горизонтального круга с алидадой; 13 — фиксатор; 14 — зенитная (призмная) насадка; 15 — коленчатый окуляр

Теодолит Т30М (рис. IV.11) повторительного типа предназначен для маркшейдерских работ в подземных условиях. Конструкция вертикальной оси вращения и реверсивный уровень позволяют устанавливать теодолит на консоли трубой вниз так же надежно, как и на штативе. Подставка приспособлена для работы по трехштативной системе и для работы прибора в перевернутом состоянии. Теодолит удобен в работе, так как, не сходя с места, наблюдатель может визировать зрительной трубой, снимать от-

счеты по горизонтальному и вертикальному кругам, наблюдать за установкой уровня, а также вести управление прибором. Теодолит имеет полую вертикальную ось, что позволяет центрировать над точкой с помощью зрительной трубы. Для центрирования под точкой применяется коленчатый окуляр. Для подсвечивания отсчетной системы в шахтных условиях теодолит имеет

осветительное устройство. Теодолит снабжен зенитными насадками, позволяющими визирировать на предмет под углом более 45° к горизонту. Выпускается теодолит ХЗМИ.

Для производства специальных маркшейдерских работ повышенной точности на горных

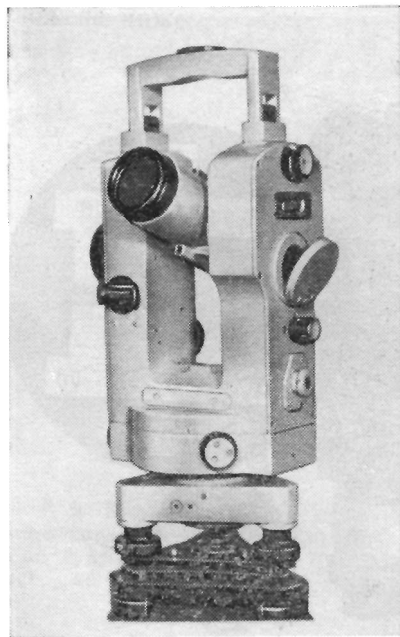


Рис. IV.12. Теодолит Т2

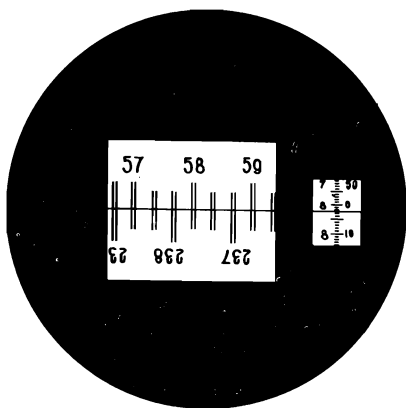


Рис. IV.13. Вид поля зрения отсчетного микроскопа теодолита Т2

предприятиях применяются серийно выпускаемые оптические теодолиты Т2 и Т5 (Т5К).

Теодолит Т2 (рис. IV.12) — точный, с поворотным лимбом и двусторонним клиновым оптическим микрометром. Поле зрения отсчетного микроскопа показано на рис. IV.13. Теодолит Т2 может быть снабжен оптическим двусторонним отвесом ОДО для центрирования штатива с треножником под или над точкой.

Теодолит Т5 (Т5К) (рис. IV.14) относится к неповторительным оптическим шкаловым теодолитам с цилиндрической вертикальной осью. Зрительную трубу фокусируют на предмет кремальерой, изображение которого проецируется на плоскость сетки. Вращением диоптрийного кольца окуляр зрительной трубы устанавливают по глазу наблюдателя до резкой видимости штрихов сетки. Труба через зенит переводится обоими концами, на которой

установлены оптические визиры. Точное наведение зрительной трубы на предмет осуществляется наводящими винтами в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Соосно с ними установлены зажимные винты. В теодолите Т5 система отсчитывания односторонняя. Отсчет снимают по шкаловому микроскопу, расположенному рядом с окуляром зрительной трубы. В поле зрения микроскопа (рис. IV.15) одновременно видны изображения штрихов вертикального и горизонтального кругов, разделенных между собой перемычкой диафрагмы. Схема оптической системы теодолита Т5 приведена на рис. IV.16. В первой системе луч света, отразившись от зеркала, через матовое стекло и призмы освещает деления, нанесенные на вертикальном круге. Изображение этих делений с помощью линз объектива проецируется в плоскость шкалы микроскопа. Призмы изменяют направление хода луча.

Изображения штрихов круга и шкалы рассматриваются с помощью микроскопа, состоящего из объектива и окуляра. Для горизонтального круга луч, пройдя матовое стекло, направляется призмами на горизонтальный круг. Изображение штрихов горизонтального круга с помощью призмы и линз проецируется в плоскость шкалы микроскопа.

Компенсатором в теодолите Т5 служит прямоугольная призма, подвешенная на плоской пружине, прикрепленной к подставке инструмента. При наклоне основной оси теодолита до $\pm 3'$ призма под действием силы тяжести меняет свое положение и этим самым смещает изображение штрихов вертикального круга так, что они оказываются соответствующими отвесному положению основной оси теодолита. Устройство такого компенсатора позволяет с достаточной точностью устанавливать визирную ось теодолита Т5 в гори-

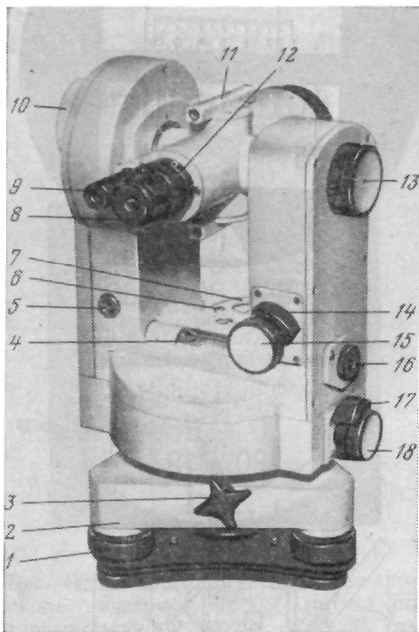


Рис. IV.14. Теодолит Т5:

1 — подъемные винты; 2 — трегер; 3 — зажимной винт трегера; 4 — цилиндрический уровень; 5 — юстировочный винт уровня; 6 — юстировочные винты круглого уровня; 7 — круглый уровень; 8 — диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 9 — диоптрийное кольцо окуляра микроскопа; 10 — крышка; 11 — оптический визир; 12 — юстировочные винты сетки; 13 — кремальера; 14 — зажимной винт зрительной трубы; 15 — наводящий винт зрительной трубы; 16 — окуляр с окулярным коленом оптического отвеса; 17 — зажимной винт алидады горизонтального круга; 18 — наводящий винт алидады горизонтального круга

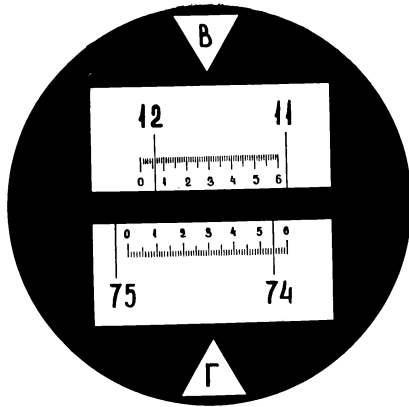


Рис. IV.15. Вид поля зрения отсчетного микроскопа теодолита Т5(Т5К) (отсчет по горизонтальному кругу $74^{\circ} 55' 0$, отсчет по вертикальному кругу $12^{\circ} 06' 2$)

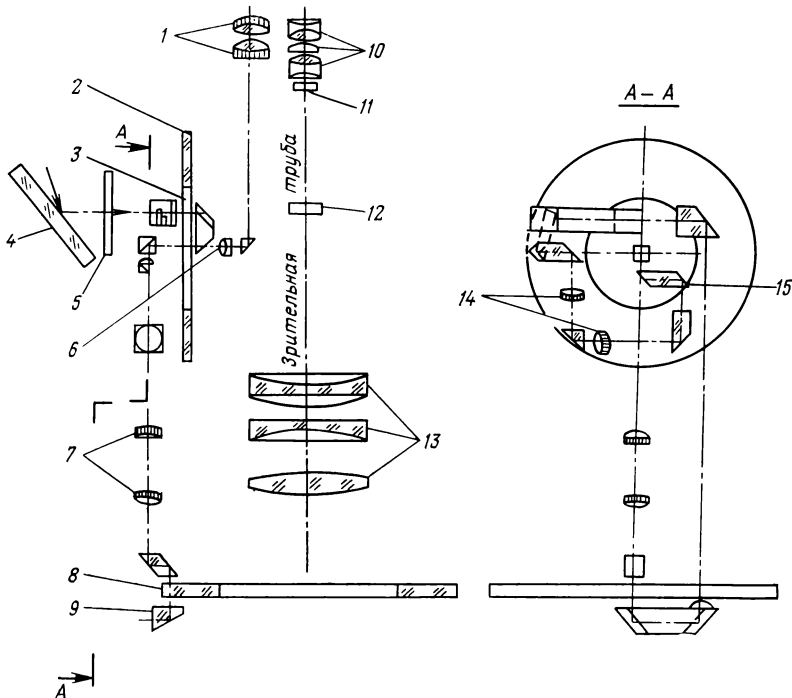


Рис. IV.16. Схема оптической системы теодолита Т5(Т5К):

1 — линзы окуляра; 2 — вертикальный круг; 3 — призма; 4 — зеркало; 5 — матовое стекло; 6 — объектив микроскопа; 7 — линзы объектива микроскопа горизонтального круга; 8 — горизонтальный круг; 9 — призма; 10 — окуляр зрительной трубы; 11 — сетка; 12 — фокусирующая линза; 13 — объектив зрительной трубы; 14 — линзы объектива микроскопа вертикального круга; 15 — призма со шкалой микроскопа

зонтальное положение и, следовательно, работать им как нивелиром.

На горных предприятиях также применяются зарубежные оптические теодолиты, которые можно использовать для подземных работ, в том числе и теодолиты Народного предприятия «Карл Цейсс» (ГДР).

Теодолит Theo010 — точный, с поворотным лимбом, зеркально-линзовой трубой и двусторонним клиновым оптическим микрометром. Он имеет отделяющийся трегер и оптический отвес.

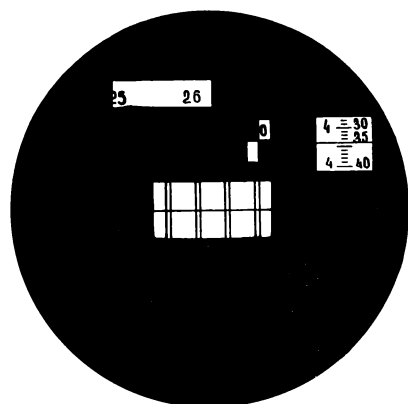


Рис. IV.17. Вид поля зрения отсчетного микроскопа Theo010 (отсчет $26^{\circ} 04' 36''$)

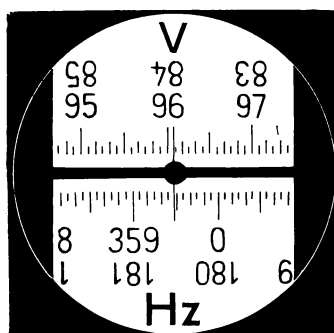


Рис. IV.18. Вид поля зрения микроскопа теодолита Theo080 (отсчет по горизонтальному кругу $359^{\circ} 28'$, отсчет по вертикальному кругу $96^{\circ} 04'$)

Теодолит Theo010А является модернизированной моделью теодолита Theo010. Он имеет оптико-механический компенсатор при вертикальном круге и обычную зрительную трубу с призмной системой для получения прямого изображения.

На рис. IV.17 приведено поле зрения отсчетного микроскопа Theo010.

Малогабаритный теодолит Theo080 — оптический, технической точности, повторительный инструмент. Отсчеты измеряемых углов производятся по микроскопу-оценщику (рис. IV.18) по одной стороне лимбов горизонтального и вертикального кругов. Трегер отделяется от верхней части теодолита, что позволяет осуществлять съемку трехштативным способом. Деления лимбов имеют двойную оцифровку, одна из них используется при обычной установке теодолита, другая — при подвешенном положении на консолях.

Теодолит ТЕ-D4, выпускаемый заводом МОМ (ВНР), — оптический, технической точности прибор. Он имеет односторонний шкаловый микроскоп, оптический компенсатор места нуля

вертикального круга. Трегер снимается, что позволяет производить съемку трехштативным способом.

Поверки горных теодолитов. Горные теодолиты, как и все геодезические инструменты, необходимо периодически поверять.

Теодолиты с металлическими лимбами должны удовлетворять соответствующим геометрическим и оптико-механическим условиям. Для этих целей должны быть выполнены следующие поверки.

Первая поверка. Определение наличия эксцентриситета алидады горизонтального и вертикального кругов. В этих целях необходимо как можно точнее совместить нуль лимба с нулем алидады по первым верньерам на горизонтальном и вертикальном кругах, а затем взять отсчеты по вторым верньерам. Если разность отсчетов не равняется 180° , то в направлении линии $0-180^\circ$ имеет место эксцентриситет алидады. Таким же образом следует произвести исследование эксцентриситета алидады на обоих кругах и в других направлениях через каждые 30° . Если отсчеты на некоторых участках лимба нельзя взять с установленной точностью для данного теодолита, то это свидетельствует о несовпадении плоскостей лимба и алидады и неисправности инструмента.

Аналогичные поверки надлежит провести и с вертикальным кругом, находящимся при эксцентренной трубе.

Погрешностей от наличия эксцентриситета всегда можно избежать, если брать среднее значение из отсчетов по двум верньерам.

Вторая поверка. Ось накладного уровня и горизонтальная ось вращения трубы должны быть параллельны друг другу и находиться в одной вертикальной плоскости. Параллельность указанных осей поверяется следующим образом: накладной уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов, пузырек приводят на середину. Затем уровень переставляют на 180° . Если после перестановки уровня пузырек сместится с середины, то половину отклонения устраняют вертикальными исправительными винтами уровня, а вторую половину — подъемными винтами теодолита. Положение оси уровня и горизонтальной оси вращения трубы теодолита в одной плоскости поверяется так: после установки накладного уровня по направлению двух подъемных винтов пузырек приводят на середину, после чего уровень осторожно покачивают вперед и назад. Если пузырек уровня при его покачивании отклоняется в разные стороны, то ось уровня и горизонтальная ось вращения трубы не находятся в одной плоскости. Для устранения этой неисправности пользуются боковыми исправительными винтами уровня. Если при покачивании уровня в разные стороны пузырек отклоняется только в одну сторону, это говорит о том, что ось уровня не параллельна горизонтальной оси вращения трубы, но находится с ней

в одной плоскости. Исправление данной погрешности описано выше.

Третья поверка. Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Для поверки этого условия выверенный накладной уровень устанавливают на ось вращения трубы параллельно двум подъемным винтам трегера, вращая инструмент вокруг оси алидады или лимба. Действуя подъемными винтами, пузырек уровня приводят на середину, затем алидаду поворачивают на 180° , отсчеты берут по краям пузырька уровня и вычисляют их среднее значение. Если окажется, что пузырек уровня сместится больше, чем на одно деление, необходимо, действуя исправительными винтами разрезной подставки трубы, отклонить уровень в сторону нуль-пункта на половину смещения пузырька. Затем с помощью подъемных винтов трегера уровень перемещают в том же направлении и устанавливают на нуль-пункт. В результате нескольких операций добиваются такой юстировки оси вращения трубы, при которой при ее вращении вокруг оси алидады или лимба смещение середины пузырька уровня от нуль-пункта будет не более 0,5 деления уровня.

Четвертая поверка. Оси установочных уровней должны быть перпендикулярны вертикальной оси теодолита. Пользуясь уже выверенным накладным уровнем, ось вращения теодолита приводят в вертикальное положение. Затем исправительными винтами установочных уровней их пузырьки приводят на середину.

Пятая поверка. Отметка центра на трубе должна находиться на вертикальной оси вращения теодолита. Для поверки данного условия теодолит устанавливают под центрировочным отвесом так, чтобы острый отвес находился на расстоянии не более 0,5 мм от центра (по высоте и в плане). При этом вертикальная ось вращения инструмента должна быть приведена в вертикальное, а труба в горизонтальное положение. Затем, вращая теодолит вокруг его вертикальной оси, следят, насколько отмеченный на трубе центр удаляется от острия отвеса. Если отклонение превышает 1 мм, то необходимо отметить новый центр, а старый заделать краской. Эту поверку производят также и для эксцентричной трубы, однако центр в данном случае отмечают на оси вращения ее.

Шестая поверка. Вертикальная нить сетки должна быть вертикальна. Эту поверку начинают с установки сетки нитей на резкость, для чего трубу наводят на светлый фон и вращением оправы окуляра добиваются хорошей видимости сетки.

Поверку вертикальности вертикальной нити сетки производят посредством визирования на шнур отвеса, подвешенного на расстоянии 5 м от теодолита. Если зазор между изображением шнура и биссектором одинаковый, то условие выполнено. В про-

тивном случае, сняв предохранительный колпачок с окулярного патрубку, отпускают юстировочные винты и поворачивают патрубок сетки нитей до тех пор, пока биссектор не займет положение, параллельное шнуру отвеса.

Седьмая поверка. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси ее вращения (определение коллимационной погрешности). Для определения коллимационной погрешности визируют при положении трубы, близком к горизонтальному, на какую-либо точку при двух положениях вертикального круга и вычисляют средний отсчет, свободный от коллимационной погрешности.

$$N = \frac{1}{2}(KЛ + КП \pm 180^\circ); \quad c = \frac{1}{2}(KЛ - КП \pm 180^\circ), \quad (IV.1)$$

где $KЛ$ и $KП$ — отсчеты по горизонтальному кругу, соответствующие выбранному направлению при круге слева и круге справа.

Коллимационную погрешность рекомендуется исправлять в тех случаях, когда $c \geq 2t$, где t — точность отсчитывания по верньерам. Чтобы исправить коллимационную погрешность, необходимо вычислить правильные отсчеты $KЛ$ и $KП$. Для этого необходимо прибавить величину c к отсчету $KП$ или отнять ее от отсчета $KЛ$ (для центральной трубы исправленные отсчеты должны отличаться один от другого на 180° и $KЛ$ должен быть численно равен среднему отсчету N). Затем, действуя наводящим винтом, устанавливают алидаду на вычисленный отсчет. После снятия защитного колпачка посредством боковых исправительных винтов сетки нитей изображение точки наведения выводят в биссектор сетки. После исправления необходимо повторить шестую и седьмую поверки.

Определение и исправление коллимационной погрешности внецентральной трубы может быть произведено так же, как и для центральной трубы, однако точка наведения при этом должна быть удалена от теодолита не менее чем на 2 км. Если такой точки найти нельзя, то надо на листе белой бумаги отметить две точки на расстоянии, равном двойному эксцентриситету поверяемой трубы. Далее, укрепив лист на стене, установить на расстоянии не менее 10 м от нее теодолит с внецентральной трубой так, чтобы перпендикуляр, опущенный из центра теодолита на лист, проходил через середину расстояния между точками, отмеченными на листе. Затем, визируя при $KП$ на левую точку взять отсчет $KП$ по горизонтальному кругу, перевести трубу через зенит и визируя при $KЛ$ на правую точку взять отсчет $KЛ$. Пользуясь формулами, указанными в седьмой поверке, вычислить средний отсчет и величину коллимационной погрешности.

Восьмая поверка. Ось уровня при трубе должна быть параллельна визирной оси трубы. Для проверки данного условия на расстоянии 50 м от теодолита необходимо установить нивелирную рейку, визируя

на нее при KL , устанавливая наводящим винтом трубы пузырек уровня на середину, и взять по рейке отсчет a . Затем перевести трубу через зенит, повторить визирование на рейку при $KП$ и взять отсчет b . Взяв среднее из отсчетов $a_0 = \frac{a+b}{2}$, с помощью наводящих винтов трубы совместить среднюю горизонтальную нить с отсчетом по рейке a_0 , а исправительным винтом уровня при трубе вывести пузырек его на середину.

Девятая поверка. Ось уровня при вертикальном круге должна быть параллельна направлению $0-180^\circ$ алидады вертикального круга. По выверенному уровню при трубе приводят ее в горизонтальное положение и, действуя винтом алидады вертикального круга, устанавливают на его алидаде отсчет, равный нулю. Далее исправительным винтом уровня при алидаде вертикального круга устанавливают пузырек уровня на середину.

Если в теодолите нет уровня при трубе, то определяют место нуля (MO) посредством измерения угла наклона визирного луча на одну и ту же точку при двух положениях трубы. При этом отсчеты по вертикальному кругу производят после приведения винтом при алидаде вертикального круга пузырька уровня на середину.

$$MO = \frac{KП + KL}{2} \pm 180^\circ. \quad (IV.2)$$

где $KП$ и KL — отсчеты по вертикальному кругу при положениях трубы «круг справа» и «круг слева».

Если MO окажется больше двойной точности отсчитывания по вертикальному кругу, то рекомендуется исправлять место нуля. Для этого угол наклона вычисляют по формуле

$$v = \frac{KП - KL}{2} \pm 180^\circ. \quad (IV.3)$$

Затем после проверки правильности наведения трубы на точку визирования с помощью винта при алидаде вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий углу наклона v , приводят исправительным винтом пузырек уровня при алидаде вертикального круга на середину.

Поверки оптических теодолитов. Оптические теодолиты должны удовлетворять тем же геометрическим условиям, что и теодолиты с металлическим лимбом. Кроме того, у них дополнительно поверяются круглый уровень, компенсатор, оптический отвес и визир.

Если при проверке оптического теодолита будет установлено, что ось вращения зрительной трубы не перпендикулярна основной оси вращения инструмента, то в этом случае необходимое исправление производится в соответствующей мастерской.

Первая поверка. Ось круглого уровня на алидаде должна быть параллельна основной оси вращения теодолита.

Юстировка круглого уровня производится тремя винтами 6 (см. рис. IV.14) после точной установки вертикальной оси теодолита по выверенному цилиндрическому уровню.

Вторая поверка. Компенсатор должен обеспечивать неизменным отсчет по вертикальному кругу при наклоне вертикальной оси в пределах $\pm 3'$. Для проверки этого условия выбирают отчетливо видимую точку A и ставят теодолит на штативе так, чтобы один из подъемных винтов трегера был расположен в направлении этой точки. Пузырек выверенного цилиндрического уровня приводят в среднее положение, чтобы основная ось теодолита была вертикальна. Теодолит наклоняют в сторону точки A подъемным винтом трегера, расположенным в направлении точки A , на $2-3'$, т. е. на $4-5$ делений уровня. После этого проверяют правильность установки теодолита по двум другим подъемным винтам.

При наклонном положении теодолита вновь визируют на точку A и производят отсчет по вертикальному кругу. То же самое надо выполнить при наклоне инструмента на $2-3'$ (на $4-5$ делений уровня) в обратном направлении, т. е. в сторону наблюдателя.

Разность между отсчетами, полученными при наклоне инструмента в двух противоположных направлениях, не должна превышать $0',1$.

Третья поверка. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с осью вращения теодолита. Теодолит устанавливают в рабочее положение, центрируют его по оптическому отвесу (центриру), затем поворачивают алидаду вокруг основной оси теодолита. Если оптический отвес установлен правильно, то центр сетки при вращении алидады не должен смещаться с точки. Юстировку можно осуществить смещением окулярной части отвеса. Для этого необходимо снять крышку оптического отвеса, под которой расположены два винта. Опустив эти винты, можно передвинуть окулярную часть до совмещения визирной оси отвеса с осью вращения теодолита.

Четвертая поверка. Ось оптического визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Для проверки этого условия зрительную трубу визируют на какую-либо точку A и производят отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита (соответственно N_1 и M_1). После этого ту же точку A наблюдают через визир и производят отсчеты по тем же кругам N_2 и M_2 . Если разности соответствующих отсчетов $N_1 - N_2 = M_1 - M_2 \leq 30'$, то поверяемое условие выполнено. В противном случае для исправления визира его перемещают в горизонтальной плоскости на соответствующий угол, пользуясь винтами, скрепляющими визир с корпусом зрительной трубы.

В настоящее время наряду с оптическими теодолитами начинают применяться лазерные теодолиты. Применение в новых конструкциях теодолитов оптических квантовых генераторов (ОКГ) позволяет создавать пучок лазерного излучения, имеющего острую направленность, высокую спектральную плотность мощности и большую дальность распространения.

Применение лазерных теодолитов позволяет расширить функции обычных теодолитов, снизить трудоемкость работ и повысить эффективность и точность маркшейдерских работ при выносе проекта в натуру. Визуально видимый лазерный луч может использоваться как опорная линия для задания направления выработке в горизонтальной и вертикальной плоскостях, непрерывного контроля ее проведения и крепления, съемки подробностей и сечений выработок, настилки рельсовых путей и конвейерных линий, проверки геометрической схемы подъемной установки и решения многих других задач. При этом обеспечивается более удобное и быстрое наведение лазерного луча на визируемый предмет.

Лазерный теодолит представляет собой инструмент, в котором параллельно визирной оси зрительной трубы или вдоль нее направлен пучок лазерного излучения. Этому излучению в пространстве можно придавать необходимую ориентировку.

Т а б л и ц а IV.3

Техническая характеристика	Теодолиты с излучателями, перекладываемыми в лагерах			Теодолиты с излучателями, не переводимыми через зенит		
	ЛТ75	ЛТ56	КР4	КР1	ЛТ-3	LG-68
Диаметр лазерного пучка при выходе из коллиматора, мм	60	34	—	8	16	9 (16)
Предельные углы наклона лазерной трубы, градус	± 30	± 30	± 30	± 30	± 30	± 30
Точность отсчитывания по горизонтальному кругу, с	± 2	30	0,1 ^c	0,1 ^c	—	—
Напряжение, В	200	110, 127, 220, 12	220, 24	24	220, 12	Сухие батареи
Частота, Гц	50	50	50	—	50	—
Потребляемая мощность, Вт	200	60	—	—	—	12
Срок службы ОКГ, ч	1000	1000	—	—	—	—
Масса прибора с блоком питания, кг	56	10	15	14	14	10
Мощность излучения, мВт	30	2	3	3	5	1
Увеличение зрительной трубы, крат	24	18	—	—	10	20
Дальность действия пучка, м	—	500	1000	—	2000	—

Из отечественных лазерных теодолитов, изготовленных в опытно-промышленных партиях, известны ЛТ75 и ЛТ56.

В лазерном теодолите ЛТ75, созданном на базе теодолита ТТ2"/6", зрительная труба заменена оптическим квантовым генератором. Лагеры позволяют переключать лазерную трубу и производить измерения при двух положениях круга. Лазерная

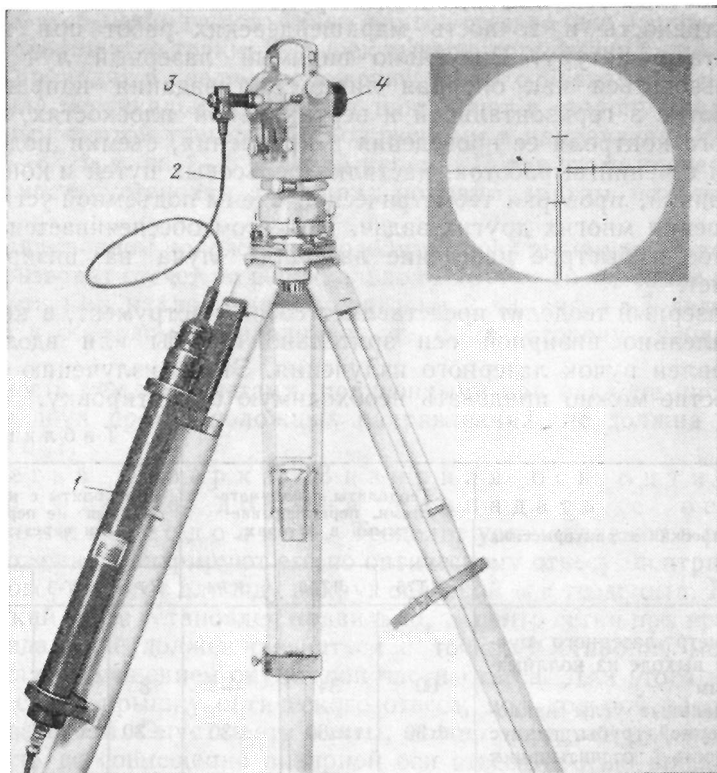


Рис. IV.19. Теодолит Т2 фирмы «Вильд» с лазерной насадкой GLO2:

1 — лазер; 2 — гибкий световод; 3 — окулярная трубка; 4 — противовес, закрепляемый на объективе зрительной трубы

труба, если в ней нет необходимости, может быть заменена зрительной трубой от теодолита ТТ2"/6".

Опытный образец лазерного теодолита ЛТ56 сконструирован на базе горного теодолита ТГ1 и оптического квантового генератора ЛГ56, который может переключаться в лагерах. В нем также предусмотрена возможность замены излучателя зрительной трубой. Для проверки геометрических условий в лазерных теодолитах (для построения с необходимой точностью углов и направ-

лений) предусмотрены исправительные винты, обеспечивающие юстировку положения лазерной трубы.

Из лазерных теодолитов, выпускаемых зарубежными странами, известны КР1 и КР4 (ПНР), LT-3 (США), LG-68 (ФРГ). Основные технические характеристики лазерных теодолитов приведены в табл. IV.3.

В последние годы в маркшейдерской практике начинают использоваться лазерные насадки, которые конструируются в виде съемных устройств и могут устанавливаться на теодолиты нормальных конструкций. Например, с теодолитами «Wild» T1A, T16, T2 используется лазерная насадка «Wild-GLO2» (рис. IV.19). Швейцарская фирма «Керн» выпускает лазерный теодолит с насадкой DKM2-A (рис. IV.20). Отечественная лазерная насадка ЛНОТ-02 предназначена для эксплуатации совместно с теодолитом ОТ-02. При этом луч лазерной насадки проходит над визирной осью трубы теодолита на высоте 10 см. При прохождении лучом расстояния 30 м его световое пятно попадает в поле зрения трубы. С помощью регулировочных винтов насадки центр светового пятна можно ввести в биссектор сетки нитей. На расстоянии 500—700 м от точки стояния инструмента до объекта изображение светового пятна на нем оказывается в пределах креста сетки нитей.

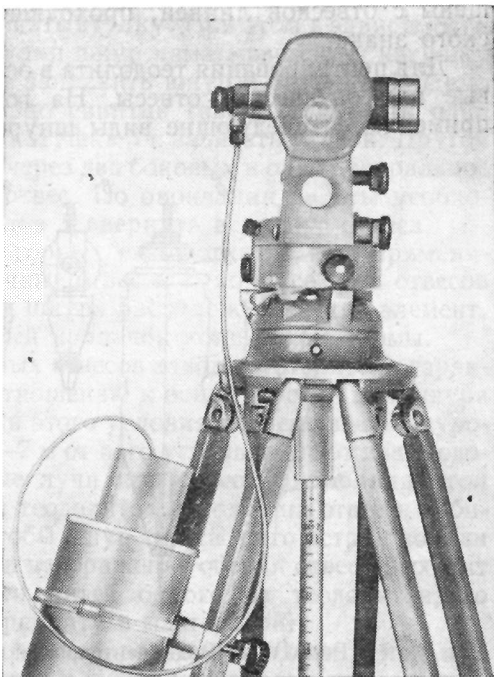


Рис. IV.20. Теодолит фирмы «Керн» с лазерной насадкой DKM2-A

§ 12. Центрирование теодолитов и сигналов

При прокладке теодолитного хода в горных выработках перед началом измерений угловых и линейных величин необходимо в каждой точке установить теодолит в рабочее положение, т. е. произвести центрирование, нивелирование и фокусирование зри-

тельной трубы для визирования по глазу наблюдателя. На точках визирования подвешиваются шнуровые отвесы или устанавливаются сигналы (визирные марки).

Под центрированием понимается точная установка теодолита или сигналов в такое положение, когда их вертикальные оси совмещены с отвесной линией, проходящей через центр маркшейдерского знака.

Для центрирования теодолита в основном используются шнуровые или оптические отвесы. На горных предприятиях обычно применяются следующие виды шнуровых отвесов.

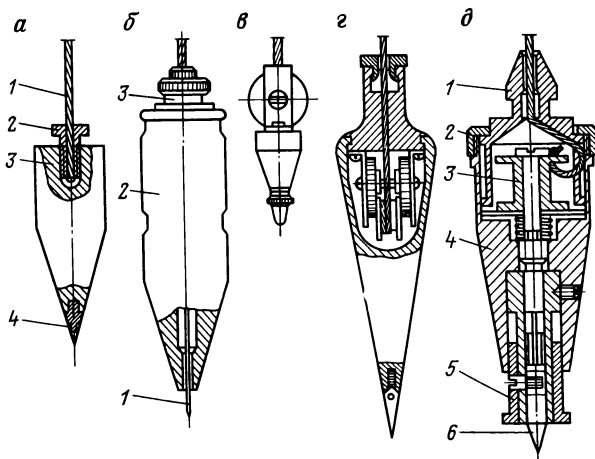


Рис. IV.21. Виды центрировочных шнуровых отвесов

Простой центрировочный отвес (рис. IV.21, а) представляет собой металлический корпус 3, заточенный в нижней части. Конус заканчивается стальным наконечником 4. Отвес подвешивается на шнуре 1, который закрепляется в отверстии металлической пробки 2, ввинчивающейся в верхнюю часть корпуса отвеса. Конструкция отвеса предусматривает, чтобы шнур и острие стального наконечника находились на одной вертикальной линии.

Отвес с подвижной иглой (рис. IV.21, б) — отвес Ф. Ф. Павлова отличается от простого отвеса тем, что игла 1 может выдвигаться или убираться в корпус отвеса 2 при вращении головки 3.

Регулируемые отвесы с наружным (рис. IV.21, в) и внутренним (рис. IV.21, г) блоками. У этих конструкций отвесов шнур наматывается на блок при его вращении. Верхняя часть шнура, закрепленная в центре маркшейдерского знака, остается неподвижной. Наиболее удобными в работе являются регулируемые отвесы типа ОР-2 (рис. IV.21, д), выпу-

скаемые в настоящее время нашей промышленностью. Эти отвесы позволяют наиболее быстро устанавливать центрировочную иглу 6 на необходимой высоте, так как путем нажатия на верхнюю часть втулки 1 можно свободно разматывать шнур отвеса на требуемое расстояние. Для того чтобы поднять или опустить отвес на незначительную величину, необходимо одной рукой придерживать корпус отвеса 4, а другой вращать втулку. При этом в зависимости от направления вращения втулки шнур наматывается на катушку или сматывается с нее. Чтобы заправить шнур в отвес необходимо вынуть втулку, предварительно свинтив гайку 2, продеть один конец шнура в прорезь бурта катушки 3 и завязать узелок. Другой конец шнура следует продеть через два боковых и одно центральное отверстие втулки и собрать отвес. По окончании работы необходимо иглу при помощи поводка 5 вернуть в корпус отвеса.

При съемке в подземных горных выработках также применяются светящиеся центрировочные отвесы. В корпусе этих отвесов кроме механизма для намотки шнура расположены сухой элемент, электролампочка и прозрачный колпачок конической формы.

При изготовлении шнуровых отвесов завод-изготовитель гарантирует отклонение иглы по отношению к оси отверстия для шнура не более 0,5 мм. Для проверки этого условия подвешивают шнуровой отвес, а на расстоянии 5—7 м от него устанавливают два теодолита так, чтобы их визирные лучи при отвесе составляли угол около 90° . Зрительные трубы теодолитов наводят на отвес и добиваются такого положения, чтобы шнур отвеса и его острие попали в биссектор сетки нитей. Если изображение острия отвеса выходит за пределы биссектора сетки нитей одного из теодолитов, то поверяемый отвес подлежит ремонту в мастерской.

Шнуровые отвесы помимо центрирования теодолита над или под центром знака применяются в качестве сигналов при измерении углов в горных выработках, а также при задании направления горным выработкам.

В современных конструкциях теодолитов и сигналов для их более точного центрирования предусмотрены оптические отвесы и оптические центриры. Отвесы такой конструкции вмонтированы в инструменты. Центриры представляют собой самостоятельные съемные приборы. Оптические отвесы и центриры могут быть односторонними и двусторонними. Односторонние оптические отвесы позволяют производить центрирование вертикального луча визирования только вверх или вниз, а двусторонние — и вверх и вниз. На рис. IV.22 приведена схема оптического отвеса для центрирования над маркшейдерским знаком. Переводя трубу через зенит, можно центрировать теодолит и под маркшейдерским знаком.

В маркшейдерской практике при прокладке теодолитных ходов как на поверхности, так и в шахте (в выработках с интенсивным движением струи воздуха) иногда применяется жесткий отвес. Он представляет собой телескопическую штангу, состоящую из двух

раздвижных металлических трубок. На нижней трубке прикреплен круглый уровень с ценой деления, равной $10'$. На выдвинутой трубке нанесены сантиметровые деления, с помощью которых можно определить высоту инструмента. Применение жесткого отвеса позволяет центрировать теодолит над центром знака с точностью $\pm 0,5$ мм. Жесткий отвес не нашел широкого применения при съемке в горных выработках, так как маркшейдерские знаки в большинстве случаев закладываются в кровле выработки, а жесткий отвес предназначен для центрирования инструмента только над точкой.

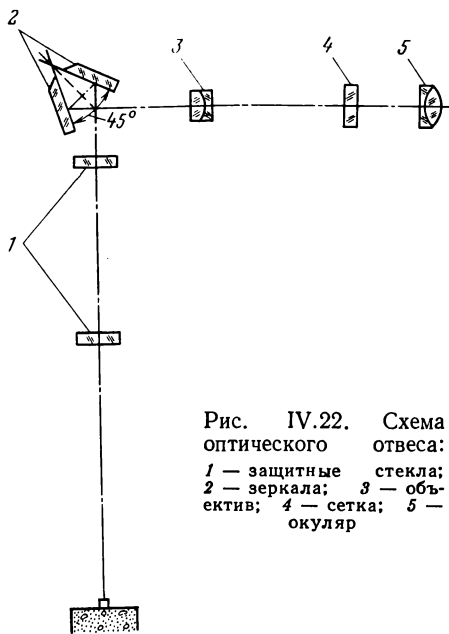


Рис. IV.22. Схема оптического отвеса:
 1 — защитные стекла;
 2 — зеркала; 3 — объектив;
 4 — сетка; 5 — окуляр

При прокладке теодолитных ходов в горных выработках теодолит, дисковые сигналы и визирные марки могут устанавливаться на штативе, консоли или распорной стойке.

В маркшейдерской практике наиболее часто теодолит устанавливается на штативе, но при прокладке теодолитных ходов по крутым выработкам и выработкам с интенсивным движением подземного транспорта его применение неудобно. В этих случаях применяют консоли различных конструкций.

При теодолитных съемках находят применение выпускаемые ранее Харьковским заводом маркшейдерских инструментов теодолитно-консольные комплекты ТК-1 и ТК-5.

Комплект ТК-1 (рис. IV.23) состоит из пяти консолей, пяти подставок, двух центриков (вкладышей) для центрирования под точкой, трех круглых уровней, одного шнурового отвеса и двух рукояток для завинчивания консолей в деревянные стойки или пробки, закрепленные в шпурах.

Комплект консолей ТК-5 (рис. IV.24) рассчитан на применение его в горных выработках, закрепленных деревянной, металлической или железобетонной крепью. Комплект ТК-5 позволяет производить автоматическое центрирование теодолитов ТГ5 и ОМТ30 и может быть приспособлен для оптических теодолитов Т5, Theo020, ТЕ-Д4 путем замены платформы.

Кроме консолей, входящих в комплекты ТК-1 и ТК-5, существуют другие типы консолей, например универсальная консоль, которая имеет обхватное устройство для крепления ее к стойкам

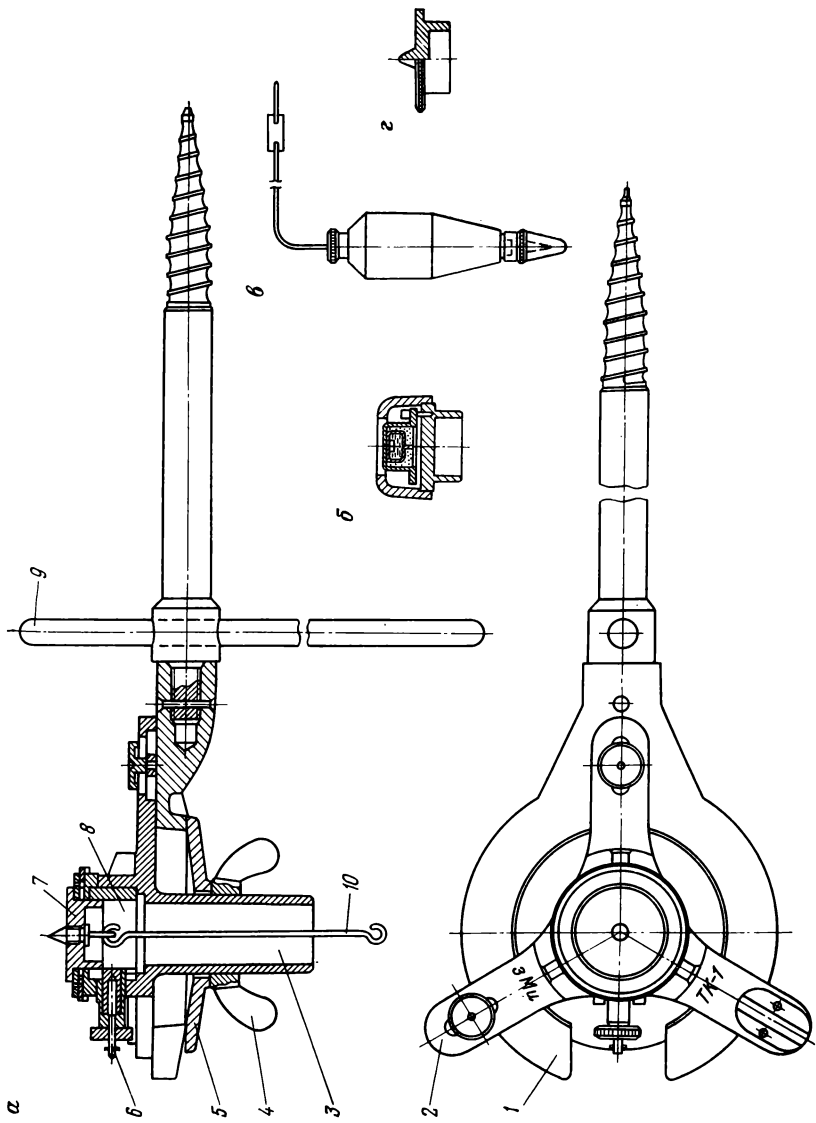


Рис. IV.23. Гео-
долитно-консоль-
ный комплект
ТК-1:

- а — консоль; б — круглый уровень; в — шуруровой отвес; г — центр; 1 — пята консоли; 2 — трехлопастная пластина; 3 — пустотелый цилиндр; 4 — гайка; 5 — шайба; 6 — винт с пружиной; 7 — центр; 8 — втулка; 9 — рукоятка для завинчивания консоли; 10 — поводок

деревянной, металлической или железобетонной крепи. Этот тип консолей удобен для центрирования теодолита над и под маркшейдерским знаком, так как платформу консоли можно перемещать в значительных пределах. Они применяются в случаях, когда предусматриваются установка промежуточных точек или примыкание к ранее закрепленным маркшейдерским пунктам.

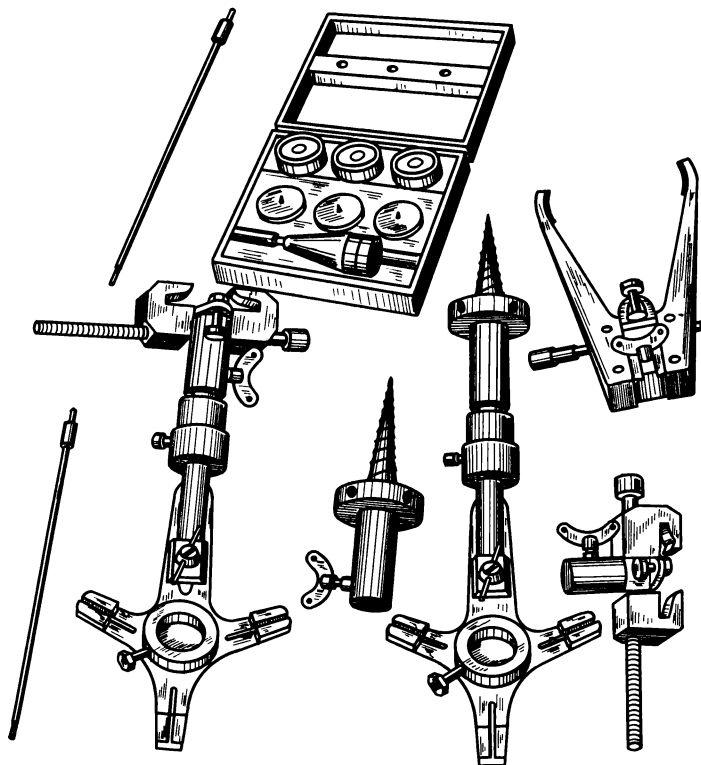


Рис. IV.24. Теодолитно-консольный комплект ТК-5

При производстве съемок в выработках, ограниченных по высоте, крутых, а также незакрепленных, вместо штативов и консолей применяются распорные колонки (стойки).

При измерении горизонтального угла с требуемой точностью для правильного наведения трубы теодолита на центр маркшейдерского знака в качестве сигналов применяют шнуrowые отвесы. Иногда при съемке на консолях закрепление вершин съемочного полигона не производят, визирование осуществляется на специальные дисковые сигналы (рис. IV.25), световые сигналы (рис. IV.26, а) или визирные марки (рис. IV.26, б). При этом применяются автоцентрирующие подставки, позволяющие установить теодолит точно в той точке, где раньше был установлен сигнал.

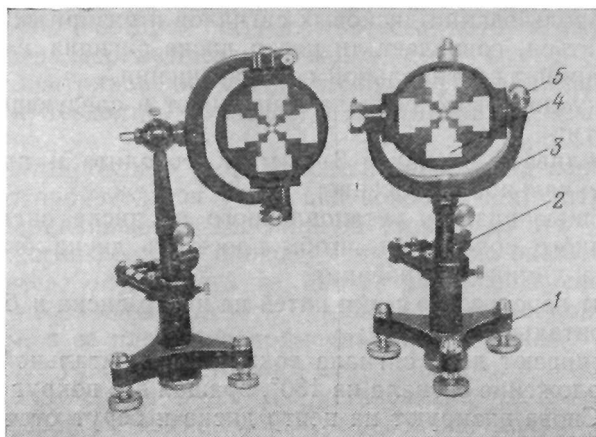


Рис. IV.25. Комплект дисковых сигналов:
 1 — трегер; 2 — два установочных уровня; 3 — колонка; 4 — диск; 5 — винты

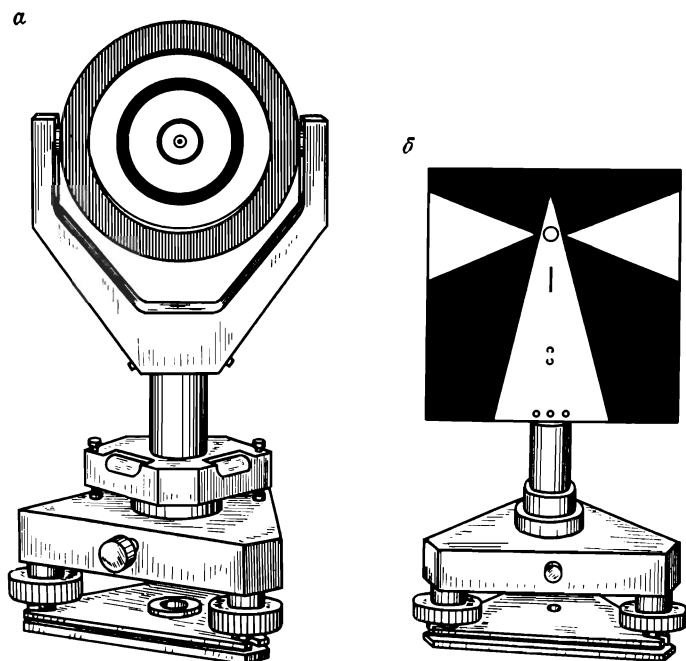


Рис. IV.26. Теодолитные сигналы для Theo010 и Theo020:
 а — световой сигнал; б — визирная марка

При использовании дисковых сигналов и визирных марок следует убедиться, совпадает ли центр диска сигнала или ось симметрии марки с вертикальной осью вращения.

Поверку дискового сигнала выполняют в следующей последовательности:

устанавливают сигнал в 3—5 м от теодолита и приводят его ось в вертикальное положение;

с помощью визира, установленного на диске сигнала, добиваются такого положения, чтобы плоскость диска была перпендикулярна линии визирования;

наводят перекрестие сетки нитей на центр диска и берут отсчет по горизонтальному кругу;

поворачивают диск сигнала вокруг горизонтальной оси и изменяют положение сигнала на 180° , вращая его вокруг вертикальной оси. Снова визируют на центр диска и берут отсчет по горизонтальному кругу;

определив средний отсчет и установив его на горизонтальном круге, перемещают диск сигнала до положения, когда его центр совпадает с перекрестием сетки нитей. Эксцентриситет дисковых сигналов, у которых отсутствуют винты для перемещения диска в полевых условиях, исправляется в мастерской.

Поверку совпадения оси симметрии визирной марки с вертикальной осью ее вращения выполняют аналогичным образом.

При прокладке теодолитных ходов в зависимости от места закрепления маркшейдерского знака теодолит и сигналы центрируют над или под центром знака. Центрирование теодолита и сигналов должно выполняться с возможно большей точностью (особенно при наличии коротких сторон в съемочном полигоне). В связи с этим для достижения требуемой точности угловых измерений согласно Технической инструкции по производству маркшейдерских работ выбирают методику центрирования теодолитов и сигналов. Центрирование, как отмечалось ранее, может осуществляться с помощью шнурового, жесткого или оптического отвесов, а также автоматическим способом. При этом теодолит и сигналы устанавливаются на штативы или консоли над или под съемочной точкой.

Центрирование теодолита на штативе под маркшейдерским знаком с помощью шнурового отвеса производится следующим образом: закрепляют шнуровой отвес в центре маркшейдерского знака; устанавливают штатив так, чтобы отвес располагался примерно в середине отверстия головки штатива, а сама головка была приблизительно горизонтальна. При таком положении штатива закрепляют ножки в почве выработки и завинчивают винты, скрепляющие ножки штатива; устанавливают теодолит на штативе и прикрепляют его с помощью станového винта; приводят теодолит в рабочее положение, т. е. оси установочных уровней и зрительной трубы устанавливают в горизонтальное положение (при этом ось теодолита должна быть вертикальна); совмещают центр зри-

тельной трубы с острием шнурового отвеса, которое является проекцией центра маркшейдерского знака.

Точное центрирование достигается при условии, если верхний центр (кern) теодолита совпадает с вертикальной осью его вращения.

При центрировании теодолита или сигнала на консоли предварительно производится установка консоли под центром знака. Консоль завинчивают в деревянную стойку до тех пор, пока центр отверстия верхней площадки консоли не окажется против острия отвеса, опущенного из центра маркшейдерского знака. При этом необходимо следить, чтобы положение консоли было устойчивым, а ее площадка примерно горизонтальна.

Для более удобного и точного центрирования в условиях применения консолей на площадке устанавливается подставка, во втулку которой вставляется центрировочный целик. Подставка с целиком (см. рис. IV.23, а) устанавливается в таком положении, чтобы острие целика совпадало с острием отвеса. Подставка состоит из трехлопастной пластины с втулкой. Вертикальность оси втулки контролируется с помощью круглого уровня. При центрировании подставки над точкой, когда маркшейдерский знак заложен в почве выработки, шнуровой отвес подвешивают на поводок центрика. Подставку перемещают и фиксируют в таком положении, чтобы острие отвеса проектировалось в центр знака.

В условиях крепления выработок металлическими или железобетонными стойками, а также для случаев, когда крепь отсутствует, применяются другие виды консолей или устанавливаются специальные распорки для ввинчивания консолей. После установки консолей на них закрепляется теодолит или сигнал.

Для более точного центрирования теодолитов применяют оптические отвесы, позволяющие осуществлять оптическое центрирование под или над маркшейдерским знаком с точностью 0,3—0,5 мм.

Центрирование производится следующим образом. Теодолит и зрительную трубу приводят в горизонтальное положение, после чего, наблюдая в трубу оптического отвеса, теодолит передвигают в пределах отверстия штатива или консоли до совмещения изображения центра маркшейдерского знака с пересечением сетки нитей в трубке оптического отвеса. Для центрирования над центром знака некоторые теодолиты снабжаются оптическими отвесами, скрепляемыми с нижней поверхностью подставки инструмента.

Оптическое центрирование может быть выполнено также оптическими центрирами. В этих целях оптический центрир в зависимости от его конструкции ставится на подставку теодолита или вставляется во втулку треножника теодолита, установленного на штативе или консоли. После приведения центрира в горизонтальное положение он перемещается вместе с подставкой или треножником теодолита до совмещения наблюдаемого в трубе изображения центра знака и перекрестия сетки нитей. После этого центрир

навливают штатив (консоль), на который крепят подставку и второй сигнал, после чего теодолитом измеряют угол при точке *I*. В такой последовательности углы измеряют до тех пор, пока не потребуется установить штатив (консоль) под закрепленными постоянными пунктами *Г*, *Д* и *Е*. В этих точках должно быть произведено центрирование подставок с помощью целика и отвеса. В процессе съемки для измерения длин сторон в подставки на место теодолита и сигналов вставляются целики.

Из приведенного примера видно, что вершины хода 1, ..., 15 не закрепляются маркшейдерскими знаками и они не могут быть восстановлены. Поэтому такую съемку называют трехштативной (трехконсольной) — съемкой с потерянными точками.

По результатам многократных исследований точности центрирования теодолита различными способами можно указать примерные значения линейных погрешностей:

Однократное центрирование шнуровым отвесом	1,2—1,5 мм
Оптическое центрирование	0,8—1,0 »
Автоматическое центрирование	0,3—0,8 »

§ 13. Измерение горизонтальных углов

В зависимости от назначения съемки, точности применяемого инструмента, угла наклона выработки и других условий измерение углов в теодолитных ходах, прокладываемых в горных выработках, может производиться различными способами: повторений и приемов (независимых полуприемов) и реже круговых приемов. В подземных условиях принято измерять левые по ходу лежащие углы.

Измерение горизонтального угла сводится к ряду последовательных наведений зрительной трубы теодолита и взятию отсчетов по горизонтальному кругу в определенной последовательности, что и определяет способ измерения угла.

Способ повторений. Рассмотрим методику измерения горизонтального угла способом повторений верньерным теодолитом с металлическим лимбом.

1. Приблизительно совместив нулевой штрих алидады горизонтального круга с нулевым штрихом лимба и открепив лимб, перекрестие сетки нитей наводят на задний сигнал, установленный на точке *16* (табл. IV.14). Лимб закрепляют и, сняв отсчеты по I и II верньерам, записывают их в журнал теодолитной съемки, после чего вычисляют среднее значение отсчета a_1 .

2. Освободив алидаду, наводят зрительную трубу на передний сигнал *18* и берут отсчеты по верньерам. Данные записывают в журнал и вычисляют среднее значение a_2 . Разность отсчетов $a_2 - a_1$ дает величину контрольного угла α_k .

Место съемки: Восточный откат. штр., гор. — 350 м

Точки		Длина стана Л, м	I. Вертикальный круг II. Угол наклона				
стояния	визи- рования		1-е положение трубы 2-е положение трубы				
			ноннус $\frac{1}{II}$			среднее	
17	16	28,574	03	$\frac{01}{01}$	$\frac{00}{30}$	01	15
		$\frac{28,576}{28,575}$		58	30		
	18	23,779	356	58	00	58	15
		$\frac{23,778}{23,778}$					

Среднее		
Л	В	Г
52,353	03° 01' 30"	203° 27' 15"

Инструмент ТГ5
 Исполнитель Федосеев Г. В.
 Дата 28.III.79 г.

I. Горизонтальный круг II. Угол полигона									
1-е положение трубы					2-е положение трубы				
нониус $\frac{1}{11}$			среднее		нониус $\frac{1}{11}$			среднее	
0	$\frac{00}{00}$	$\frac{30}{00}$	00	15					
203	$\frac{27}{27}$	$\frac{00}{30}$	27	15	46	$\frac{55}{54}$	$\frac{00}{30}$	54	45

Продолжение табл. IV.4

Размеры выработки, м			Точки	Примечание и эскиз
влево	$\frac{\text{вверх}}{\text{вниз}}$	вправо		
0,40	$\frac{0,95}{1,55}$	2,65	18	

3. Открепляют закрепительный винт лимба и, переведя трубу через зенит, наводят ее на задний сигнал 16. При этом визировании отсчета не берут.

4. Освобождают алидаду и, вращая ее по часовой стрелке, наводят зрительную трубу на передний сигнал 18. Берут отсчеты по верньерам и, записав их в журнал, вычисляют среднее значение a_3 .

5. Вычисляют значение измеренного угла α и его контрольное значение α_k :

$$\alpha = \frac{a_3 - a_1}{2}; \quad (IV.4)$$

$$\alpha_k = a_2 - a_1. \quad (IV.5)$$

В случае, если расхождение между измеренным углом и его контрольным значением будет больше полуторной точности инструмента ($\pm 1,5t$), измерение угла необходимо повторить.

Если необходимо измерить угол n числом повторений, то методика измерений остается прежней. Только в данном случае при первом положении круга (например, $KЛ$) движением лимба n раз наводят трубу на задний сигнал и столько же раз движением алидады наводят зрительную трубу на передний сигнал. Отсчеты берут только при первом и втором наведениях и вычисляют контрольное значение угла по формуле (IV.5). Суммарное значение угла, измеренного n раз, будет равно $a_3 - a_1$. После этого переводят трубу через зенит и при другом положении круга аналогичным образом визируют n раз на задний и передний сигналы. После последнего наведения на передний сигнал берут только один отсчет a_4 . При n полных повторениях получим

$$\alpha = \frac{a_4 - a_1 + k360^\circ}{2n}, \quad (IV.6)$$

где k — число полных оборотов алидады вокруг лимба.

Число полных оборотов алидады вокруг лимба определяется с учетом измеренного контрольного угла и количества выполненных повторений

$$k = \frac{2n\alpha_k + a_1 - a_4}{360^\circ}. \quad (IV.7)$$

При измерении горизонтальных углов одноверньерными оптическими теодолитами способом повторений рекомендуется измерение угла производить дважды, чтобы исключить погрешность за эксцентриситет. При повторном измерении угла, выполняемом тем же числом повторений, начальный отсчет следует сместить на 180° .

Способ приемов применяется при измерении горизонтальных углов в выработках с углом наклона более 30° , а также при использовании для измерения углов неповторительных теодолитов, у которых погрешность отсчета по горизонтальному кругу не превышает $12''$.

При измерении угла, например CDE (табл. IV.5), соблюдают следующую последовательность.

1. Закрепив лимб, наводят зрительную трубу на задний сигнал C , производят отсчет a_1 по горизонтальному кругу и записывают в журнал.

2. Открепляют алидаду, визируют на передний сигнал E и делают отсчет a_2 . Величина измеряемого угла при одном положении круга, т. е. в первом полуприеме, будет равна $\alpha' = a_2 - a_1$.

3. Изменяют положение лимба на $60-90^\circ$, закрепляют его и, переведя трубу через зенит, вновь визируют на задний сигнал C , берут отсчет a_3 и записывают его в журнал.

4. Вторично наводят зрительную трубу на передний сигнал E и, взяв отсчет a_4 , вычисляют величину измеренного угла CDE при втором положении круга: $\alpha'' = a_4 - a_3$. Затем вычисляют среднее значение угла $\alpha_{cp} = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}$ из двух полуприемов и принимают его за окончательное значение.

Способ круговых приемов применяется в подземных условиях в тех случаях, когда необходимо измерить горизонтальные углы между несколькими направлениями (больше двух). Методика измерений горизонтальных углов между направлениями способом круговых приемов заключается в следующем.

1. Совмещают приблизительно нулевые штрихи лимба и алидады, закрепляют алидаду и, освободив лимб, наводят зрительную трубу на начальный сигнал, установленный в центре знака I . Берут отсчеты по верньерам горизонтального круга a_1 , результаты записывают в журнал (табл. IV.6), и вычисляют среднее значение.

2. Освобождают алидаду (лиimb неподвижен) и визируют на сигнал III , вращая теодолит по часовой стрелке. Снимают отсчеты a_2 , записывают в журнал и вычисляют средние значения из них.

3. В такой же последовательности, вращая далее алидаду по часовой стрелке, визируют на сигнал в точке 191 и снимают отсчеты a_3 .

4. Наблюдения в первом полуприеме заканчивают путем наведения зрительной трубы на сигнал, установленный на начальном направлении I , и взятия контрольного отсчета по двум верньерам. Это позволяет убедиться, что лимб был неподвижен в процессе всего периода наблюдений. Разность двух отсчетов при визировании на начальный сигнал в начале и конце полуприема не должна превышать точности верньера горизонтального круга теодолита.

Для исключения инструментальных погрешностей теодолита предусматривается измерение углов между направлениями при другом положении круга. При втором полуприеме наблюдения ведут в обратном направлении с вращением алидады против хода часовой стрелки.

Журнал измерения горизон

Место съемки:
Вентиляционная сбойка 61

Точки		Круг слева (КЛ)							
стояния	визи- рования	Верньер						Среднее	
		I			II			'	"
		°	'	"	'	"			
Д	С Е	17	21	30	22	00	21	45	
		285	11	00	11	30	11	15	
						267°	49'	30"	

Журнал измерения горизонтальных

Место съемки:
Полевой штрек и наклон. ствол, гор. — 100 м

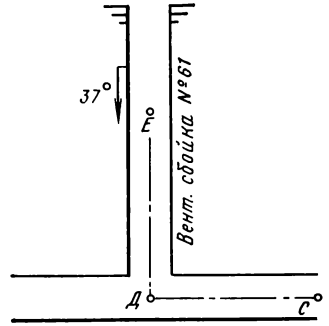
Точки		Круг слева (КЛ)								КЛ — КЛ		Круг справа (КЛ)							
стоя- ния	визи- рова- ния	Верньер						Среднее		±	"	Верньер						Среднее	
		I			II			'	"			I			II			'	"
		°	'	"	'	"	°					'	"	'	"				
II	I	00	04	00	04	30	04	15	+	30	180	04	00	03	30	03	45		
	III	177	23	30	24	00	23	45	—	—	357	23	30	24	00	23	45		
	191	265	47	30	47	00	47	15	+	30	85	46	30	47	00	46	45		
	1	00	03	30	04	00	03	45	—	30	180	04	30	04	00	04	15		

Т а б л и ц а IV.5

гальных углов способом приемов

Инструмент ТГ5
Исполнитель Федоров А. И.
Дата 1.IV.1979 г.

Круг справа (КП)						$\frac{КЛ + КП}{2}$			Примечания и эскиз
Верньер				Среднее					
I		II							
°	'	''	'	''	°	'	''		
83	47	00	47	30	47	15	267	49	45
351	37	00	37	30	37	15			
				267°	50'	00"			

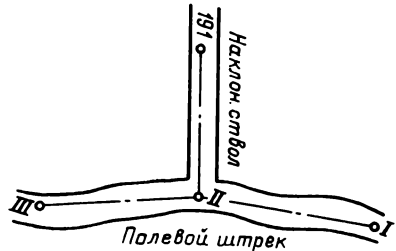


Т а б л и ц а IV.6

углов способом круговых приемов

Инструмент ТГ5
Исполнитель Федоров А. И.
Дата 3.VI.1979 г.

$\frac{КЛ + КП}{2}$			Приведенные направления			Примечания и эскиз
°	'	''	°	'	''	
00	04	00	00	00	00	
00	04	00	177	19	45	
177	23	45				
265	47	00				
00	04	00				



Измерение горизонтальных углов в крутых выработках производят с помощью внецентрированной трубы. На рис. IV.28, а приведена схема измерения горизонтального угла $I-II-III$ при круге справа, а на рис. IV.28, б — при круге слева. Измерение угла способом приемов производится так же, как и теодолитом с трубой, расположенной в центре, но для определения его величины необходимо измерить угол при двух положениях трубы, чтобы исключить погрешность за ее эксцентриситет. Для измерения угла между направлениями $II-I$ и $II-III$, например при круге справа, последовательно визируют на сигналы I и III . При этом горизон-

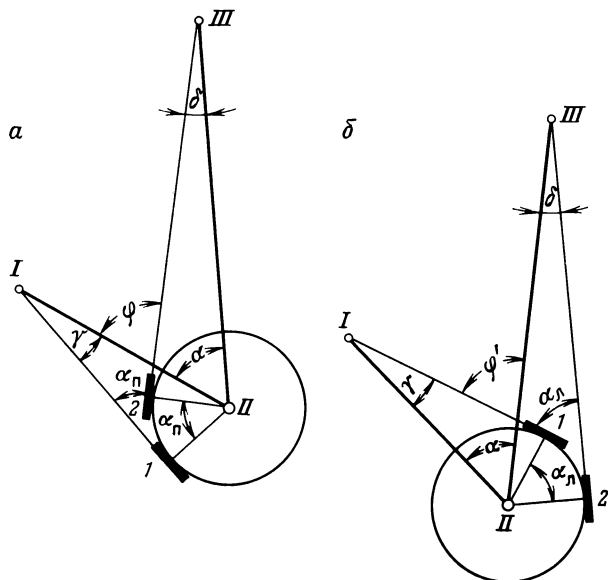


Рис. IV.28. Схема измерения горизонтального угла теодолитом с внецентрированной трубой

тальная ось вращения зрительной трубы перемещается из положения $II-I$ в положение $II-2$, т. е. она изменяет свое положение на угол α_n . Вместо угла α измеряется угол α_n . Аналогично при круге слева измеряется угол α_n вместо угла α . По измеренным углам α_n и α_n в двух полуприемах необходимо определить величину угла α при центре лимба.

На основании схем, изображенных на рис. IV.28, можно установить, что величина внешних углов φ и φ' будет равна сумме внутренних углов треугольников, не смежных с ними, т. е.

$$\varphi = \alpha_n + \gamma = \alpha + \delta; \quad (IV.8)$$

$$\varphi' = \alpha_n + \delta = \alpha + \gamma.$$

Отсюда

$$\alpha = \alpha_n + \gamma - \delta;$$

$$\alpha = \alpha_n - \gamma + \delta$$

Произведем сложение этих равенств и получим

$$2\alpha = \alpha_n + \alpha_l$$

или

$$\alpha = \frac{\alpha_n + \alpha_l}{2}. \quad (\text{IV.9})$$

Из формулы (IV.9) видно, что центральный угол равен полусумме углов, измеренных в двух полуприемах. Внецентральной трубой можно производить измерение углов и способом повторений. При этом нужно иметь в виду, что для определения контрольного угла необходимо произвести визирование на сигналы измеряемых направлений при двух положениях круга.

На точность измерения горизонтального угла теодолитом с внецентральной трубой оказывают влияние разница в длинах сторон измеряемых направлений, а также наклон оси вращения зрительной трубы теодолита. Поэтому при закреплении точек теодолитного хода следует стремиться, чтобы стороны были примерно равными. Установку вертикальной оси вращения трубы необходимо производить с помощью накладного уровня.

При проложении теодолитных ходов в крутых выработках наиболее опасным источником погрешности является неперпендикулярность основной оси теодолита. Основная ось в этом случае, отклоняясь от отвесного положения, вызывает дополнительный наклон оси вращения зрительной трубы, влияние которой на точность измерения угла отсчетами при двух положениях не исключается [20]. Зависимость погрешности измерения горизонтального угла от угла наклона визирных лучей и наклона оси вращения инструмента выражается формулой

$$m_\alpha = \delta [\cos u \operatorname{tg} h_n - \cos(u - \alpha) \operatorname{tg} h_3], \quad (\text{IV.10})$$

где m_α — погрешность измерения горизонтального угла в зависимости от наклона основной оси теодолита; δ — угол наклона оси вращения теодолита; u — угол между направлением наклона основной оси и направлением оси вращения трубы при визировании на передний сигнал; α — измеряемый горизонтальный угол; h_n и h_3 — углы наклона визирных лучей соответственно на передний и задний сигналы.

Если проанализировать формулу (IV.10), то можно видеть, что погрешность измерения угла m_α будет максимальной при $\alpha = 180^\circ$, при переходе от горизонтальной выработки к наклонной и наоборот.

При этом значение погрешности возрастает пропорционально тангенсу угла наклона и может достигать весьма значительных величин (3—5' и более). $m_\alpha = 0$ в случаях, когда $\delta = 0$, $h_n = h_3 = 0$, а также при $\alpha = 180^\circ$ и при $h_n = h_3$, т. е. в вытянутых ходах, прокладываемых в выработках с выдержанными углами наклона.

Точность измерения горизонтальных углов. На точность измерения горизонтальных углов могут влиять грубые, систематические и случайные погрешности.

Грубые погрешности могут быть вызваны за счет ошибочного включения в прокладываемый ход посторонних маркшейдерских знаков, неправильным закреплением шнурового отвеса в центрах знаков, неустойчивостью штатива (консоли) и т.д. Во избежание грубых погрешностей маркшейдеру перед спуском в шахту следует подготовить все необходимые исходные данные и занести их в журнал теодолитной съемки, а также проинструктировать рабочих, занятых на установке, освещении отвесов (сигналов) и выполнении других видов работ. Непосредственно в шахте следует убедиться в надежности закрепления и принадлежности используемых точек к данной съемке.

Систематические погрешности зависят от внешних условий и неточностей в изготовлении и сборке инструмента, а также от погрешностей, возникающих от неправильного взаимного расположения отдельных частей и неперпендикулярности геометрических осей теодолита.

В современных теодолитах и сигналах при условии выполнения необходимых поверок инструмента и применения соответствующей методики измерения угловых величин инструментальные погрешности можно свести к минимуму.

Случайные погрешности возникают главным образом за счет инструментальных погрешностей, погрешностей визирования, установки теодолита и сигналов, отсчитывания.

В подземных условиях из-за ограниченности свободного пространства в горных выработках, капеза и запыленности атмосферы, особенностей закрепления маркшейдерских пунктов (в почве или в кровле) возникают дополнительные требования к установке инструмента, методике наблюдений при измерении угловых величин.

В силу указанных особенностей и в связи с затрудненностью производства работ особое внимание необходимо уделять центрированию теодолитов и сигналов (особенно при небольших длинах сторон), выполнению принятой методики наблюдений, так как эти факторы в значительной мере влияют на точность измеряемого угла.

Точность измерения угла способом повторений. При измерении горизонтальных углов способом повторений можно достичь определенной точности их измерения. При этом следует учесть, что при условии надежной юстировки теодолита и сигнала, а также тщательного их центрирования главное влияние на точность измерения углов оказывают погрешности за счет неточности визирования на сигнал и отсчетов по лимбу.

Из методики измерения углов способом повторений видно, что для определения величины измеренного угла n полными повторениями следует определить два отсчета a_1 и a_4 по формуле (IV.6).

Погрешность измерения угла $m_{\alpha 0}$, обусловленная погрешностями за счет отсчета по лимбу m_0 , будет равна

$$m_{\alpha_0} = \pm \frac{\sqrt{m_0^2 + m_0^2}}{2n} = \pm \frac{m_0}{\sqrt{2n^2}}. \quad (\text{IV.11})$$

Погрешность измерения угла $m_{\alpha v}$, обусловленная погрешностями визирования m_v (наведение зрительной трубы необходимо сделать $4n$ раз), будет равна

$$m_{\alpha_v} = \pm \frac{\sqrt{(m_v^2 + m_v^2 + m_v^2 + m_v^2) n}}{2n} = \pm \frac{\sqrt{4nm_v^2}}{2n} = \pm \frac{m_v}{\sqrt{n}}. \quad (\text{IV.12})$$

Из выражений (IV.11) и (IV.12) следует, что общая погрешность измерения угла n повторениями будет равна

$$\begin{aligned} m_{\alpha} &= \pm \sqrt{m_{\alpha_0}^2 + m_{\alpha_v}^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{m_0}{\sqrt{2n^2}}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{\sqrt{n}}\right)^2} = \\ &= \pm \sqrt{\frac{m_0^2}{2n^2} + \frac{m_v^2}{n}}. \end{aligned} \quad (\text{IV.13})$$

Погрешности отсчета и визирования могут быть вычислены по следующим формулам:

$$m_0 = \frac{t}{2\sqrt{2}}; \quad m_v = \frac{60''}{V}, \quad (\text{IV.14})$$

где t — точность взятия отсчета по лимбу горизонтального круга; V — увеличение зрительной трубы.

Точность измерения угла способом приемов зависит в основном от погрешностей визирования на сигналы и отсчетов по лимбу.

Следовательно, погрешность определения каждого направления будет равна

$$m_{\alpha_C} = m_{\alpha_E} = \pm \sqrt{m_0^2 + m_v^2}, \quad (\text{IV.15})$$

а погрешность горизонтального угла, измеренного одним полным приемом, составляет

$$m_{\alpha} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{4(m_0^2 + m_v^2)}$$

или

$$m_{\alpha} = \pm \sqrt{m_0^2 + m_v^2}.$$

При измерении угла n приемами средняя погрешность среднего арифметического значения угла определяется по формуле

$$m_{\alpha_i} = \pm \sqrt{\frac{m_0^2}{n} + \frac{m_v^2}{n}}. \quad (\text{IV.16})$$

§ 14. Измерение вертикальных углов

При прокладке теодолитного хода в горных выработках возникает необходимость определения горизонтальных проложений длин сторон между соседними вершинами хода, а также превышений между ними. Для этих целей одновременно с измерением горизонтальных углов измеряют и углы наклона.

Угол, составленный линией визирования и ее проекцией на горизонтальную плоскость, называется **в е р т и к а л ь н ы м у г л о м** или **у г л о м н а к л о н а**.

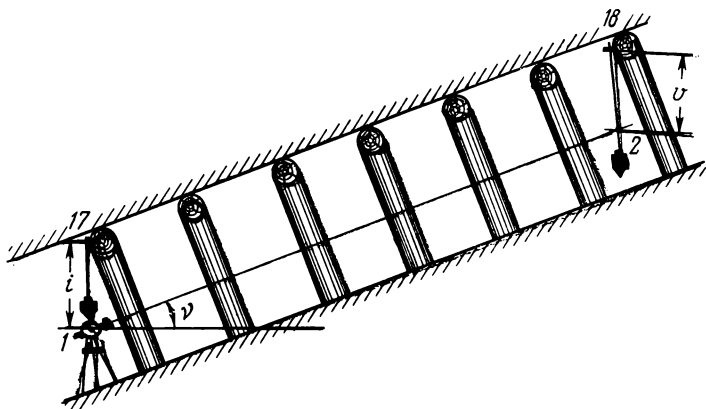


Рис. IV.29. Измерение угла наклона в горной выработке теодолитом с центральной трубой

Для измерения углов наклона у теодолитов служит вертикальный круг, который должен удовлетворять основному условию — визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня при алидаде вертикального круга, когда отсчеты по верньерам равны нулю. Для правильного измерения угла наклона необходимо предварительно определять величину места нуля (МО).

Допустим, что необходимо определить угол наклона визирного луча 1—2, проходящего через точку 2, закрепленную на шнуравом отвесе (рис. IV.29).

Порядок измерения угла наклона сводится к следующему.

1. Наводят зрительную трубу теодолита на отвес, подвешенный в пункте 18. Закрепляют зажимные винты лимба и алидады. Действуя наводящим винтом трубы, совмещают перекрестие сетки нитей с точкой 2, зафиксированной на шнуре отвеса.

2. С помощью микрометричного винта алидады выводят пузырек уровня при вертикальном круге на середину и проверяют точность наведения.

3. Берут отсчеты по верньерам вертикального круга и, записав их в журнал, определяют среднее значение отсчета.

4. Переводят трубу через зенит и при втором положении круга выполняют аналогичные действия, что и в первом полуприеме. После снятия отсчетов по двум верньерам вычисляют среднее значение.

5. Вычисляют значение измеренного угла наклона v теодолита с металлическим лимбом по одному из следующих выражений:

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{KP - KL}{2} \\ v &= KP - MO \\ v &= MO - KL \end{aligned} \right\} \text{ (IV.17)}$$

Следует иметь в виду, что при определении величины MO и вычислении измеренного угла наклона v необходимо к двузначным отсчетам при KP и KL , меньшим 90° , прибавлять 360° .

После измерения угловых и линейных величин на точке стояния 17 теодолит устанавливают под центром знака 18 и измеряют для контроля угол наклона на пункт 17 .

При измерении углов наклона необходимо измерять высоту инструмента i и высоту визирования v .

Величины i и v используются для определения превышений между точками теодолитного хода и угла падения выработки, так как угол наклона луча визирования не всегда определяет ее угол падения.

Углы наклона более 50° могут измеряться теодолитами с центральной трубой с применением специальных насадок на объектив и окуляр или теодолитом с внецентрированной трубой. Порядок измерения углов наклона при этом аналогичен описанному ранее. Однако у теодолитов с внецентрированной трубой из-за смещения зрительной трубы от центра на величину эксцентриситета e существует различие между измеренным углом наклона v' и действительным углом наклона v (рис. IV.30). При этом необходимо по измеренным и известным величинам v' , l и e вычислить значение угла наклона v .

Определим взаимосвязь углов наклона v и v' , рассматривая треугольники $I-II B$ и $AII B$. Так как сторона $II B$ является общей для этих треугольников, то можно написать равенства:

$$l \sin v = l' \sin v';$$

$$l' = \sqrt{l^2 - e^2}.$$

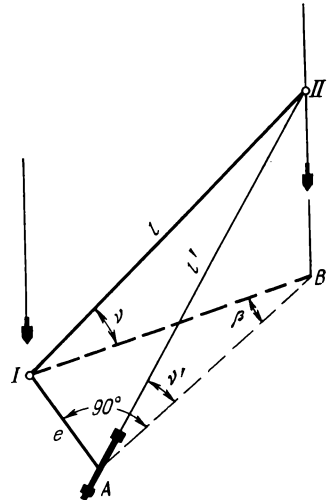


Рис. IV.30. Схема измерения угла наклона теодолитом с внецентрированной трубой

Отсюда

$$\sin v = \frac{l'}{l} \sin v'$$

или

$$\sin v = \sin v' \sqrt{1 - \frac{e^2}{l^2}}. \quad (IV.18)$$

Опыт производства работ показывает, что величина погрешности измерения углов наклона возрастает с увеличением наклона по измеряемому направлению, а также при уменьшении длины стороны.

В табл. IV.7 приведены поправки в секундах к углам наклона, измеренным теодолитом ТГ5 с внецентренной трубой. Из таблицы видно, что при измерении углов наклона, близких к 90° , при длине стороны хода менее 20 м необходимо вводить поправки за эксцентриситет трубы.

Т а б л и ц а IV.7

Угол наклона, градус	Величина поправок за счет эксцентриситета трубы c при наклонной длине стороны хода, м						
	2	3	5	10	15	20	25
40	214	96	35	9	4	2	1
50	307	137	49	12	5	3	2
60	448	198	72	18	8	5	3
70	710	315	109	28	12	8	5
80	1455	650	234	58	26	15	9

Точность измерения углов наклона в основном обуславливается погрешностями визирования на сигнал в вертикальной плоскости m_v и взятия отсчетов m_0 по верньерам вертикального круга, а также погрешностью m_y , возникающей в результате недостаточно точного выведения пузырька уровня алидады вертикального круга на середину.

Погрешность измерения угла наклона одним полным приемом может быть определена из выражения

$$m_v = \pm \sqrt{\frac{m_0^2 + m_v^2 + m_y^2}{2}}. \quad (IV.19)$$

При измерении угла наклона n приемами

$$m_v = \pm \sqrt{\frac{m_0^2 + m_v^2 + m_y^2}{2n}}. \quad (IV.20)$$

Величина погрешности, возникающая из-за недостаточно точного приведения пузырька уровня вертикального круга на середину, определяется по формуле

$$m_y = 0,2\tau'', \quad (IV.21)$$

где τ — цена одного деления уровня при вертикальном круге.

§ 15. Измерение длин сторон теодолитного хода

Неотъемлемой частью маркшейдерских работ при прокладке теодолитных ходов и выполнении других видов работ в подземных условиях является измерение расстояний. В зависимости от специфики работ и требуемой точности измерение линейных величин может производиться металлическими рулетками, оптическими дальномерами, светодальномерами.

Измерение расстояний рулетками. Наиболее широкое применение для измерения расстояний в шахте нашли стальные ру-

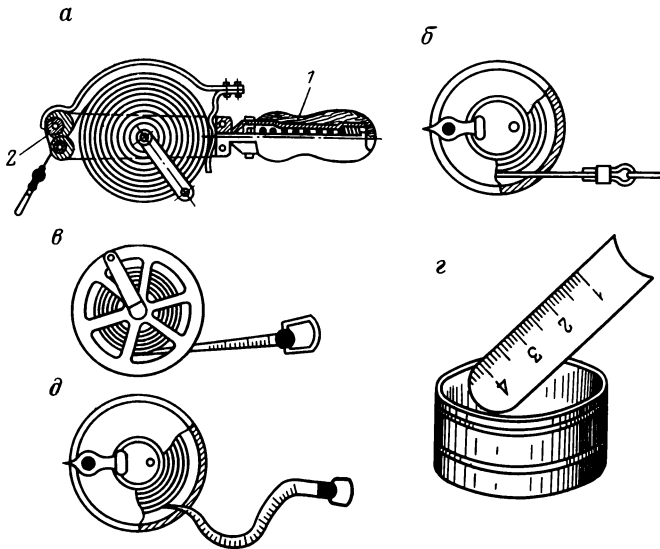


Рис. IV.31. Рулетки, используемые в подземных условиях, для измерения расстояний

летки длиной 20, 30 и 50 м типа РЗ, РВ или РК, имеющие длину полотна 50, 75 и 100 м. Материалом для изготовления рулеток служит нержавеющая или углеродистая сталь. Для увеличения срока службы полотно рулетки покрывается специальным лаком и нитроэмалью. Полотно рулетки градуируется с ценой деления 1 см, а начальный дециметр разбивается на миллиметровые деления. Лента может сворачиваться на вилку (рис. IV.31, а), на барабан в футляре (рис. IV.31, б) или бобину (рис. IV.31, в). Для съемки подробностей иногда применяют желобчатые рулетки РЖ-2 длиной 2 м (рис. IV.31, з) или тесьмяные рулетки длиной от 5 до 20 м (рис. IV.31, д).

Для удобства измерения длин линий и обеспечения необходимого рабочего натяжения рулетки используют специальные приспособления (рис. IV.32, а, в) или пружинный динамометр

(рис. IV.32, б), позволяющие сохранять постоянным натяжение при измерении больших пролетов длинными рулетками.

Удобны рулетки типа РГД-30, в ручках которых смонтирован динамометр (см. рис. IV.31, а). В зависимости от длины измеряемой линии предусматривается определенная сила натяжения рулетки. Например, при длине измеряемой стороны 20 м сила натяжения должна быть не менее 10 кг.

Рулетки, применяемые для измерений, необходимо через определенный промежуток времени компарировать, т. е. производить их сравнение с эталоном. Для компарирования рулеток используются особыми приборами, называемыми к о м п а р а т о р а м и.

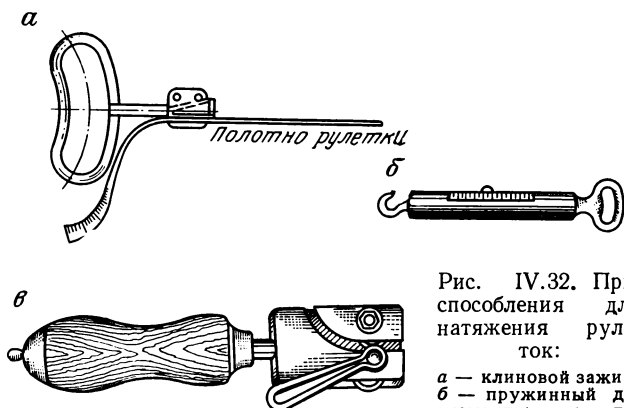


Рис. IV.32. При-
способления для
натяжения руле-
ток:
а — клиновой зажим;
б — пружинный ди-
намометр; в — ди-
намометр с эксцен-
триковым зажимом

На горном предприятии при отсутствии компаратора для сравнения можно использовать новую прокомпарированную на заводе рулетку, имеющую паспорт. В паспорте, как правило, указываются поправки на каждый метр и на всю длину рулетки, а также температурный режим и натяжение при компарировании. Сравнение рулеток можно произвести на ровной поверхности, позволяющей расположить компарированную и поверяемую рулетки и натянуть их динамометрами с усилием не менее 10 кг.

Совместив нулевые деления рулеток с помощью линейки с миллиметровыми делениями, не менее двух раз определяют отклонения поверяемой рулетки от эталонной с точностью измерения отклонений 0,1 мм. Если компарируемый отрезок меньше эталонного, то отклонению присваивают знак минус, если больше, — то знак плюс. По полученным отклонениям и данным паспорта эталонной рулетки составляют рабочий паспорт на компарированную рулетку.

В маркшейдерской практике применяются два вида компараторов: а) комнатные компараторы для проверки отдельных метро-

вых делений или всей длины рулетки; б) полевые компараторы для проверки общей длины рулетки.

Комнатный компаратор (рис. IV.33) представляет собой деревянную полку длиной от 3 до 20 м, закрепленную на железных кронштейнах вдоль стены здания, горной выработки и т. д. Место для компаратора должно быть выбрано так, чтобы по всей длине температура воздуха была одинаковой. На верхней поверхности полки размещают ось компаратора и с помощью эталона через каждый метр симметрично оси закрепляют шкалы (рис. IV.33, а) с ценой деления 0,5 мм. Рулетка с одной стороны

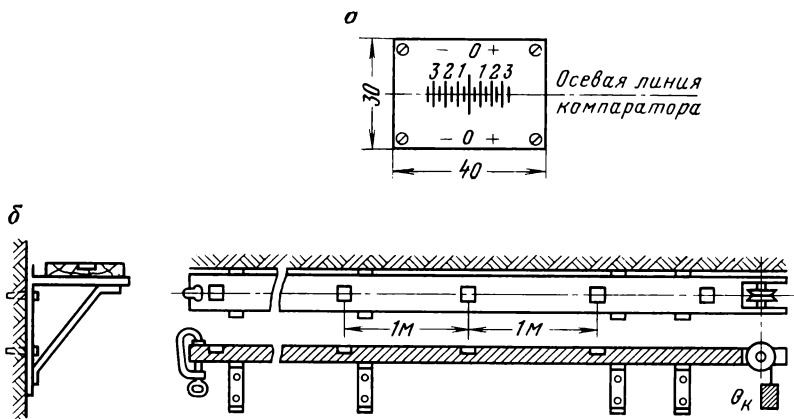


Рис. IV.33. Комнатный компаратор:
а — шкала компаратора; б — внешний вид прибора

закрепляется, а к другой ее стороне, перекинутой через блок, подвешивается груз для натяжения.

Компарирование производится аналогично способу, описанному выше, только отклонения каждого метра компарируемой рулетки определяются с помощью шкал, закрепленных на компараторе. После завершения работ по компарированию на поверяемую рулетку должен быть составлен паспорт. Стальные рулетки должны компарироваться с относительной погрешностью, не превышающей $\frac{1}{20\,000}$ ее длины. Известны и другие конструкции компараторов, например компаратор, предложенный проф. Ф. Ф. Павловым. Этот прибор может легко переноситься и устанавливаться как в помещении, так и в горной выработке. Конструкция его довольно проста. На расстоянии 5—7 м на специальных подставках устанавливают вращающиеся колеса и на них, предварительно соединив концы полотна, закрепляют рулетку в виде бесконечной «цепи». Одна из подставок подвижна, что позволяет произвести необходимое натяжение рулетки с помощью груза.

Полотно рулетки укладывают на стол рядом с контрольным метром. Вращая колеса, передвигают рулетку вдоль контрольного метра и последовательно эталонируют каждый метр.

Для определения погрешности за длину всей рулетки обычно пользуются полевым компаратором.

П о л е в о й к о м п а р а т о р оборудуется на ровном участке местности. На расстоянии 100 или 200 м закладываются два репера с марками. Расстояния между штрихами (центрами) марок многократно измеряются инварными или стальными проволоками с погрешностью не более $1 : 50\,000$, после чего базис компаратора

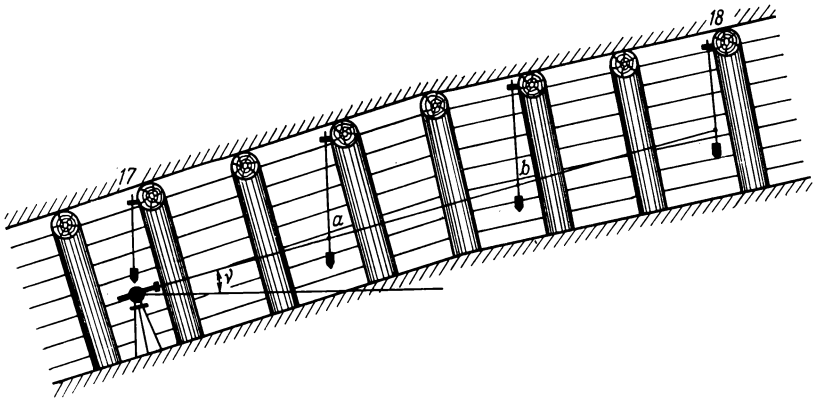


Рис. IV.34. Схема измерения длины линии на весу

несколько раз измеряют рулеткой, которую необходимо прокомпарировать, и вычисляют среднее расстояние между штрихами на марках. Сравнив полученные длины, измеренные различными мерными приборами, вычисляют длину поверяемой рулетки. При пользовании такой рулеткой поправку в измеренное расстояние следует вводить пропорционально длине с учетом установленной при компарировании погрешности за длину.

Полевой компаратор может быть сооружен и в подземных условиях. Реперы при этом обычно закладываются в боковой стенке выработки. Методика выполнения компарирования аналогична описанной выше.

При прокладке теодолитного хода измерение длин между вершинами полигона наиболее часто производится рулетками на весу при постоянном их натяжении динамометром или от руки.

Допустим, что необходимо измерить расстояние между точками 17 и 18 (рис. IV.34), превышающее длину рулетки. После измерения горизонтального и вертикального углов в точке 17 теодолит закрепляют в положении, когда зрительная труба направлена на сигнал 18. Сторону 17—18 разбивают промежуточными отве-

сами b и a на отрезки, меньшие длины рулетки. Промежуточные отвесы выставляют в створе с отвесами 17 и 18 и на каждом из них по линии визирования закрепляется метка.

Измерение производят в следующей последовательности. Натянув рулетку с силой, соответствующей рабочему натяжению, передний наблюдатель совмещает один из штрихов сантиметровых или дециметровых делений с меткой, зафиксированной на отвесе, и говорит «есть». В это время задний наблюдатель, держащий нулевой конец рулетки, отсчитывает число сантиметров и миллиметров. Таким образом производят измерение длины отрезка в прямом и обратном направлениях не менее двух раз, смещая при каждом наблюдении рулетку на 10—20 см вдоль стороны. Среднее значение длины стороны, полученное из прямого и обратного измерений, принимается за окончательное. При этом необходимо следить, чтобы рабочее натяжение рулетки соответствовало натяжению при ее компарировании, а температура воздуха измерялась с точностью $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

В съёмочных ходах 1 разряда расхождение между двумя измерениями одной и той же стороны не должно быть более 1 : 1000 измеряемой длины, а в ходах съёмочной сети 2 разряда — соответственно 1 : 200 длины измеряемой линии. Применение динамометра и учет температуры при этом не обязательны.

Для обеспечения требуемой точности линейных измерений, а также устранения погрешностей за счет раскачивания отвесов (особенно в выработках с сильным движением воздушной струи) и неравномерного натяжения рулетки могут применяться штативы. В этом случае рулетку укладывают на штативы, натягивают через блоки рабочим грузом, после чего приступают к измерению длины. Измерение длин линий на весу может выполняться и между центрами вкладышей, которые устанавливаются вместо теодолита и сигналов, закрепленных на консолях. Измерение линий более 50 м может выполняться длиномером АД1М. Сущность способа измерения расстояний прибором АД1М заключается в определении длины линии по числу оборотов мерного диска, прокатываемого по проволоке, натянутой между концами линии.

Погрешности, возникающие при измерении длин рулеткой. В подземных условиях на точность измерения длин сторон металлических рулетками на весу оказывают влияние неточности компарирования рулетки и учета температуры, непостоянство натяжения рулетки, неправильное выставление промежуточных отвесов (провешивание), погрешности отсчитывания по концам рулетки, погрешности измерения угла наклона и т. д.

Погрешность от неточности компарирования рулетки m_k оказывает влияние на погрешность измерения длины стороны и возрастает пропорционально длинам сторон. Так как установлено, что m_k может быть определена по величине и знаку, следовательно, можно определить погрешность m_{L_k} измеряемой стороны L рулеткой длиной l . В зависи-

мости от того, сколько раз длина рулетки l уложится в измеряемой линии, столько же раз и повторится погрешность m_k . Поэтому можно написать

$$m_{L_k} = \pm m_k \frac{L}{l}. \quad (\text{IV.22})$$

Погрешность от неточного учета температуры m_t также оказывает влияние на величину погрешности m_{L_t} измерения длины L .

$$m_{L_t} = m_t L \alpha, \quad (\text{IV.23})$$

где $\alpha = 0,0000115$ — коэффициент линейного расширения стали, из которой изготовлена рулетка.

Погрешность m_{L_t} находится в пропорциональной зависимости от длины измеряемой стороны и величины погрешности измерения температуры воздуха, которая не должна превышать $\pm 5^\circ \text{C}$.

Погрешность от непостоянства натяжения рулетки оказывает влияние на точность измеряемой длины, если рабочее натяжение рулетки не соответствует натяжению рулетки при компарировании.

Величина среднеквадратической погрешности измерения одного пролета за счет неточного натяжения равна

$$m_{L_p} = \pm \left(\frac{l}{EF} + \frac{q^2 l^3}{12p^3} \right) m_p, \quad (\text{IV.24})$$

где l — длина рулетки; E — модуль Юнга; F — площадь поперечного сечения рулетки; q — масса 1 м рулетки; p — натяжение рулетки; m_p — средняя квадратическая погрешность натяжения рулетки.

Для 20-метровой рулетки при рабочем натяжении $p = 10$ кгс и $m_p = \pm 1$ кгс погрешность измерения одного пролета будет равна ± 1 мм. Если в измеряемой длине укладывается несколько рулеток, то при постоянной погрешности $m_p = \pm 1$ кгс она будет измерена с предельной погрешностью 1 : 20 000. При измерении длины на весу 20-метровой рулеткой случайная погрешность натяжения не должна быть более 2—3 кгс, а постоянная погрешность натяжения не должна превышать 1 кгс.

Погрешность от неправильного выставления промежуточных отвесов всегда положительна. Если один конец рулетки лежит точно на линии, а второй смещен на величину Δh , то погрешность измерения длины будет равна

$$m_L = \frac{(\Delta h)^2}{2l}.$$

Если оба конца рулетки смещены с измеряемой линии, то

$$m_L = \frac{(\Delta h)^2}{l}. \quad (\text{IV.25})$$

При выставлении промежуточных отвесов следует иметь в виду, что чем меньше длина измеряемого пролета, тем точнее необходимо выставлять створные точки на его концах. Для уменьшения погрешности за счет неправильного выставления створных точек следует применять длинные рулетки, а точки выставлять теодолитом.

Погрешность отсчитывания (m_{L_0}) складывается из погрешности, зависящей от цены деления рулетки, и погрешности из-за колеблемости отвесов и рулетки. При измерении длины на весу вторая часть погрешности отсчитывания преобладает над погрешностью цены деления рулетки. Погрешность отсчитывания m_0 при измерении длины одного пролета l примерно равна $\pm 1-1,5$ мм. Если в измеряемой стороне L содержится n рулеток, то

$$m_{L_0} = m_0 \sqrt{n}.$$

При $L = ln$

$$m_{L_0} = m_0 \sqrt{\frac{L}{l}}. \quad (IV.26)$$

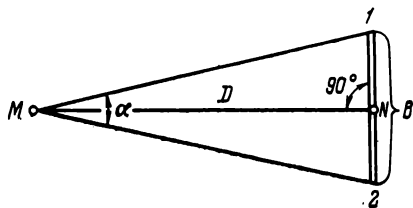


Рис. IV.35. Схема определения расстояний оптическим теодолитом

Погрешность из-за неточности измерения угла наклона может быть определена по формуле

$$m_{L_v} = L \sin v \frac{m_\delta}{\rho}, \quad (IV.27)$$

а относительная погрешность измеряемой длины

$$\frac{m_{L_v}}{L} = \sin v \frac{m_\delta}{\rho}. \quad (IV.28)$$

Чтобы относительная погрешность измерения длин сторон с различными углами наклона оставалась постоянной, следует большие углы наклона измерять как можно точнее.

Практика измерения длин на весу показала, что на точность их измерения также оказывают влияние капеж, загрязненность полотна рулетки, отклонение отвесов воздушной струей, плохая освещенность полотна рулетки при взятии отсчетов и многие другие причины.

Измерение расстояний оптическим способом. В подземных условиях измерение расстояний может осуществляться оптическим способом с помощью дальномеров раздельного наведения или двойного изображения.

Измерение расстояний этими приборами основано на косвенном способе. В основу определения расстояния D (рис. IV.35) положено решение равнобедренного параллактического треугольника $M12$, в котором известны угол α и противолежащая сторона B ,

называемая базисом дальномера. Из треугольника $M12$ можно записать, что

$$D = \frac{B}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (\text{IV.29})$$

Так как угловая величина $\frac{\alpha}{2}$ мала, то

$$D = \frac{B}{2} \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{B\rho''}{\alpha}, \quad (\text{IV.30})$$

где ρ'' — радиан ($\rho'' = 206\,265$).

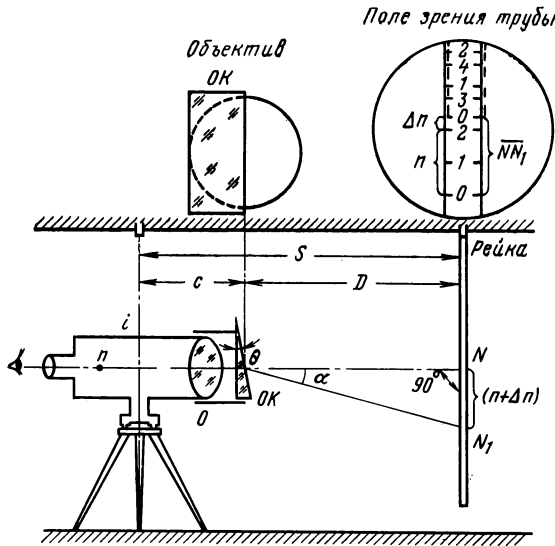


Рис. IV.36. Схема определения расстояний дальномером двойного изображения с клиновым компенсатором

Дальномеры раздельного наведения. При измерении расстояний можно использовать оптические теодолиты с ценой деления отсчетного приспособления до $1''$. Они применяются как дальномеры раздельного наведения в комплекте с переносным постоянным базисом. Допустим, что необходимо измерить расстояние между точками M и N (см. рис. IV.35). В точке M устанавливаем теодолит, а в точке N перпендикулярно лучу визирования на консоли или штативе — в горизонтальном положении базис. У базиса расстояние между марками 1 и 2 всегда постоянно и равно B . Измерив параллактический угол α , по формуле (IV.30) определяем расстояние D .

Дальномер двойного изображения с клиновым компенсатором (рис. IV.36) также может применяться для измерения расстояний в подземных условиях. Он относится к дальномерам с постоянным параллактическим углом α и переменным базисом (специально разградуированная рейка).

Постоянная величина угла α создается трехгранной призмой OK (оптическим клином), которая устанавливается перед объективом O таким образом, чтобы она закрывала половину поля зрения трубы. Воображаемая точка n , находящаяся на линии визирования, проектируется на дальномерную рейку двумя точками — точкой N , лежащей на линии визирования, и точкой N_1 , отклоненной за счет прохождения визирного луча через оптический клин (рис. IV.37). В поле зрения трубы можно наблюдать два изображения рейки, сдвинутых одно относительно другого в плоскости преломляющего угла клина на величину $\overline{NN_1}$ (см. рис. IV.36). Величина сдвига $n + \Delta n$ накладывающихся друг на друга реек (они показаны на рисунке сплошной и пунктирной линиями) зависит от расстояния между определяемыми точками. На рис. IV.36 видно, что сдвиг изображения $\overline{NN_1} = n + \Delta n = 2,5$ деления.

Измеренное расстояние будет равно

$$S = D + c, \quad (IV.31)$$

где c — постоянная поправка дальномера. Но так как

$$D = \overline{NN_1} \operatorname{ctg} \alpha = (n + \Delta n) \operatorname{ctg} \alpha,$$

где $\operatorname{ctg} \alpha = K = 100$ — величина постоянная, то

$$D = 100(n + \Delta n).$$

Тогда

$$S = 100(n + \Delta n) + c. \quad (IV.32)$$

В маркшейдерской практике дальномерами двойного изображения могут служить теодолиты, снабженные оптическими насадками, надеваемыми на объектив теодолита. Для измерения расстояний применяются насадки ДД-2, ДД-3, ДД-5 и ДАР-100 (ДНР-06). Авторедуцирующая насадка ДАР-100М (рис. IV.38, в) позволяет автоматически получать горизонтальные проложения измеренных длин при углах их наклона в пределах $\pm 21^\circ$. На рис. IV.38, а приведена конструкция дальномерной насадки с автоматическим редуцированием. Из схемы, показанной на рис. IV.38, б, видно, что свободно висящий перед одной половиной объектива оптический клин OK сохраняет неизменное вертикальное положение при вращении зрительной трубы. Это свойство конструкции при определенных параметрах клина позволяет довольно точно производить автоматическое редуцирование. Базисом при использовании дальномерных насадок служат рейки. Для ДАР-100М конструкция рейки показана на рис. IV.38, г. Измерение расстоя-

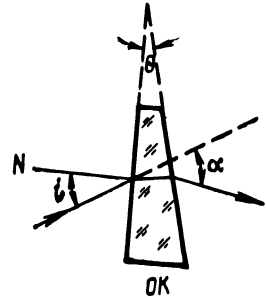


Рис. IV.37. Ход лучей в оптическом клине

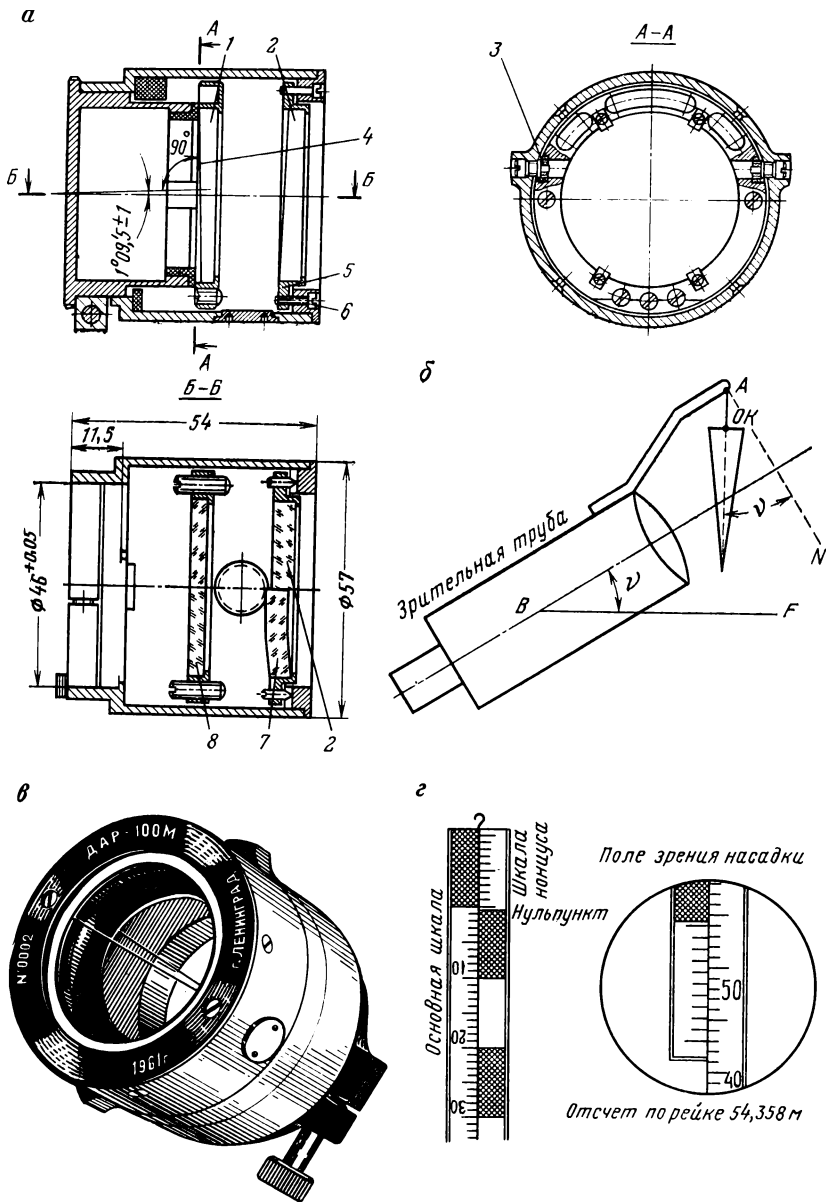


Рис. IV.38. Дальномерная насадка с автоматическим редуцированием ДАР-100М:

a — конструкция дальномерной насадки; *б* — принципиальная схема автоматического редуцирования с помощью подвешенного качающегося клина; *в* — общий вид насадки ДАР-100М; *г* — рейка для насадки ДАР-100М; 1 и 2 — оптические клинья; 3 — оправная затравка; 4 — ось, вокруг которой вращается оптический клин; 5 — оправка, в которой закреплен оптический клин; 6 — юстировочные винты; 7 — афокальная линза; 8 — плоскопараллельная пластина

ния насадкой ДАР-100М производят в следующей последовательности:

1) надевают насадку на объектив теодолита, установленного на задней точке измеряемой линии; на передней точке устанавливают рейку, показанную на рис. IV.38, г;

2) зрительную трубу дальномера наводят на рейку таким образом, чтобы в ее поле зрения был виден полностью нониус рейки. Определяют, какой штрих нониуса ближе всего совпадает со штрихом на основной рейке. Путем изменения положения зрительной трубы точно совмещают эти совпадающие штрихи;

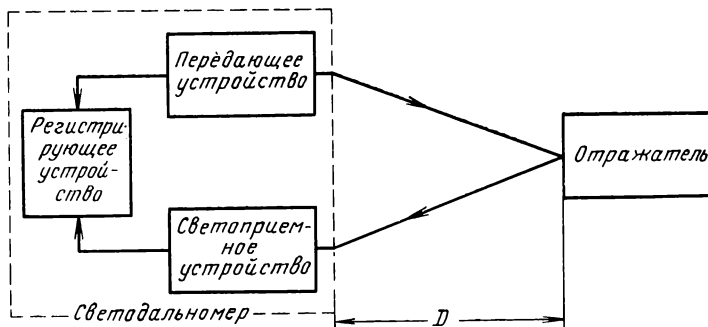


Рис. IV.39. Блок-схема светодальномера

3) производят отсчет по рейке. Для этого по основной шкале рейки (снизу вверх) определяют число целых делений, расположенных напротив нуль-пункта нониуса, которое соответствует числу метров в натуре. По шкале нониуса от нуль-пункта вниз определяют число делений до совпадающего штриха, которое соответствует числу дециметров в натуре. По шкале нониуса от нуль-пункта до средней горизонтальной линии (сверху вниз) отсчитывают число сантиметров и миллиметров. Миллиметры отсчитываются на глаз. В такой последовательности выполняют 4—6 измерений, а затем определяют среднее из них, которое и принимается за окончательное измеренное значение.

Точность измерения длин сторон с помощью дальномеров с раздельным наведением или двойного изображения составляет 1 : 1000 — 1 : 2000.

Измерение расстояний светодальномерами рекомендуется выполнять в тех случаях, когда стороны полигонометрического хода превышают 50 м.

Измеренное расстояние D светодальномерами сводится к определению времени τ , необходимого световому лучу на прохождение расстояния между измеряемыми точками в прямом и обратном направлениях (рис. IV.39).

В светодальномерах с помощью передающего устройства узкий пучок света направляется в сторону отражателя, установленного

на другом конце измеряемой линии, и, отразившись от него, возвращается в светоприемное устройство. Сигналы с передатчика и светоприемника поступают в регистрирующее устройство. Так как передатчик и светоприемник совмещены и устанавливаются

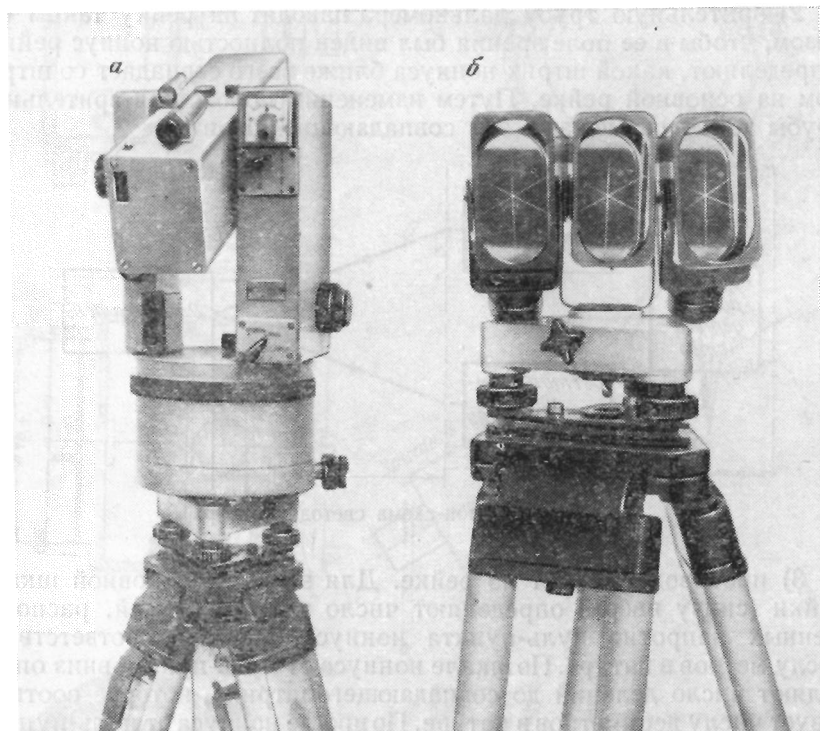


Рис. IV.40. Комплект приборов к светодалномеру МСД-1М.
а — светодалномер; *б* — отражатели

в одной точке, то световой пучок проходит измеряемое расстояние дважды, т. е.

$$D = \frac{v\tau}{2}, \quad (\text{IV.33})$$

где v — скорость распространения света в атмосфере; τ — время, в течение которого световой сигнал проходит двойное измеряемое расстояние.

В светодалномерах МСД-1М (рис. IV.40), наиболее широко применяемых для измерения расстояний в подземных условиях, время τ определяется косвенным путем через разность фаз отправленных и принятых колебаний.

Фазу отправленного колебания можно выразить формулой

$$\varphi_1 = \omega t, \quad (\text{IV.34})$$

где ω — круговая частота колебания; t — время (текущий параметр).

Тогда фазу принятого отраженного колебания можно выразить формулой

$$\varphi_2 = \omega(t - \gamma), \quad (\text{IV.35})$$

где γ — запаздывание фазы отраженного колебания за счет прохождения им измеряемого расстояния дважды.

Из формул (IV.34) и (IV.35) можно определить разность фаз $\Delta\varphi$ отправленного и принятого колебаний

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \omega t - \omega(t - \gamma) = \omega\gamma.$$

Следовательно,

$$\gamma = \frac{\Delta\varphi}{\omega}, \quad (\text{IV.36})$$

так как $\omega = 2\pi f$, где f — частота колебаний, Гц. Подставив в формулу (IV.33) значение τ , получим

$$D = \frac{v}{4\pi f} \Delta\varphi \quad (\text{IV.37})$$

или

$$D = \frac{1}{4\pi} \lambda \Delta\varphi, \quad (\text{IV.38})$$

где λ — длина волны колебания.

Светодальномер МСД-1 (МСД-1М) позволяет измерять расстояния в подземных условиях от 1 до 400 м за 5—8 мин с погрешностью $\pm(2-3)$ мм. Он прост и удобен в работе, а по точности измерений полностью удовлетворяет требованиям Технической инструкции по производству маркшейдерских работ.

Рассмотрим закон накопления погрешностей при измерении длин сторон металлическими рулетками.

Погрешности измерения длин сторон в подземных условиях могут возникать из-за грубых, систематических и случайных погрешностей, которые влияют на точность измерения расстояний.

Г р у б ы е п о г р е ш н о с т и, как уже отмечалось ранее, в основном происходят из-за невнимательности исполнителей работ. Они могут быть обнаружены при повторных измерениях.

С и с т е м а т и ч е с к и е п о г р е ш н о с т и изменяются по определенному закону. Они могут быть постоянными, когда известен не только знак, но и размер погрешностей, и переменными, изменяющимися по величине от одного измерения к другому. Систематические погрешности измерительного прибора должны быть изучены, чтобы можно было освобождать от погрешности конечный результат.

К постоянным систематическим погрешностям можно отнести погрешность, возникающую из-за неточности компарирования рулетки.

Случайные погрешности возникают независимо от применяемых приборов и методики измерений. Характер их проявления при отдельном измерении неизвестен. К ним можно отнести непостоянство натяжения, неправильность выставления промежуточных отвесов, неточности отсчитывания по концам рулетки и измерения угла наклона.

Выше были разобраны источники погрешностей, которые оказывают влияние на точность измерения длин линий металлическими рулетками.

В результате совместного действия нескольких видов случайных погрешностей пролет l измеряется с общей среднеквадратической погрешностью $m_{cл}$. Если в измеряемой длине L содержится n пролетов, то

$$m_{L_{cл}} = m_{cл} \sqrt{n}$$

или

$$m_{L_{cл}} = m_{cл} \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{l}}, \text{ так как } n = \frac{L}{l}.$$

Обозначив $\frac{m_{cл}}{\sqrt{l}} = a$, получим

$$m_{L_{cл}} = a \sqrt{L}. \quad (\text{IV.39})$$

Из формулы (IV.39) видно, что случайная погрешность измерения длины стороны увеличивается пропорционально квадратному корню из L . Величина a называется коэффициентом случайного влияния и определяется опытным путем.

Относительная погрешность измерения длин в зависимости от действия случайных погрешностей измерения уменьшается с увеличением длины линии

$$\frac{m_{L_{cл}}}{L} = \frac{a}{\sqrt{L}}.$$

Систематические погрешности также оказывают влияние на точность измерения длин сторон.

Если длина пролета l измерена с систематической погрешностью $m_{cист}$, то вся длина линии L , содержащая в себе n пролетов, будет измерена с систематической погрешностью

$$m_{L_{cист}} = m_{cист} n$$

или

$$m_{L_{cист}} = m_{cист} \frac{L}{l}.$$

При

$$\frac{m_{cист}}{l} = b$$

$$m_{L_{cист}} = bL. \quad (\text{IV.40})$$

Систематическая погрешность возрастает пропорционально длине стороны.

Относительная погрешность измерения длин в зависимости от действия систематических погрешностей является величиной постоянной для данных условий измерений и не зависит от L

$$\frac{m_{L_{\text{сист}}}}{L} = b.$$

Суммарная средняя квадратическая погрешность измерения длины стороны в зависимости от $m_{\text{сл}}$ и $m_{\text{сист}}$ определяется по формуле

$$m_L = \pm \sqrt{a^2 L + b^2 L^2}. \quad (\text{IV.41})$$

Коэффициенты случайного и систематического влияния a и b могут быть определены опытным путем. Для этого в подземных условиях измеряют одни и те же длины с обычной и повышенной точностью и результаты точных измерений принимают за безошибочные. Можно использовать разности независимых двукратных измерений линий, т. е. измерений, проведенных в прямом $L_{\text{пр}}$ и обратном $L_{\text{обр}}$ направлениях. Составляют разности обычных L и более точных L_r измерений (или $L_{\text{пр}} - L_{\text{обр}}$)

$$d_i = L_i - L_{r_i}.$$

Используя эти разности, находят

$$b = \frac{[d]}{[L]} \quad \text{и} \quad a = \pm \sqrt{\frac{\left[\frac{d'^2}{L} \right]}{n-1}}, \quad (\text{IV.42})$$

где

$$d'_i = d_i - bL_i.$$

Значения коэффициентов a и b из формулы (IV.41) для подземных теодолитных ходов I разряда (по данным ВНИМИ) следующие:

для горизонтальных выработок $a = 0,0005 \text{ м}^{1/2}$, $b = 0,00005$;
 для наклонных выработок ($v > 15^\circ$) $a = 0,0015 \text{ м}^{1/2}$, $b = 0,00010$.

§ 16. Съёмка подробностей

Для правильного отражения на маркшейдерских планах и других горно-геометрических графиках пространственного положения и геометрических форм горных выработок, искусственных сооружений и т. д. в них могут применяться различные способы съёмки подробностей: полярный, угловых засечек, линейных засечек, способ ординат.

Объектами съёмки подробностей являются: сечение выработки, характерные ее изгибы, местоположение встречающихся по ходу

съемки других выработок, камер и целиков, расположение искусственных сооружений, стационарных машин и механизмов, разрывных нарушений, местоположение забоя выработки и других рабочих подробностей, необходимых для построения плана горных выработок.

Съемка подробностей должна вестись с точностью, обеспечивающей правильность нанесения снятого объекта в масштабе плана.

При съемке подробностей в подземных условиях наибольшее распространение нашел способ ординат.

Во время прокладки теодолитного хода на каждой точке стояния теодолита измеряют сечение выработки в свету с помощью тесьмянной или желобчатой рулетки типа РЖ-2. Измеренные расстояния от центра теодолита влево, вправо, вверх и вниз записывают в журнал теодолитной съемки (см. табл. IV.4).

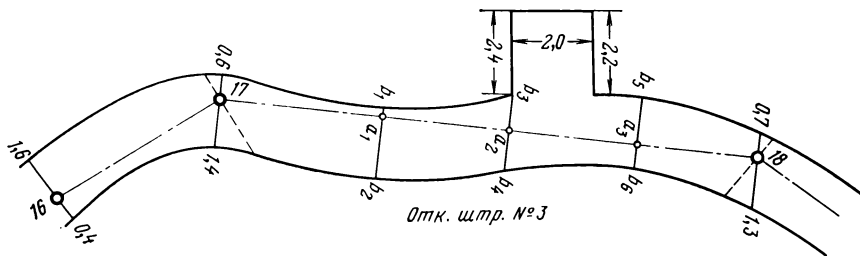


Рис. IV.41. Абрис съемки подробностей по способу ординат

Положение точек подробностей определяется путем измерения расстояний по стороне теодолитного хода от ее начала до оснований перпендикуляров, опускаемых из точек подробностей на эту сторону, и длин самих перпендикуляров (ординат). Частота замеров определяется извилистостью выработки. Для съемки подробностей способом ординат рекомендуется металлическую рулетку укладывать в створе теодолитных точек, например 17—18. Нуль рулетки при этом должен быть совмещен с проекцией одной из конечных точек стороны хода (на рис. IV.41 с точкой 17).

Расстояния a_1, a_2, a_3 и т. д. измеряют с точностью ± 10 см и записывают в журнал теодолитной съемки нарастающим итогом от точки 17. Ординаты b_1, b_2, b_3, b_4 и т. д. измеряют тесьмянной или желобчатой рулеткой с точностью $\pm 2-3$ см.

На абрисе (эскизе) выработки записывают все измеренные величины a_i и b_i , поперечные сечения выработок, встречающихся по ходу съемки, и другие подробности.

Применение способа ординат в горных выработках позволяет обеспечить быстроту съемки точек и простоту накладки результатов съемки на план горных выработок.

В некоторых случаях, когда применение способа ординат нецелесообразно, используются другие способы съемки подробностей.

§ 17. Обработка результатов измерений подземного теодолитного хода

Обработка результатов измерений подземного теодолитного хода выполняется в следующей последовательности:

проверка журналов полевых наблюдений и предварительная обработка измеренных угловых и линейных величин;

вычисление горизонтальных проложений;

определение угловой невязки хода и дирекционных углов после ее распределения;

вычисление приращений координат, определение линейной невязки и ее распределение пропорционально длинам сторон;

вычисление исправленных приращений координат и координат точек теодолитного хода;

нанесение на план точек теодолитного хода по вычисленным координатам.

Следует отметить, что для успешного проведения обработки результатов теодолитного хода необходимо аккуратно и тщательно производить записи в полевом журнале и в ведомостях вычисления координат, так как они являются важнейшими техническими и юридическими документами.

После проверки журналов измерений и установления соответствия результатов измерений существующим допускам в журналах делают соответствующую запись за подписью лица, проверяющего журнал. Все ошибочные записи перечеркиваются и вместо них записываются исправленные с отметкой росписи лица, выполнившего исправление.

Обработка линейных измерений начинается с вычисления среднеарифметических значений длин сторон, свободных от возможных погрешностей, рассмотренных ранее.

В соответствии с требованиями Технической инструкции по производству маркшейдерских работ в полигонометрических ходах в измеренные длины сторон необходимо вводить следующие поправки:

1) Δ_k — поправка за компарирование в соответствии с паспортом используемой рулетки;

2) Δ_t — поправка за температуру, которая может быть вычислена по формуле

$$\Delta_t = l\alpha(t_n - t_k), \quad (\text{IV.43})$$

где α — коэффициент линейного расширения стали; t_n — температура при измерении; t_k — температура при компарировании рулетки;

3) Δ_{l_n} — поправка за провес

$$\Delta_{l_n} = \frac{q^2 l'^3}{24Q}, \quad (\text{IV.44})$$

где q — масса 1 м рулетки, кг; Q — сила натяжения рулетки при измерении, кгс; l' — измеренная длина пролета.

Определив поправки, вычисляют искомую длину пролета l , свободную от погрешностей

$$l = l' \pm \Delta_k \pm \Delta_t - \Delta_{t_n}, \quad (\text{IV.45})$$

а затем и наклонную длину измеренной стороны L_n .

Горизонтальное проложение длин сторон вычисляют по формуле

$$L = L_n \cos v, \quad (\text{IV.46})$$

где L — горизонтальное проложение; v — угол наклона измеряемой стороны.

В вычисленное горизонтальное проложение длин сторон в некоторых случаях следует вводить поправки: за приведение длин к уровню моря $\Delta L'$ и за приведение длин сторон на плоскость принятой проекции $\Delta L''$.

Поправка $\Delta L'$ вводится в тех случаях, если съемка производится на высотах или глубинах, превышающих 600 м от уровня моря, и определяется по формуле

$$\Delta L' = L \frac{H_{\text{ср}}}{R}, \quad (\text{IV.47})$$

где $H_{\text{ср}}$ — абсолютная отметка средней точки измеряемой стороны полигона, м; R — средний радиус земли, м.

Поправка $\Delta L'$ вводится со знаком, противоположным знаку абсолютной отметки.

Поправка $\Delta L''$ определяется по формуле

$$\Delta L'' = L \frac{y^2}{2R^2}, \quad (\text{IV.48})$$

где y — средняя ордината хода, км; R — средний радиус кривизны, км.

Поправка $\Delta L''$ вводится со знаком плюс, если $y > 90$ км.

При обработке измеренных длин сторон в теодолитных ходах I разряда должны быть учтены поправки за компарирование рулетки и угол наклона линии к горизонту, если эти погрешности в сумме превышают 1 : 2000.

Предварительная обработка угловых измерений заключается в вычислении средних значений измеренных углов, что является дополнительным контролем полевых вычислений. После этого проверенные средние значения углов и горизонтальных проложений записывают в ведомость вычисления координат и вычисляют угловую невязку f_α .

Величина f_α в зависимости от вида теодолитного хода может быть вычислена по формулам. Например, для разомкнутого полигона (рис. IV.42), когда измерены левые по ходу углы,

$$f_\alpha = 180^\circ n + \sum \alpha - (A_{DC} - A_{AB}) - 360^\circ k, \quad (\text{IV.49})$$

В сканированном экземпляре
часть страницы отсутствует
(подрезана «читателем»)

После вычисления приращений координат Δx и Δy рекомендуется производить контрольные вычисления по одной из формул:

$$\Delta x = \Delta y \operatorname{ctg} r$$

или

$$\Delta y = \Delta x \operatorname{tg} r.$$

Вычисление координат для разомкнутого теодолитного хода, проложенного между точками B и D (см. рис. IV.42) с известными координатами x_B, y_B и x_D, y_D , производят следующим образом:

$$\begin{array}{ll} x_1 = x_B + \Delta x_1; & y_1 = y_B + \Delta y_1; \\ x_2 = x_1 + \Delta x_2; & y_2 = y_1 + \Delta y_2; \\ \dots & \dots \\ x_D = x_{12} + \Delta x_D. & y_D = y_{12} + \Delta y_D. \end{array}$$

Сложив левые и правые части обоих столбцов и произведя сокращения, получим

$$x_D = x_B + \sum_1^D \Delta x; \quad y_D = y_B + \sum_1^D \Delta y.$$

Откуда

$$\left. \begin{array}{l} \sum_1^D \Delta x_{\text{выч}} = x_D - x_B \\ \sum_1^D \Delta y_{\text{выч}} = y_D - y_B \end{array} \right\}. \quad (\text{IV.53})$$

Но так как при измерении угловых и линейных величин при прокладке теодолитного хода присутствуют определенные погрешности, то в выражениях (IV.53) левые и правые части не будут равны. Следовательно,

$$\begin{array}{l} f_{\Delta x} = \left[\sum_1^D \Delta x_{\text{выч}} - (x_D - x_B) \right]; \\ f_{\Delta y} = \left[\sum_1^D \Delta y_{\text{выч}} - (y_D - y_B) \right], \end{array} \quad (\text{IV.54})$$

где $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ — линейные невязки в приращениях координат разомкнутого теодолитного хода по осям абсцисс и ординат. Линейная невязка хода вычисляется по формуле

$$f_L = \sqrt{f_{\Delta y}^2 + f_{\Delta x}^2}. \quad (IV.55)$$

В зависимости от назначения теодолитной съемки, вида прокладываемого полигона, его протяженности и наличия твердых пунктов Техническая инструкция регламентирует определенные линейные невязки теодолитных ходов.

Если линейная невязка допустима, то невязки в приращениях координат распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон.

$$\delta_{\Delta y_i} = -\frac{f_{\Delta y}}{[L]} l_i \quad \text{и} \quad \delta_{\Delta x_i} = -\frac{f_{\Delta x}}{[L]} l_i. \quad (IV.56)$$

С учетом вычисленных невязок $\delta_{\Delta y_i}$ и $\delta_{\Delta x_i}$ определяют исправленные приращения координат:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x'_i &= \Delta x_i \pm \delta_{\Delta x_i} \\ \Delta y'_i &= \Delta y_i \pm \delta_{\Delta y_i} \end{aligned} \right\}. \quad (IV.57)$$

Координаты точек теодолитного хода вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{i-1} \pm \Delta x'_{i-1} \\ y_i &= y_{i-1} \pm \Delta y'_{i-1} \end{aligned} \right\}. \quad (IV.58)$$

Таким образом, вычисление координат пунктов подземных полигонометрических ходов осуществляется по приведенным выше формулам в специальных журналах (табл. IV.9).

При обработке результатов теодолитного хода вычисление приращений координат и самих координат точек можно выполнять одним из следующих способов: с применением таблиц логарифмов, с использованием настольных счетных машин и таблиц тригонометрических функций, путем решения стандартных программ на ЭВМ.

Применение ЭВМ для вычисления и уравнивания ходов опорных и съемочных сетей является одним из главных направлений повышения эффективности и снижения трудоемкости вычислительных работ маркшейдера.

В угольной промышленности, например, больше половины производственных объединений оснащены вычислительными центрами, которые ведут централизованное обслуживание маркшейдерских отделов шахт и разрезов при решении конкретных задач.

В вычислительных центрах имеются универсальные программы, составленные таким образом, что маркшейдеру не требуется производить промежуточных и дополнительных вычислений. Программы просты в использовании, исходные данные для решения

Журнал вычисления координат пунктов полигонометрического хода

Измеренные углы — журнал 3, стр. 44—49
 Приведенная длина линий — журнал 4, стр. 72
 Исходные данные — журнал 3, стр. 19

Полигонометрический ход
 по откаточному шпрегу № 3

Пункты стояния	Пункты		Измеренные горизонтальные углы $\alpha_{гп}$	Исправленные горизонтальные углы $\alpha_{испр}$	Приведенная длина линий L , м	Дирекционные углы A	Натуральные значения		
	визир-вания						$\sin A$	$\cos A$	$\operatorname{tg} A$ или $\operatorname{ctg} A$
1	А 2		177° 30' 43" —9	177° 30' 34"	23,468	20° 00' 00" 17° 30' 34"	0,30086	0,95367	
2	1 3		179° 00' 31" —9	179° 00' 22"	21,508	16° 30' 56"	0,28427	0,95874	
3	2 4		80° 44' 43" —9	80° 44' 34"	20,809	277° 15' 30"	0,99199	0,12634	
4	3 5		165° 14' 05" —9	165° 13' 56"	26,367	262° 29' 26"	0,99143	0,13069	
5	4 6		177° 52' 09" —9	177° 52' 00"	29,489	260° 21' 26"	0,98587	0,16751	
6	5 7		183° 15' 27" —9	183° 15' 18"	27,361	263° 36' 44"	0,99379	0,11126	
7	6 В		94° 31' 47" —9	94° 31' 38"	28,240	178° 08' 22"	0,03247	0,99947	

$$\left(\sum \alpha_{изм} = 1058^{\circ}09'25''\right) - \left(\sum \alpha_{теор} = 1058^{\circ}08'22''\right) = (f_{\alpha_{гп}} = +0^{\circ}01'03''); \sum L = 177,272; f_{\alpha_{доп}} = \pm 2m_{\alpha} \sqrt{n} = \pm 2,45'' \sqrt{7} = \pm 3' 54''$$

Продолжение табл. IV.9

Пункты стояния	Пункты			Приращения координат			Контроль Δx или Δy	Координаты		Пункты
	визиро- вания	\pm	Δy	\pm	Δx	y		x		
1	A 2	+	+1 7,060	+	+5 22,381		2000,000 2007,061	2000,000 2022,386	1 2	
2	1 3	+	+1 6,114	+	+4 20,620		2013,176	2043,011	3	
3	2 4	-	20,642	+	+4 2,629		1992,534	2045,644	4	
4	3 5	-	26,141	-	+6 3,446		1966,394	2042,204	5	
5	4 6	-	+2 29,072	-	+7 4,940		1937,324	2037,271	6	
6	5 7	-	+2 27,191	-	+6 3,044		1910,135	2034,233	7	
7	6 B	+	+2 0,917	-	+6 28,225		1911,054	2006,014	B	

$$\sum \Delta y = -88,955; \quad \sum \Delta x = +5,975$$

$$\sum \Delta y_r = -88,946; \quad \sum \Delta x_r = +6,014$$

$$\frac{f_{\Delta y} = -0,009; \quad f_{\Delta x} = -0,039}{\sum L = 4432; \quad \text{пред } \frac{f_L}{\sum L} = \frac{1}{3000}}$$

$$f_L = \sqrt{(f_{\Delta y})^2 + (f_{\Delta x})^2} = 0,04;$$

$$\frac{f_L}{\sum L} = \frac{1}{4432}; \quad \text{пред } \frac{f_L}{\sum L} = \frac{1}{3000}$$

конкретной задачи заполняются маркшейдером в простых и удобных формулярах. Технологическая схема решения маркшейдерских задач приведена на рис. IV.43.

Входными документами к программе являются заполненные формы 1 и 2. Форма 1 (табл. IV.10) начинается с заголовка, включающего наименование предприятия и вычисляемого хода, ссылки

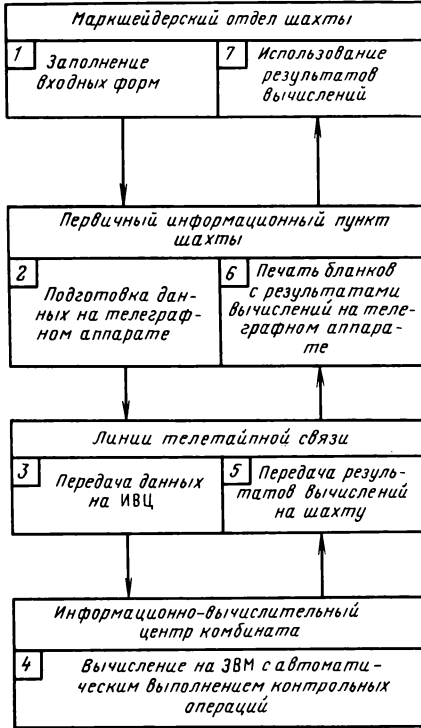


Рис. IV.43. Технологическая схема решения маркшейдерских задач

на используемые журналы, фамилию исполнителя и дату. Кроме того, в форме 1 имеется числовая информация, а именно: кодовый признак хода N_T ; число пунктов в ходе n ; номинальная длина рулетки, использованной для измерения сторон хода L , м;

разность между фактической (полученной при компарировании) и номинальной длинами рулетки K , мм;

стрела провеса рулетки F , м; средняя высотная отметка пунктов хода $Z_{ср}$, км;

удаление предприятия от осевого меридиана координатной зоны $y_{ш}$, км;

число секций в ходе C , число сторон n_c и коды N_c секций;

координаты первого x_1, y_1 и последнего x_{n_T}, y_{n_T} пунктов хода, дирекционные углы исходных направлений в начале α_0 и в конце α_n хода;

средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов m_β .

Форма 2 (табл. IV.11) представляет собой таблицу с графами для записи наименований пунктов хода N_n , измеренных горизонтальных углов H , углов наклона линий визирования назад v_n и вперед v_v , наклонных длин S_n, S_v сторон до предыдущего и последующего пунктов, высот инструмента J и сигналов P_n, P_v на предыдущем и последующем пунктах, высотных отметок z пунктов, отклонений температуры воздуха Δt от температуры при компарировании рулетки, число сторон n_t , измеренных при постоянной температуре воздуха.

Строки формы 2 заполняются данными из полевого журнала измерений, начиная с первого пункта хода и далее, по направлению его проложения.

Граница ввода

Наименование шахты или ее номер
Шахта «Западная»

Наименование хода и место его проложения
Теодолитный ход, проложенный прямо и обратно
по 12 зап. откаточному штреку
Исходн. данные — ж. 3, стр. 6, измерен. углы и длины — ж. 7, стр. 2—12

Фамилия и инициалы
Маркшейдер Иванов И. И.

Число	Месяц	Год
06	06	1979

Граница ввода

Граница ввода

N_T	n	L	K	E	Z_{cp}	$y_{ш}$	
2	8	20	5,0	0,2	0,2	80	∆ III

C	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	n_c	N_c	
5	3	717	2	717	2	71	3	17	3	717							∆ III
																	∆ III

x_1	y_1	α_0	x_{n_T}	y_{n_T}	α_n	m_p	
10058,880	20099,934	1800,103				20	∆ III

Таблица IV.11
Форма 2

N_{Π}	H	v_H	v_B	S_H	S_B	J	P_H	P_B	z	Δf	n_t
7	1795950		20700		40,003	1,251		1,751	207,587	0	4
8	1800015		10502		40,502	1,350		1,843			
-9	1795940		-24500		40,401	1,453		1,945			
10	1800010		-3000		40,004	1,551		2,059	209,369		
-11	1795920		-4500		40,000	1,052		1,556		-6	3
-12	1800000		13500		40,202	1,325		1,825	209,517		
13	1800020		-1800		40,308	1,225		1,725			
14											
14			1800		40,308	1,725		1,225		-6	3
13	1795945		33000		60,002	1,002		1,001			
-18	1795949		21000		60,103	1,751		1,250			
10	1800005		-15500		40,207	1,205		1,100	209,369	0	3
-17	1795940		31000		40,801	1,504		1,101			
8	1795950		-20900		40,002	1,775		1,208			
7	1800030								207,587		

Формы 1, 2 заполняются маркшейдером, после чего входные документы передаются в вычислительный центр.

После обработки входной информации на ЭВМ маркшейдер получает выходные документы решения задачи в двух экземплярах. Выходной документ (табл. IV.12) начинается с заголовка, повторяющего заголовок входного документа. Ниже заголовка — строка значений L , K , F , $z_{\text{ср}}$, $y_{\text{ш}}$ и код варианта хода. Далее следует таблица, содержащая результаты измерений (под заголовком «Измеренные») и результаты вычислений (под заголовком «Вычисленные»). Графа $D/R/B$ содержит усредненные горизонтальные проложения D длин сторон, невязки R горизонтальных проложений и невязки B превышений при измерении длин сторон и их углов наклона прямо и обратно, а графа A — уравненные дирекционные углы сторон хода. В заголовках остальных граф используются обозначения, принятые в форме 2 входных документов. Таблица заканчивается чертой, под которой в соответствующих графах напечатаны значение средней квадратической погрешности измерения горизонтальных углов, периметр хода, фактические и допустимые значения угловых и линейных невязок хода.

В табл. IV.13 приведены число сторон в секциях хода, коды вариантов секций, фактические невязки ходов тригонометрического нивелирования, отклонения (разности) температуры воздуха в выработках от температуры при компарировании рулетки и число сторон хода, измеренных при постоянной температуре воздуха. В конце листа имеется место для вычерчивания эскиза хода.

При получении выходных документов маркшейдер выполняет их проверку. При этом проверяется полное совпадение двух экземпляров документов и исходных данных задачи во входных и выходных документах.

Таким образом, для пользования программой маркшейдеру достаточно заполнить входные документы и при получении результатов вычислений выполнить несложные контрольные операции, аналогичные сверке результатов при счете в две руки.

Рассмотрим пример вычисления на ЭВМ теодолитного хода, проложенного дважды.

Измеренные и вычисленные величины теодолитного хода, проложенного прямо и обратно по 12-му западному откаточному штреку, приведены в табл. IV.12. Ходу, проложенному дважды, соответствует кодовый признак $N_{\tau}=2$. Прямой ход содержит 7 сторон, в обратном ходе 6 сторон. Исходными являются пункт 7 ($x=10\,058,880$; $y=20\,099,934$) и направление 6—7 с дирекционным углом $\alpha = 180^{\circ} 01' 03''$. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов хода $\pm 20''$. Известны высотные отметки пунктов: 7 ($z = 207,587$), 10 ($z = 209,369$), 12 ($z = 209,517$). Углы наклона сторон измерены в прямом направлении. Стороны хода измерены рулеткой длиной 20 м. Погрешность за компарирование рулетки 5 мм, стрела провеса рулетки 0,2 м. Длины сторон хода между пунктами 7—11 измерены при температуре, равной

Шахта «Западная»

Теодолитный ход, проложенный прямо и обратно по 12 зап. откаточному штреху
Исход. данные — ж. 3, стр. 8, измерен. углы и длины — ж. 7, стр. 2—12
Маркшейдер Иванов И. И.

06.06.1979

L = 20 K = 5,0 F = 0,20 z = 0,2 y = 80 Вариант 2

Измеренные				Вычисленные				N
S/V	I/P	H	D/R/B	A	x	y	z	
40,003	1,251	1 795 950		1 800 103				7
20 700	1,751		39,977	1 800 043	10058,880	20099,934	207,587	
40,502	1,350	1 800 015		1 800 106				8
10 502	1,843		40,496		10018,904	20099,926	209,611	
40,401	1,453	1 795 940		1 800 054				9
-24 500	1,945		40,356		9978,389	20099,914	210,843	
40,004	1,551	1 800 010		1 800 109				10
-3 000	2,059		40,004		9938,015	20099,904	209,369	
40,000	1,052	1 795 920		1 800 033				11
-4 500	1,556		39,995		9898,051	20099,890	209,532	
40,202	1,325	1 800 000		1 800 038				12
13 500	1,825		40,185		9858,096	20099,884	209,517	
40,308	1,225	1 800 020		1 800 103				13
-1 800	1,725		40,306		9817,850	20099,876	211,195	

Прямой ход

						9777,644	20099,863	211,484	14
20 281, 319									
Обратный ход									
40,308	1,725	40,306	103	9777,644	20099,863	211,484	14		
1 800	1,225								
60,002	1,002	59,888	53	9817,950	20099,876	211,195	13		
-33 000	1,001								
60,103	1,751	60,058	47	9877,898	20099,891	207,564	18		
21 000	1,250								
40,207	1,205	40,186	57	9938,015	20099,904	209,369	10		
-15 500	1,100								
40,801	1,504	40,740	45	9978,182	20099,916	207,890	17		
31 000	1,001								
40,002	1,775	39,975	43	10018,904	20099,926	209,611	8		
-20 900	1,208								
		1 800 030	103	10058,880	20099,934	207,587	7		

Невязки: факт. 20 281,153
 —46 3357 —0,166 0,022
 допуст. 224 2000

Т а б л и ц а IV.13

Секции		Невязка z		Температура	
число сторон	вариант	фактическая	допустимая	разность	число сторон
3	717	0,008	0,04		4
2	717	-0,009	0,03	-6	3
2	71			-6	3
3	17				3
3	717	0,015	0,04		

Проверил: маркшейдер

(Иванов И. И.)

температуре компарирования рулетки, а на участке хода между пунктами 11—14 — при температуре ниже на 6° . Среднее значение высотных отметок в выработках, по которым проложен ход, 200 м. Расстояние от шахты до осевого меридиана координатной зоны 80 км. По всему ходу выполнено тригонометрическое нивелирование.

При подготовке данных в ходе выделены пять секций. Первые две секции прямого хода проложены между пунктами 7, 10, 12 с известными высотными отметками. При этом в первой секции — три стороны (код 717), а во второй — две стороны (код 717). Третья секция прямого хода содержит две стороны висячего тригонометрического хода (код 71). Две другие секции относятся к обратному ходу и имеют по три стороны. Первая секция обратного хода — от пункта 14 до пункта 10 с известной высотной отметкой (код 17). Вторая секция обратного хода — от пункта 10 к пункту 7 с известными высотными отметками (код 717).

Исходные данные для вычисления хода записаны в специальных формах.

Перед номерами пунктов 9, 11, 12, 17, 18 поставлен знак минус, который указывает, что эти пункты находятся в ответвлениях.

Результаты вычислений на ЭВМ приведены в табл. IV.12.

После вычисления координат пунктов теодолитного хода производится их накладка на план горных выработок, построенный в определенном масштабе. Наколов вершины проложенного полигона, осуществляют контроль правильности их нанесения путем измерения расстояния между двумя соседними точками хода. По данным эскизов теодолитной съемки наносят контуры горных выработок и другие подробности в масштабе построенного плана.

§ 18. Накопление погрешностей в подземных теодолитных ходах

При прокладке теодолитных ходов координаты пунктов подземного полигона вычисляются с определенными допускаемыми погрешностями и не соответствуют их истинному положению в пространстве.

С увеличением числа измеренных углов и сторон хода происходит накопление погрешностей, т. е. по мере удаления точек теодолитного хода от его начала возрастают погрешности их положения относительно начальной стороны хода.

Погрешность положения конечной точки свободного полигона по осям координат. Допустим, что имеем свободный подземный полигон, проложенный из начальной твердой точки I (рис. IV.44). Исходный дирекционный угол α_{I-I} получен независимо от выпол-

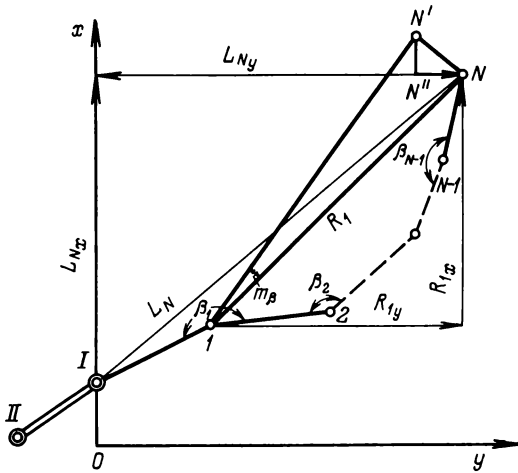


Рис. IV.44. Схема к накоплению погрешностей в свободном полигоне

ненного теодолитного хода $I-1-2-\dots-N$. В полигоне измерены левые по ходу углы β_i и определены горизонтальные проекции сторон s_i .

Относительно точки I определим общую погрешность координат конечной точки N свободного полигона, опирающегося на сторону $II-I$ с твердыми координатами и дирекционным углом α_{I-I} . Погрешность координат точки N складывается из погрешностей измерения горизонтальных углов M_β и длин сторон хода M_s .

Так как измерение углов производится независимо от измерения длин сторон хода, то погрешности координат в зависимости от M_{x_β} , M_{y_β} и M_{x_s} , M_{y_s} могут быть определены раздельно, а затем вычислены общие погрешности координат точки N по формулам:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= \pm \sqrt{M_{x_\beta}^2 + M_{x_s}^2} \\ M_y &= \pm \sqrt{M_{y_\beta}^2 + M_{y_s}^2} \end{aligned} \right\} \quad (IV.59)$$

Общая погрешность положения точки N на плане в зависимости от погрешностей измерения углов M_β и длин сторон M_s будет равна

$$M^2 = M_x^2 + M_y^2 = M_\beta^2 + M_s^2, \quad (\text{IV.60})$$

так как

$$M_\beta^2 = M_{x_\beta}^2 + M_{y_\beta}^2, \text{ а } M_s^2 = M_{x_s}^2 + M_{y_s}^2.$$

Определение M_{x_β} , M_{y_β} и M_β произведем графическим путем. Предположим, что угол β_1 (см. рис. IV.44) измерен со средней квадратической погрешностью m_{β_1} . В этом случае полигон $1-2, \dots, -N$ повернется на угол m_{β_1} вокруг точки 1 и точка N займет положение N' . Из прямоугольного треугольника $1NN'$ найдем величину перемещения точки N

$$NN' = R_1 \operatorname{tg} m_{\beta_1}.$$

Так как при малых углах $\operatorname{tg} \beta = \frac{\beta''}{\rho''}$, то будем иметь $NN' = \frac{m_{\beta_1}}{\rho} R_1$. При этом перемещение точки N по осям x и y будет равно

$$N'N'' = \frac{m_{\beta_1}}{\rho} R_{1y} \text{ и } NN'' = \frac{m_{\beta_1}}{\rho} R_{1x},$$

где R_{1y} и R_{1x} — проекции на оси координат кратчайшего расстояния R_1 от вершины полигона 1 до точки N ; ρ'' — радиан (206265").

При равноточных измерениях горизонтальных углов, т. е. при

$$m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = \dots = m_{\beta_l} = m_{\beta_n} = m_\beta,$$

для любого измеренного угла β_i с погрешностью m_{β_i} можно записать, что смещение точки N по осям Ox и Oy составит

$$\frac{m_{\beta_i}}{\rho} R_{iy} \text{ и } \frac{m_{\beta_i}}{\rho} R_{ix}.$$

В целом перемещение точки N по осям x и y от влияния случайных погрешностей измерения всех углов будет равно

$$\left. \begin{aligned} M_{x_\beta} &= \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_{iy}^2}; \\ M_{y_\beta} &= \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_{ix}^2}; \\ M_\beta &= \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R^2}. \end{aligned} \right\} \quad (\text{IV.61})$$

Найдем погрешности координат конечного пункта свободного теодолитного хода M_{x_s} и M_{y_s} , обусловленные погрешностями измерения длин. Погрешности M_{x_s} и M_{y_s} складываются из случай-

ных и систематических погрешностей измерения каждой стороны полигона. Следовательно,

$$\left. \begin{aligned} M_{x_s}^2 &= M_{x_{s_{сл}}}^2 + M_{x_{s_{сист}}}^2 \\ M_{y_s}^2 &= M_{y_{s_{сл}}}^2 + M_{y_{s_{сист}}}^2 \end{aligned} \right\}, \quad (IV.62)$$

где $M_{x_{s_{сл}}}$ и $M_{y_{s_{сл}}}$ — погрешности координат конечной точки свободного полигона в зависимости от влияния случайных погрешностей измерения длин; $M_{x_{s_{сист}}}$ и $M_{y_{s_{сист}}}$ — погрешности координат конечной точки свободного полигона в зависимости от влияния систематических погрешностей измерения длин.

Значения случайных составляющих $M_{x_{s_{сл}}}^2$ и $M_{y_{s_{сл}}}^2$ при вычислении $M_{x_s}^2$ и $M_{y_s}^2$ можно определить по формулам:

$$\left. \begin{aligned} M_{x_{s_{сл}}}^2 &= a^2 \sum_{i=1}^n s_i \cos^2 \alpha_i \\ M_{y_{s_{сл}}}^2 &= a^2 \sum_{i=1}^n s_i \sin^2 \alpha_i \end{aligned} \right\}. \quad (IV.63)$$

Под влиянием систематической погрешности измерения длины каждая i -я вершина хода перемещается по прямой линии L_i , соединяющей i -ю вершину с начальной точкой 1 . Тогда для конечной точки N погрешности по осям координат составят:

$$\left. \begin{aligned} M_{x_{s_{сист}}} &= bL_{Nx} \\ M_{y_{s_{сист}}} &= bL_{Ny} \end{aligned} \right\}, \quad (IV.64)$$

где L_{Nx} и L_{Ny} — проекции замыкающей L_N на ось абсцисс и ординат.

Используя формулы (IV.63) и (IV.64), запишем:

$$\left. \begin{aligned} M_{x_s}^2 &= a^2 \sum_{i=1}^n s_i \cos^2 \alpha_i + b^2 L_{Nx}^2 \\ M_{y_s}^2 &= a^2 \sum_{i=1}^n s_i \sin^2 \alpha_i + b^2 L_{Ny}^2 \end{aligned} \right\}. \quad (IV.65)$$

Тогда общая погрешность координат точки N , вызванная погрешностями линейных измерений, выразится

$$M_s^2 = M_{x_s}^2 + M_{y_s}^2 = a^2 \sum_{i=1}^n s_i + b^2 L_N^2. \quad (IV.66)$$

С помощью формул (IV.61) и (IV.65) запишем формулы погрешности положения конечной точки N свободного полигона по осям координат:

$$\left. \begin{aligned} M_x^2 &= \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n R_{i_y}^2 + a^2 \sum_{i=1}^n s_i \cos^2 \alpha_i + b^2 L_{N_x}^2 \\ M_y^2 &= \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n R_{i_x}^2 + a^2 \sum_{i=1}^n s_i \sin^2 \alpha_i + b^2 L_{N_y}^2 \end{aligned} \right\}. \quad (IV.67)$$

Тогда

$$M^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n R_i^2 + a^2 \sum_{i=1}^n s_i + b^2 L_N^2. \quad (IV.68)$$

Погрешность положения пункта свободного полигона по заданному направлению и направлению, ему перпендикулярному.

В маркшейдерской практике довольно часто возникают задачи определения погрешностей положения пунктов свободного полигона по ответственному направлению. Например, при проведении выработки в сторону ранее отработанных участков, необходимо знать погрешность положения забоя по направлению проводимой выработки (рис. IV.45).

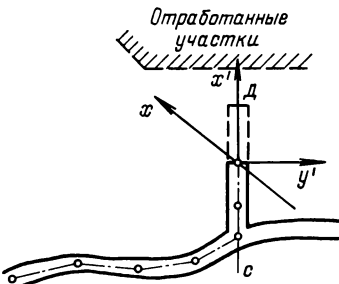


Рис. IV.45. Проведение выработки в направлении старых горных работ

При проходке выработок встречными забоями нас интересует величина погрешности несмыкания забоев в направлении, перпендикулярном оси проводимой выработки.

Для решения данных задач может быть использована формула (IV.66), так как при ее выводе не было наложено каких-либо ограничений на выбор направления осей координат x и y . Это позволяет задавать направления x и y по своему усмотрению.

Для вычисления погрешности положения конечной точки полигона по заданному направлению будем считать, что ось x' прямоугольной системы координат совмещена с направлением проведения выработки CD (см. рис. IV.45) или расположена перпендикулярно направлению AB выработки, проводимой встречными забоями (рис. IV.46).

Обозначим выбранную условную систему координат через x' и y' , чтобы не путать ее с системой координат x и y , принятой для составления планов.

В соответствии с формулой (IV.67) погрешность положения забоя по заданному направлению $M_{x'}$ может быть представлена так:

$$M_{x'}^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n R_{iy'}^2 + a^2 \sum_{i=1}^n s_i \cos^2 \alpha_i' + b^2 L_{x'}^2, \quad (\text{IV.69})$$

где $R_{iy'}$ — проекция расстояния от вершины i до конечной точки полигона на направление, перпендикулярное тому, по которому определяется погрешность $M_{x'}$; α_i' — угол, составленный линией s_i с направлением, по которому определяется $M_{x'}$;

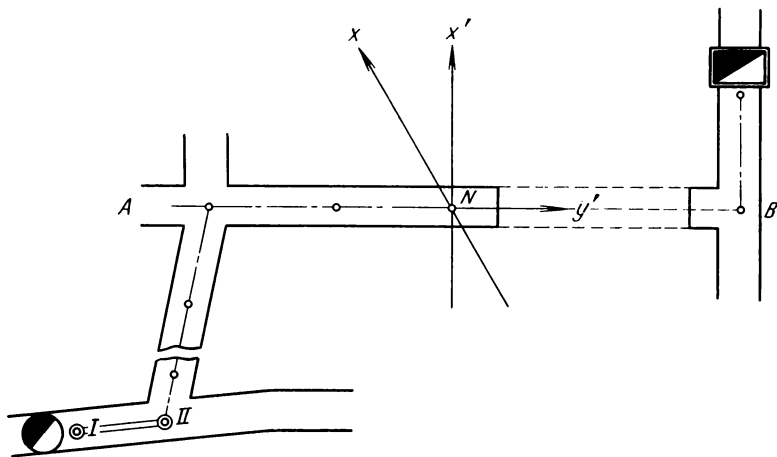


Рис. IV.46. Проведение выработки встречными забоями по направлению AB

$L_{x'}$ — проекция замыкающей L на ось x' , т. е. на направление, относительно которого определяется $M_{x'}$.

Величины $R_{iy'}$, $s_i \cos^2 \alpha_i'$ и $L_{x'}$ чаще всего определяют графическим путем.

Средняя погрешность дирекционного угла любой стороны свободного теодолитного хода. Дирекционный угол n -й стороны теодолитного хода вычисляется по формуле

$$\alpha_n = \alpha_0 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n \pm n 180^\circ, \quad (\text{IV.70})$$

где α_0 — дирекционный угол исходной стороны хода; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — измеренные углы хода.

Обозначим:

- $m_{\beta_1}, m_{\beta_2}, \dots, m_{\beta_n}$ — средние погрешности измеренных углов;
- m_{α_n} — средняя погрешность дирекционного угла n -й стороны хода;
- m_{α_0} — средняя погрешность дирекционного угла исходной стороны.

Квадрат средней погрешности дирекционного угла n -й стороны хода будет равен

$$m_{\alpha_n}^2 = \sum_{i=1}^n m_{\beta_i}^2 \text{ или } m_{\alpha_n} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n m_{\beta_i}^2}. \quad (\text{IV.71})$$

При равноточно измеренных углах теодолитного хода

$$m_{\alpha_n} = \pm m_{\beta} \sqrt{n}.$$

С учетом средней погрешности дирекционного угла исходной стороны хода m_{α_0} указанные выше формулы будут иметь вид:

$$\begin{aligned} m'_{\alpha_n} &= \pm \sqrt{m_{\alpha_0}^2 + \sum_{i=1}^n m_{\beta_i}^2}; \\ m'_{\alpha_n} &= \pm \sqrt{m_{\alpha_0}^2 + nm_{\beta}^2}. \end{aligned} \quad (\text{IV.72})$$

СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ В НАРЕЗНЫХ И ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТКАХ

§ 19. Назначение съемочных работ

Современные средства механизации добычных и проходческих работ и широкое использование высокопроизводительных систем разработки, вызвавшие высокие темпы подвигания забоев, привели к тому, что съемочные работы, направленные на обслуживание нарезных и очистных выработок, стали занимать одно из основных мест в практической деятельности маркшейдеров.

Объектами съемки являются [1]:

все подготовительные и очистные горные выработки, скважины и камеры различного назначения, бутовые полосы, границы закладки, водоотливные, вентиляционные и противопожарные устройства и сооружения, транспортные пути;

элементы геологического строения месторождения, т. е. места тектонических нарушений, выклинивания и размыва залежей, видимые контакты пород и полезного ископаемого, точки отбора проб и другие элементы, имеющие важное значение для правильной эксплуатации месторождений;

элементы проявления горного давления, т. е. трещины, вывалы, купола и т. п., имеющие важное значение в решении вопросов технологии разработки месторождений и поддержания горных выработок.

С точки зрения особенностей выполнения съемочных работ горные выработки целесообразно разделить на три группы.

I. *Очистные выработки*, среди которых выделяют:

лавы на пологом и наклонном падениях пластов;

лавы на крутом падении пластов;

лавы при слоевой выемке пластов;

забои с магазинированием;

узкие очистные забои;

не доступные для съемки пустоты.

Последний тип выработок подразделяется на три группы:

а) пустоты, в которых возможно нахождение наблюдателя с инструментами (камеры при камерно-столбовой системе разработки, тоннели большого сечения и т. п.);

б) пустоты, в которые возможно поместить (обычно через вертикальные скважины) только съемочные инструменты автоматического или полуавтоматического принципа действия (пустоты при подземном выщелачивании, подземные емкости для хранения нефти и газа, глубокие рудоспуски, бункеры и пр.);

в) пустоты, в которые невозможен доступ для наблюдателей и невозможно поместить инструменты (камеры при этажно-камерных системах разработки, воронки обрушения на поверхности, пустоты, образующиеся при системах разработки с обрушениями вмещающих пород и т. д.).

II. *Нарезные выработки*, съемка которых существенно различна для следующих условий:

выработки с углом наклона до 45° ;

выработки с углом наклона более 45° ;

сопряжения выработок, выпускные выработки (дучки, гезенки, выпускные воронки).

III. *Взрывные выработки*:

глубокие взрывные скважины;

минные камеры и колодцы.

Съемочные работы выполняются от пунктов и сторон съемочных сетей I и II разрядов способом перпендикуляров или полярным. Для пополнения маркшейдерских планов съемки проводятся не реже одного раза в месяц. Пункты съемочной сети не должны размещаться на расстояниях более 50 м от забоя. При приближении горных работ к опасным зонам это расстояние должно быть снижено до 20 м. В последнем случае координаты пунктов съемочного обоснования для контроля определяются дважды.

Задачи съемочных работ сводятся к следующему:

определению деталей геологического строения месторождения или определенных его участков (формы залежи и условий залегания, тектоники, размещения различных показателей качества полезного ископаемого и пр.);

определению размеров и пространственного положения горных выработок для построения маркшейдерских планов и решения аналитических задач, связанных с проведением горных выработок и обеспечением проектных размеров;

обеспечению условий безопасного ведения горных работ.

К съемкам предъявляются различные требования по точности. Так, для обеспечения необходимой достоверности подсчета добытого полезного ископаемого съемочные работы должны обеспечить среднюю погрешность определения извлеченной массы не более $\pm 3\%$. При проведении выработок встречными забоями в пределах выемочного участка точность съемочных работ должна быть намного выше (относительная линейная невязка ходов не должна превышать 0,5%).

На рудных месторождениях, где значительные объемы съемочных работ приходится на замеры камер, при определении положения точек на стенках камер относительная погрешность равна $1/200$, погрешность ориентирования осей камер — $20-30'$. Для камер, получающихся при выщелачивании полезного ископаемого, точность съемки значительно ниже: азимутальная погрешность ориентирования в пространстве может достигать 3 и более

градусов, координаты точек можно определять с погрешностью до метров.

Методика съемочных работ во многом определяется особенностью системы разработки. На угольных месторождениях, где в большинстве случаев очистная выемка ведется в лавах и эффективное использование техники получается при прямолинейной линии очистных забоев, основное требование к съемкам заключается в контроле прямолинейности. Характер очистных забоев и горнотехнические условия определяют выбор содержания съемки (при помощи угломерных инструментов или при помощи рулеточного замера). На рудных месторождениях основная проблема представляют съемочные работы недопустимых пустот, в которых, как правило, сильно запылена атмосфера, что значительно снижает точность измерений.

§ 20. Инструменты для съемки нарезных и очистных выработок

Для съемки нарезных и очистных выработок в маркшейдерской практике наибольшее распространение получили технические теодолиты и угломеры. Кроме них по-прежнему применяются подвесные буссоль и полукруг.

Так как съемка очистных выработок чаще всего производится в стесненных условиях, применяемые инструменты должны иметь небольшие размеры и массу и обеспечивать определение основных размеров выработанного пространства с погрешностью, не превышающей 1 : 100. В настоящее время в нашей стране разработан ряд угломеров, среди которых наибольший интерес представляют УТГ, УТБ, У-3 и др. На производстве используются угломеры старых конструкций (У-3, УН-10), которые обеспечивают необходимую точность съемочных работ.

Угломер У-3 предназначен для съемки нарезных и очистных выработок на маломощных пластах с углом падения до 70°. Он состоит из горизонтального круга и вертикального полукруга, разделенных на градусные деления. Отсчеты берутся по штриховым индексам с оценкой на глаз долей градусного деления. Точность измерения горизонтальных и вертикальных углов угломером 10—15'.

В комплект угломера У-3 входят четыре консоли, четыре шарнирных крепления, три накладных уровня, штатив, центрировочный отвес и лупа.

При эксплуатации угломера У-3 проверок производить не требуется.

Угломер УН-10 состоит из горизонтального лимба и пятидесятиградусного вертикального сектора, имеющих градусные деления. Труба, скрепленная с вертикальным сектором, имеет дальномерную сетку нитей. Для измерения расстояний используется комплект консолей с горизонтально расположенными рей-

ками, позволяющими производить съемки с потерянными точками.

Точность отсчитывания по горизонтальному лимбу $10'$. Отсчет по вертикальному сектору производится с помощью индекса, закрепленного на стойке подставки трубы. Установка угломера на штативе (консоли) производится с помощью подставки, в которой зажимным винтом крепится сферическая головка баксы угломера.

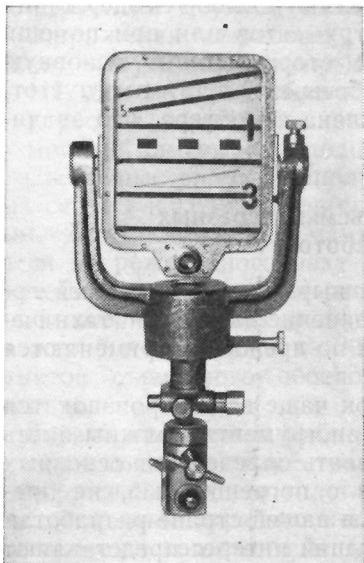


Рис. V.1. Дальномерная рейка угломера-тахеометра УТГ

Угломер УТГ (угломер-тахеомер горный) является усовершенствованной конструкцией угломера У-3. Зрительная труба имеет дальномер двойного изображения с коэффициентом дальномера $K = 500$. Комплект угломера снабжен дальномерной рейкой. Для установки дальномера в лавах небольшой мощности изготовлены распорные стойки.

Зрительная труба угломера — с внутренней фокусировкой, пределы фокусирования — от 2 м до бесконечности. В оптике трубы имеются два клина, закрывающие по половине объектива и отклоняющие в разные стороны луч визирования на одинаковый угол, образуя таким образом в поле зрения два изображения рейки. Величина смещения изображений определяется расстоянием до рейки.

Дальномерная рейка (рис. V.1) изготовлена в виде прямоугольной стеклянной пластинки, на которую нанесены четыре горизонтальных штриха (по ним отсчитываются десятки метров), два наклонных штриха и одна горизонтальная шкала с пятью шашечными делениями, каждое из которых при измерении дальномером соответствует 1 м.

Перед отсчитыванием по дальномеру расстояния необходимо произвести визирование трубы на середину рейки (по ее высоте). Затем с помощью наводящего винта алидады трубу перемещают в вертикальной плоскости до тех пор, пока не будет совмещения концов одного из левых наклонных штрихов с каким-либо правым горизонтальным штрихом, по которому производят отсчет десятков метров. Отсчет метров и дециметров осуществляется по части горизонтальной шкалы, расположенной на левой стороне изображения, причем отсчет ведется от первого черного деления. При отсчитывании надо помнить следующее:

если наклонный штрих совпадает с цифрой 5, то из числа десятков метров вычитается 5 м. Метры, дециметры читаются обычным образом, например отсчет на рис. V.2, а равен $30 - 5 + 3,5 = 28,5$ м;

во всех остальных случаях отсчет десятков метров оставляют без изменений, например на рис. V.2, б: $10 + 1,6 = 11,6$ м.

Точность измерения расстояний с помощью дальномера угломера УТГ составляет 1 : 100—1 : 200.

Во ВНИМИ разработано семейство угломеров УТБ (угломер-тахеометр блоковый), предназначенных для съемки и ориентировки нарезных и очистных выработок. Были изготовлены опытные образцы УТБ-1 и УТБ-2. Харьковским заводом маркшейдерских инструментов была выпущена партия УТБ-3.

Угломер УТБ-3, как и угломер УТГ, имеет эксцентрично расположенную относительно своей оси вращения зрительную трубу, в которой кроме визирного перекрестия имеются две пары горизонтальных и вертикальных дальномерных нитей. Угломер УТБ-3 является повторительным прибором с ценой делений горизонтального и вертикального кругов 1° . У алидады имеется отсчетный индекс, против которого берется отсчет по лимбу с оценкой на глаз десятых долей градуса.

Комплекс прибора состоит из двух угломеров, распорных колонок, штативов и дальномерно-ориентирных реек.

Точность измерения длин с помощью дальномера УТБ-3 1 : 200—1 : 300.

Угломер УТ-3 (рис. V.3), выпускаемый Харьковским заводом маркшейдерских инструментов, предназначен для съемки нарезных и доступных очистных выработок, ориентировки подэтажей через наклонные или вертикальные выработки и передачи высоты на подэтажные выработки. Прибор является повторительным угломером, снабженным нитяным дальномером.

Лимб горизонтального круга разбит на пятиградусные деления. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам берутся с помощью отсчетного барабана с точностью $\pm 1'$. Нитяной дальномер позволяет определять расстояния от 5 до 30 м с точностью 1 : 200 и от 30 до 40 м с точностью 1 : 100. На трубе угломера прикреплена дальномерно-ориентирная рейка.

Маркшейдерский угломер-тахеометр (рис. V.4) разработан на Харьковском заводе маркшейдерских инструментов и предназначен для съемки нарезных и очистных подземных горных выработок,

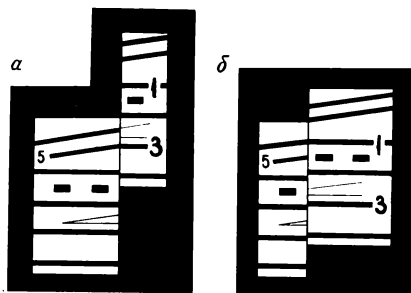


Рис. V.2. Поле зрения зрительной трубы угломера УТГ

задания направлений при проходке выработки, а также может быть использован при тахеометрической съемке на поверхности.

Угломер представляет собой прибор повторительного типа со зрительной трубой, снабженной тремя парами дальномерных нитей, две из которых служат для измерения расстояний по дальномерно-ориентирной рейке, третья пара — по обычной нивелирной рейке. Пределы измерения расстояний от 2 до 40 м с относительной погрешностью при длине измеряемых расстояний до 30 м 1 : 200, при длине более 30 м — 1 : 100.

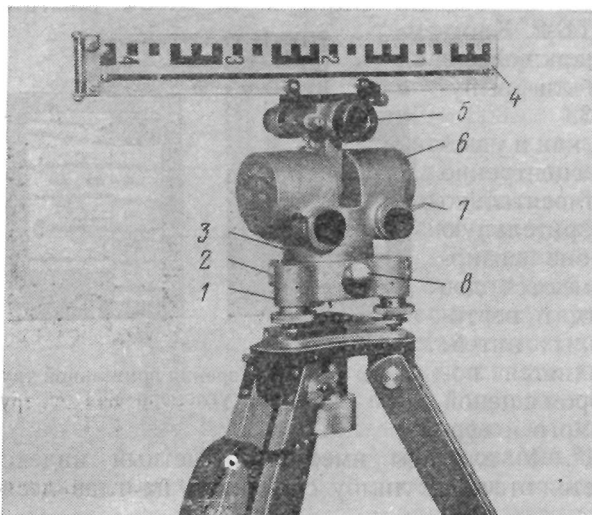


Рис. V.3. Угломер-тахеометр УТ-3:

1 — подставка; 2 — наводящий винт; 3 — лимб; 4 — ориентирно-дальномерная рейка; 5 — зрительная труба; 6 — вертикальный круг; 7 — поворотная рукоятка; 8 — зажимной винт

Труба угломера выполнена эксцентренно, что дает возможность измерять вертикальные углы в пределах $\pm 90^\circ$.

Угломерная часть прибора вместо отсчетных кругов имеет шестерни с червячными механизмами, позволяющими производить с оценкой на глаз отсчеты по отсчетным барабанам десятых долей деления, что соответствует в градусной мере 1'.

Подвесные буссоль и полукруг используются для буссольной съемки при отсутствии магнитных масс. Подвесная буссоль (рис. V.5) состоит из круглого корпуса и подвеса, с помощью которого буссоль крепится к шнуру и приводится в горизонтальное положение.

Лимб буссоли имеет градусные деления, возрастающие против часовой стрелки от 0 до 360°.

В центре корпуса закреплена игла, на острие которой вращается чувствительная магнитная стрелка. В нерабочем состоянии буссоли магнитная стрелка закрепляется с помощью арретира.

Для съемки буссоль подвешивается на шнуре нулевым штрихом вперед, отсчеты берутся по обоим концам стрелки.

Перед съемкой должна быть проверена чувствительность стрелки. Для этого подвешивают на шнуре буссоль, освобождают арретир, берут отсчет. Затем магнитной массой стрелку выводят из равновесия, дают ей успокоиться и производят второй отсчет. Если разность двух отсчетов не превышает точности отсчитывания, то чувствительность стрелки достаточная. В противном случае чувствительность должна быть повышена.

Основные причины, вызывающие недостаточную чувствительность стрелки, заключаются в дефектах иглы или подпятника стрелки, а также в размагничивании стрелки. В первом случае исправление осуществляется полировкой иглы или подпятника (или

Рис. V.4. Маркшейдерский угломер-тахеомерг

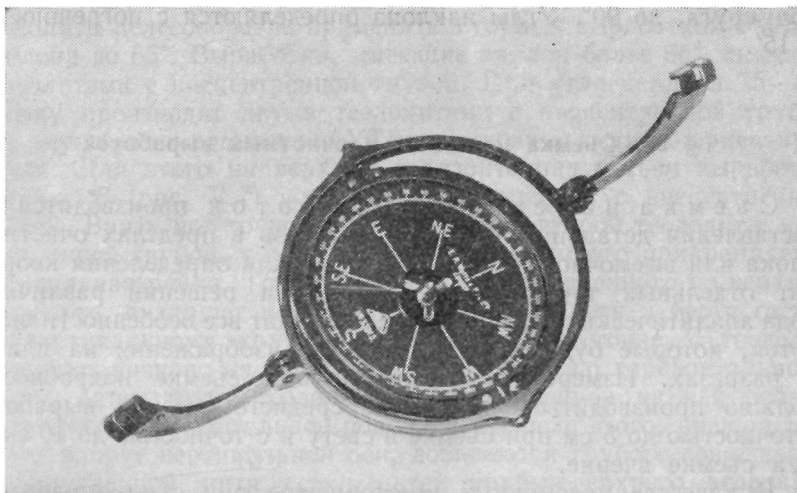
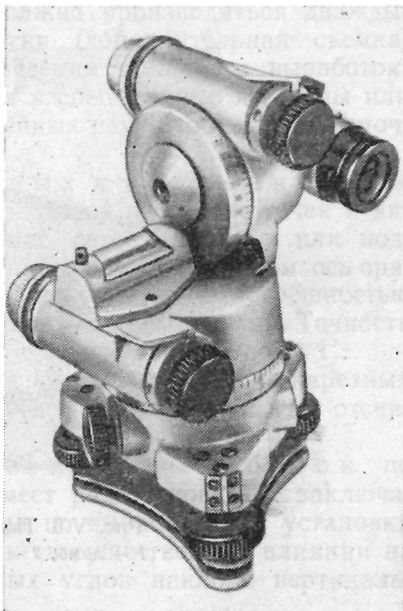


Рис. V.5. Подвесная буссоль

их заменой). Во втором случае стрелка намагничивается магнитом, которым до 20 раз от центра к концу стрелки проводят полюсом, противоположным полюсу стрелки.

Подвесной полукруг (рис. V.6), используемый для измерения вертикальных углов сторон буссольного хода, состоит из лимба,

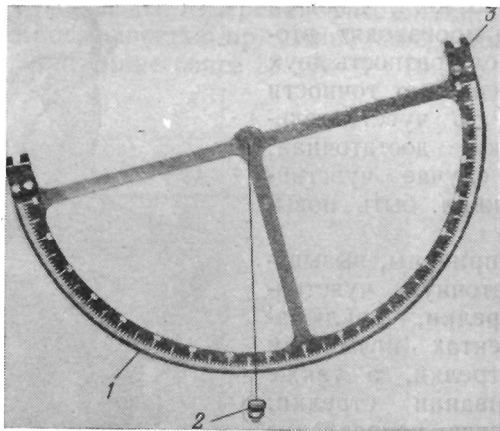


Рис. V.6. Подвесной полукруг:

1 — лимб; 2 — отвес; 3 — крючки

отвеса и двух крючков, на которых полукруг подвешивается на шнур. Деления на лимбе возрастают от 0, расположенного внизу полукруга, до 90°. Углы наклона определяются с погрешностью $\pm 15'$.

§ 21. Съёмка нарезных и очистных выработок

Съёмка нарезных выработок производится для составления детальных планов и разрезов в пределах очистного блока или выемочного участка, а также для определения координат отдельных точек, необходимых при решении различного рода аналитических задач. Съёмке подлежат все особенности выработок, которые будут заметны при их изображении на планах и разрезах. Измерение расстояний при съёмке подробностей должно производиться на уровне среднего сечения выработки с точностью до 5 см при съёмке в свету и с точностью до 10 см — при съёмке в черне.

В качестве угломерных инструментов при съёмке нарезных выработок могут использоваться теодолиты, специальные угломеры, подвесные буссоли и полукруги.

При съемке выработок, нарезаемых при разработке пластовых месторождений, как правило, применяются теодолиты. Применение буссоли возможно для съемки нарезных выработок при разработке как пластовых, так и рудных месторождений, но обязательным условием является отсутствие магнитных масс.

Съемка нарезных выработок должна производиться дважды: один раз при проходке выработки (дополнительная съемка) и второй раз по окончании проведения комплекса выработок. Все детали съемки зарисовываются в специальные журналы или на полях журналов угловых и линейных измерений ходов съемочной сети.

Съемка горизонтальных и наклонных нарезных выработок производится на основе точек и дирекционных углов сторон съемочных сетей основных или подэтажных горизонтов. При измерении углов теодолитом ось вращения устанавливают в отвесное положение с погрешностью приведения пузырька уровня в середину до двух делений. Точность центрирования теодолита ± 5 см, отсчитывания — до $\pm 1'$.

При размерах блока, не превышающих 60 м, съемка нарезных выработок может осуществляться угломерами с точностью отсчитывания до $10'$.

Съемка крутых нарезных выработок по сравнению со съемкой пологих имеет ряд трудностей, заключающихся в сложности передвижения по выработкам и установки измерительной аппаратуры, а также в существенном влиянии на точность измерения горизонтальных углов наклона вертикальной оси вращения инструмента.

При углах наклона выработок до 55° в съемочных работах обычно используют теодолиты с центральной трубой. Подвесные теодолиты целесообразно применять в горных выработках с углом наклона до 65° . Выработки, имеющие наклон более 65° , снимают теодолитами с внецентренной трубой. При угле наклона $75\text{--}80^\circ$ съемку производят двумя теодолитами с внецентренной трубой или двумя угломерами типа УТБ по методу взаимного ориентирования. Для этого на верхнем горизонте над устьем выработки в точке *B* (рис. V.7) устанавливают теодолит с внецентренной трубой. Внизу под точкой *C* центрируется второй теодолит с внецентренной трубой, к объективной части которого прикрепляется специальная рейка. Трубу теодолита, установленного на верхнем горизонте, визируют на kern нижнего теодолита и берут отсчет по вертикальному кругу. Установленный в точке *C* теодолит визируют вначале на точку *D*, берут отсчет по горизонтальному кругу, затем трубу теодолита с установленной на ней рейкой приводят в горизонтальное положение. После этого, вращая теодолит вокруг вертикальной оси, добиваются грубого совмещения горизонтальной нити сетки нитей трубы верхнего теодолита с осью рейки, прикрепленной к нижнему теодолиту. Наводящим винтом алидады горизонтального круга верхнего теодолита про-

изводят повторно 4—5 раз точную наводку горизонтальной нити сетки нитей на рейку и каждый раз берут отсчеты по горизонтальному кругу. За окончательное значение принимают среднее из отсчетов серии наблюдений.

После выполнения описанного выше цикла наблюдений проводят второй цикл, для чего трубы обоих теодолитов переворачивают через зенит. Труба нижнего теодолита после его ориентиро-

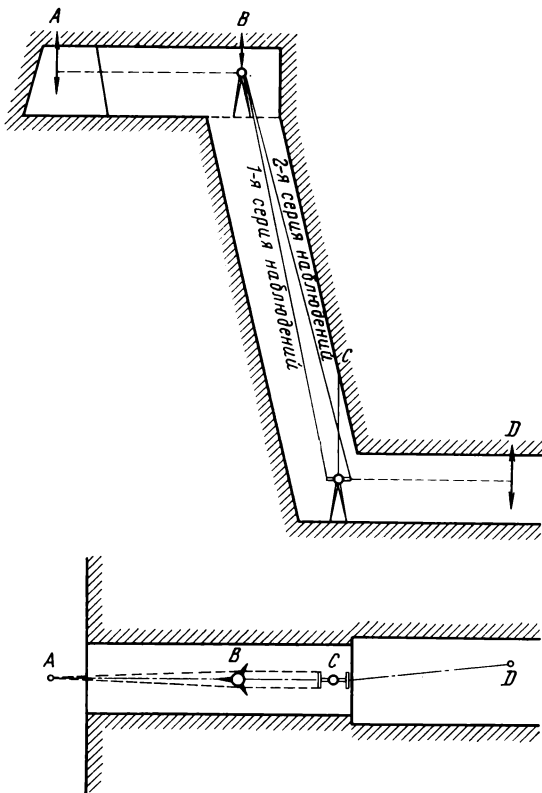


Рис. V.7. Съемка крутопадающих выработок способом взаимного ориентирования двумя теодолитами

вания на верхний теодолит приводится в горизонтальное положение, а верхним теодолитом повторно 4—5 раз производят наведение горизонтальной нити сетки на ось рейки. После этого осуществляют наблюдение на точки *D* и *A* верхним и нижним теодолитами.

Распространенным способом съемки крутых выработок является способ несвободного отвеса, который проводят в случаях, когда выработки основного и ориентируемого горизонтов имеют такое же направление, как и наклонная выработка. Сущность способа (рис. V.8) заключается в том, что в выработке на верхнем горизонте в точке *B* закрепляют жилку из полиамидной смолы или

мягкой проволоки, на нижний конец которой на основном горизонте подвешивают груз P . Отвес двумя оттяжками AC на верхнем горизонте и DE на нижнем горизонте «ломают» в точках C и D . Причем желательно обе растяжки располагать в одной вертикальной плоскости.

Под точками A верхнего и E нижнего горизонтов устанавливают геодалиты или угломеры. Наблюдая в зрительную трубу, перемещают точку закрепления отвеса B до тех пор, пока направление AB не совпадает с вертикальной нитью сетки нитей зрительной трубы угломерного инструмента. После образования отвесом и растяжками вертикальной плоскости передачу дирекционного угла с горизонта на горизонт производят путем измерения одним полным повторением примычных углов β и β_1 инструментами, установленными в точках A и E . Рулеткой дважды измеряют расстояния d_1 , d_2 , CD и расстояния от точек A и E до горизонтальной оси вращения инструмента. Угол наклона α отрезка несвободного отвеса CD измеряют висячим полукругом с точностью $\pm 15'$.

Дирекционный угол ориентируемой стороны вычисляют по формуле

$$(A - I) = (37 - E) + \beta_1 - \beta \mp 2 \cdot 180^\circ.$$

Координаты точки A вычисляют по формулам:

$$x_A = x_E + (d_1 + CD \cos \alpha - d_2) \cos (ED);$$

$$y_A = y_E + (d_1 + CD \cos \alpha - d_2) \sin (ED).$$

Съемка очистных выработок выполняется для определения размеров, формы и положения выработанного пространства относительно других горных выработок, а также для получения информации, характеризующей структуру и свойства залежи в границах очистной выработки. В зависимости от особенностей очистных выработок, условий разработки месторождения съемку очистных выработок производят с помощью инструментальной съемки или рулеточным замером, но так, чтобы погреш-

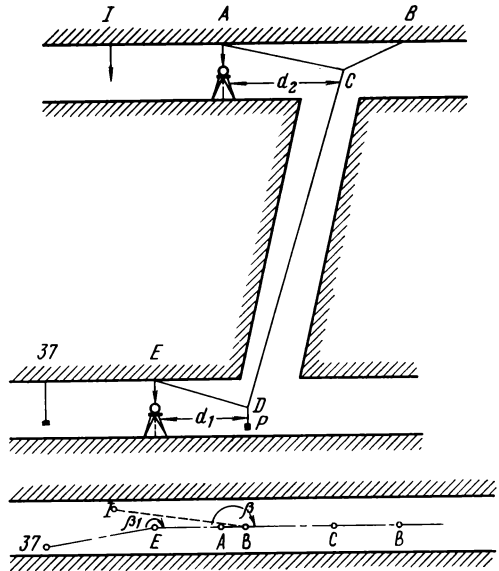


Рис. V.8. Съемка крутопадающей выработки способом несвободного отвеса

ность определения основных размеров выработанного пространства за месяц не превышала 1 : 100.

Съемка очистных забоев или замер выработанного пространства должны выполняться не реже одного раза в месяц по состоянию на первое число или на момент погашения очистных выработок. В тех случаях, когда скорость подвигания лавы более 30 м в месяц, измерение мощности пласта производят не реже одного раза в декаду.

В качестве угломерных инструментов применяют теодолиты технической точности (обычные и подвесные), угломеры.

При разработке месторождений с пологим и наклонным залеганиями пластов съемка очистных забоев должна быть инструментальной. Положение очистного забоя при крутом падении с выемкой полезного ископаемого по простиранию принято определять измерениями расстояний от забоя до точек съемочных ходов, проложенных в просеках или штреках верхнего и нижнего горизонтов.

Съемку очистных забоев при использовании потолкоуступных систем выполняют путем рулеточных замеров от точек съемочных ходов с измерением элементов уступов.

Для съемки лав на пластах пологого и наклонного падения

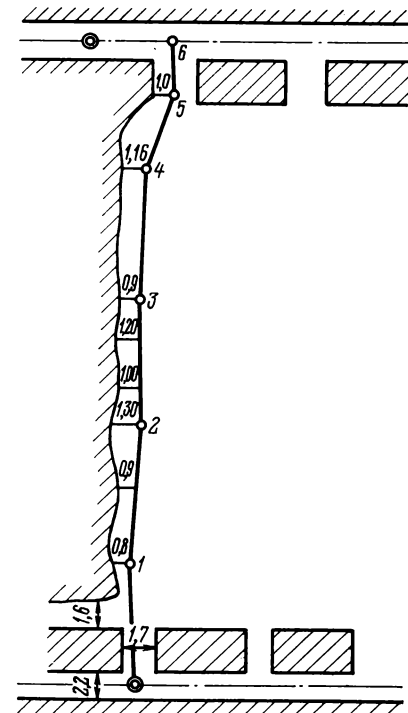


Рис. V.9. Съемка полой лавы с помощью угломера

вдоль линии забоя прокладывают съемочный ход, от вершин или сторон которого рулеткой определяют положение забоя, размеры оставленных целиков, участков, заложённых породой, бутовые полосы и т. п., а также измеряют мощность пласта, угол его падения и делают зарисовки особенностей строения пласта, оформляемые в абрисе.

Рассмотрим пример съемки лавы пологого пласта с помощью угломера. Вдоль забоя прокладывают угломерный ход (рис. V.9) с временными маркшейдерскими точками (возможна прокладка хода с потерянными точками). Точки хода должны располагаться по возможности ближе к забю. Следует стремиться к тому, чтобы длина сторон была более 20 м. Горизонтальные углы измеряют

одним полным повторением, стороны хода — тесьмой рулеткой или дальномером (в тех случаях, если угломер снабжен дальномером) с относительной погрешностью 1 : 300. Если используются угломеры У-3, УТГ, УТ-3 (у которых вневцентренная зрительная труба), то измерение углов наклона производят дважды в прямом и обратном направлениях. Причем угол наклона равен полусумме измеренных значений. Для привязки угломерного хода производят измерение примычного угла на точке съемочной сети.

Съемку подробностей выполняют методом ординат с обязательным ведением абриса. В тех случаях, когда съемке подлежат лавы небольшой протяженности, они снимаются методом линейных

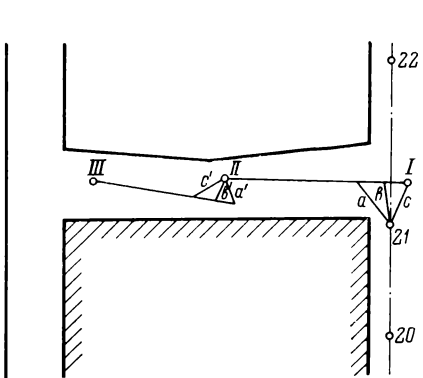


Рис. V.10. Съемка лавы методом ординат с использованием рулетки

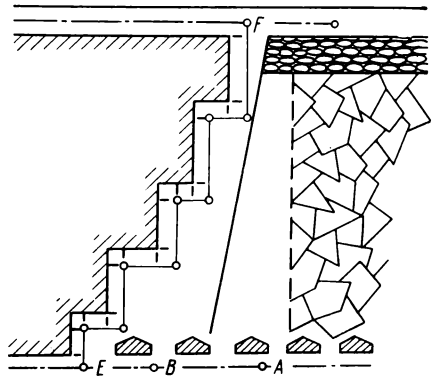


Рис. V.11. Выполнение рулеточного замера при обработке потолкоуступной системой

засечек, для чего вдоль очистного забоя натягивают тесьманую или стальную рулетку, закрепляя (рис. V.10) первый ее конец на откаточном штреке (точка I), второй — в лаве (точка II). Положение закрепленной таким образом рулетки определяют от какой-либо точки съемочной сети штрека (например, 21) путем измерения трех расстояний a , b , c до точек рулетки и расстояний между этими точками. Съемку подробностей производят от рулетки ортогональным способом. Если возникает необходимость в закреплении в лаве второй рулетки, то процесс определения ее положения почти отличается от описанного для первой рулетки. Единственное различие заключается в том, что в качестве исходной точки используют конец первой рулетки (точка II).

При отработке крутого пласта с выемкой полезного ископаемого по простиранию съемку забоя осуществляют измерениями расстояний до забоя от точек съемочных ходов, расположенных в просеках или штреках верхнего и нижнего горизонтов. Съемку очистного пространства путем рулеточного замера при отработке потолкоуступной системой крутого пласта осуществляют от

съемочных точек откаточного штрека (рис. V.11). Для этого в створе точек съемочного обоснования *A* и *B* выставляют точку *E*, от которой по восстанию пласта протягивают рулетку до основания ближайшего уступа. После этого рулетку натягивают вдоль следующего уступа, и таким образом работы продолжают до выхода на вентиляционный штрек. Затем осуществляют примыкание рулеточного хода к точке *F*. Съемку подробностей проводят методом ординат, при этом составляют абрис с указанием всех размеров и подробностей, необходимых для составления плана горных работ и подсчета извлеченных запасов.

При разработке крутых залежей с выемкой полезного ископаемого в пределах блока кривоугольного забоя снизу съемку очистного забоя производят с помощью шнура с висячим полукругом или специального «жезла».

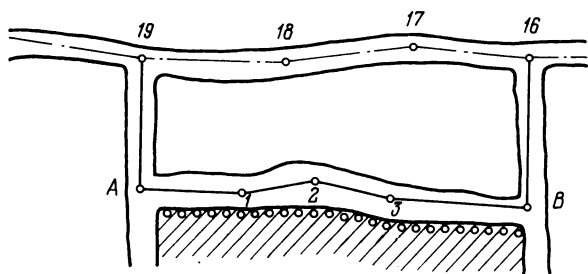


Рис. V.12. Съемка очистного забоя с помощью шнура с висячим полукругом

От съемочной точки *19*, закрепленной на вентиляционном штреке (рис. V.12), по восстающему опускают отвес, на конце которого закрепляют точку *A*. От этой точки вдоль линии очистного забоя натягивают шнуры, измеряют длину и висячим полукругом угол наклона. Шнур следует натягивать в плоскости, параллельной боку залежи. Для контроля ход замыкают на съемочную сеть через второй восстающий. Съемку деталей производят ортогональным способом от отрезков шнура.

Съемку с помощью «жезла» выполняют в практически вертикально залегающих пластах (залежах), имеющих небольшую мощность. «Жезл» изготавливают из двухметрового деревянного бруска, имеющего дециметровые деления. В центре укрепляют отвес и полукруг, позволяющие устанавливать «жезл» горизонтально. Съемку производят по боковой поверхности залежи от одного восстающего до другого путем прокладывания «жезлом» прямой линии, концы которой привязывают через восстающие к съемочной сети таким образом, как это было описано в предыдущем случае. Невязка хода между двумя восстающими не должна превышать по высоте 1 : 200 и по длине 1 : 100 общей длины блока.

Съемка недоступных пустот. При разработке рудных месторождений в ряде случаев после выемки полезного ископаемого и в результате проведения подземных транспортных

выработок большого сечения в недрах образуются пустоты больших размеров. Многообразие горнотехнических условий предопределили следующий круг методических направлений в съемочных работах выработок большого объема:

съемки, основанные на тахеометрическом принципе определения координат недоступных пространств;

съемки, основанные на фотограмметрических принципах определения координат;

съемки, в которых определение координат производят путем преобразования физических величин в геометрические, причем последние характеризуют параметры недоступных пустот.

Тахеометрический метод в своей основе имеет полярную пространственную (сферическую) систему координат. Определение положения точек снимаемого объекта относительно точки стояния инструмента производят путем измерения двух углов (горизонтального и вертикального) и одного линейного параметра.

Для определения объема и контуров камер может быть применим метод засечки двумя угломерами с двух точек. Теодолиты устанавливают в двух точках I и II, координаты которых известны. С одной из точек с помощью светового приспособления в характерных местах стенок камер создают световое пятно, которое засекают обоими угломерами. Измеряют вертикальные и горизонтальные углы. В дальнейшем производят аналитическое решение прямой засечки.

Метод угловой засечки обычно применяют в тех случаях, когда нет приборов, специально созданных для съемки недоступных пространств. Этот метод малопроизводителен, трудоемок при камеральных работах и требует одновременного участия в полевых работах двух квалифицированных съемщиков.

Съемка камер способом световых засечек с использованием двух теодолитов, снабженных специальными световыми насадками, основана на принципе прямой засечки (рис. V.13).

Методика съемочных работ заключается в следующем. Вначале в камеральных условиях через 5—6 м намечают вертикальные профили. Транспортиром с точностью до 1° измеряют горизонтальные углы β_1, β_2, \dots в точке стояния теодолита I между направлением I—II и направлениями на точки пересечения профилей со стенками камер. На месте съемки в камере теодолит, установленный в точке I, ориентируют на точку II и откладывают последовательно горизонтальные углы β_1, β_2, \dots При каждом визировании теодолита I на стенке камеры получают световую марку на преду-

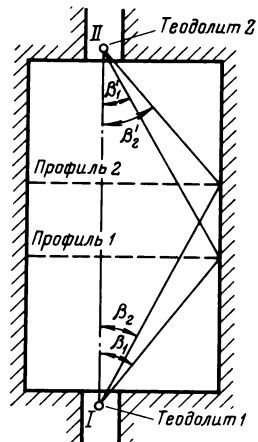


Рис. V.13. Съемка очистных камер двумя теодолитами, снабженными световыми насадками

смотренной программой высоте. Световую марку теодолита II совмещают на стенке камеры со световой маркой теодолита I и берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам β'_1, δ'_1 . Не изменяя положения горизонтального круга теодолита I, перемещают на новое положение по высоте световую марку, но расположенную по-прежнему в плоскости вертикального профиля. Теодолитом II определяют новое положение световой марки и углы β'_2 и δ'_2 . По такому принципу определяется положение всех точек заданных профилей.

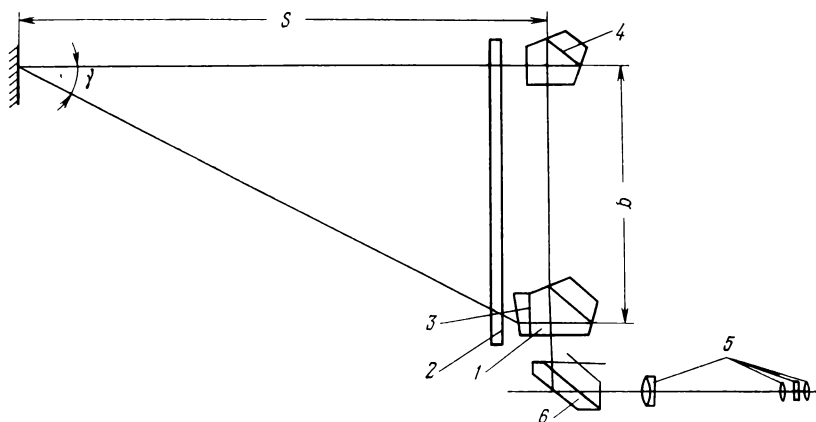


Рис. V.14. Оптическая схема дальномера «Телемарк»

Описанный метод прост и не отличается трудоемкостью, при длине визирования до 50 м дает точность определения контуров камер с относительной погрешностью 1 : 200. Недостатком метода световых засечек является то, что невозможна съемка стенок камер, в нишах которых установлены теодолиты.

В нашей стране в начале 40-х годов по инициативе профессора И. М. Бахурина был сконструирован прибор для съемки очистных выработок «Телемарк», представляющий собой угломерный инструмент, имеющий дальномер двойного изображения с переменной базой при инструменте и постоянным параллактическим углом.

Д а л ь н о м е р (рис. V.14) состоит из двух базисных пентапризм 1 и 4, укрепленных на кронштейнах, один из которых (1) неподвижно скреплен с крышкой прибора. Кронштейн подвижной пентапризмы установлен на базисной планке. К передней грани неподвижной пентапризмы прикреплен оптический клин 3. Перед пентапризмами помещено стекло 2, на внутренней поверхности которого нанесена дальномерная шкала, проектируемая при включении отсчетной призмы.

К корпусу прибора прикреплена дахпризма 6, направляющая луч в зрительную трубу 5 и делающая изображение прямым.

Для измерения расстояний трубу прибора наводят на сигнал, при этом в поле зрения трубы получают двойное изображение. Микроскопом совмещают две половинки изображения сигнала.

При совмещении двух половинок изображения в одно возникает прямоугольный треугольник с постоянным параллактическим углом γ и измеренным базисом b , решая который вычисляют наклонную длину до предмета по формуле

$$S = b \operatorname{ctg} \gamma,$$

где b — переменный базис; γ — параллактический угол; S — наклонное расстояние.

После совмещения двух половинок изображения включают отсчетную линзу, в результате чего вместо одного изображения появляются шкала и штрих, по которым производят отсчет. Пределы измерения расстояний «Телемарком» от 3 до 50 м.

Разновидностью «Телемарка» была модель дальномера «Телеметр», разработанного в нашей стране в послевоенные годы. «Телеметр» принципиально не отличался от своего предшественника. Основным улучшением конструкции «Телеметра» явилось то, что прибору был придан дополнительный оптический клин, который позволил измерять расстояния до 100 м. Для съемки пустот «Телеметру» придается светуказатель. Точность измерения длин на расстоянии 40—50 м не превышает 1 : 100.

Дальнейшее совершенствование тахеометра, снабженного дальномером двойного изображения, было выполнено в ГДР на народном предприятии «Карл Цейсс (Иена)» в топографических дальномерах «Телетоп» и его модификации BRT-006 (рис. V.15).

Оптическая схема «Телетопа» практически не отличается от оптической схемы «Телеметра». Тахеометр «Телетоп» снабжен сменными оптическими клиньями, которые устанавливают в зависимости от требуемой точности и величины измеряемых расстояний.

Съемку очистных камер этими тахеометрами производят путем определения полярных координат до марок, проектируемых на поверхность недоступного объекта специальным проектиром.

Практика работы с прибором «Телетоп» показала, что измерение длин с удовлетворительными точностями (1 : 100) можно производить на расстояния до 40 м. Точность измерения расстояний свыше 40 м значительно понижается за счет невозможности точного совмещения двойных изображений марки.

Оптическая схема BRT-006 отличается от «Телетопа» тем, что параллактический треугольник получают путем отклонения неподвижной пентапризмой визирного луча (рис. V.16) на параллактический угол, равный коэффициенту дальномера, а также введением в оптическую систему редуцирующего устройства.

В последние годы для съемки камер стали широко внедряться светопроекторные тахеометры, дальномеры которых работают

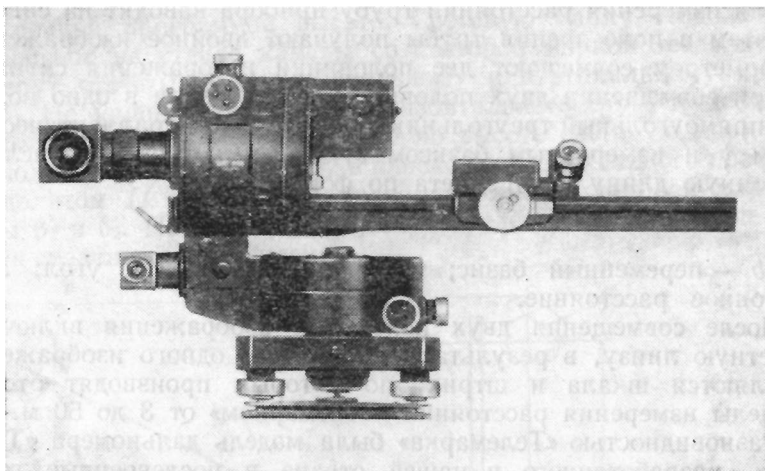


Рис. V.15. Дальномер BRT-006

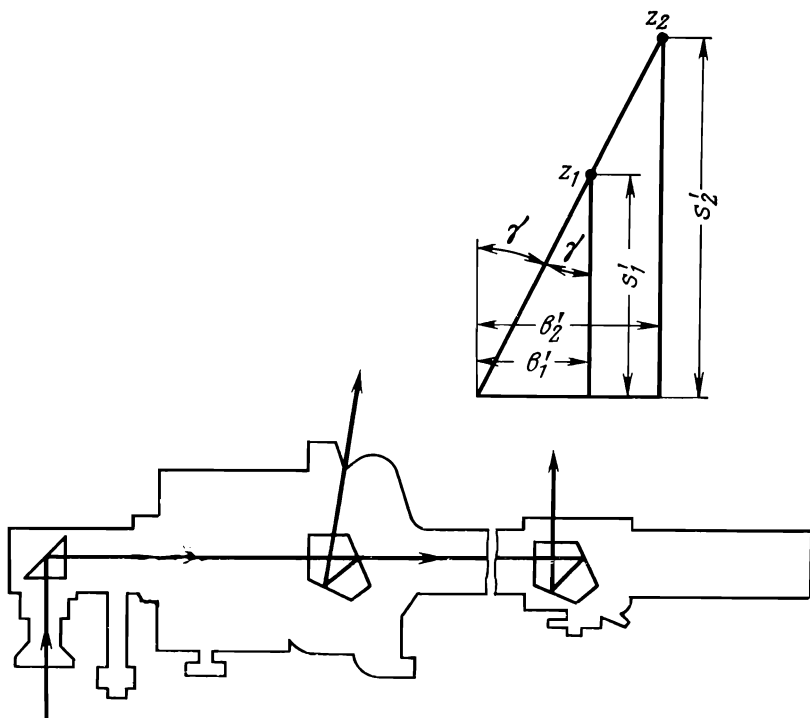


Рис. V.16. Оптическая схема редуционного тахеометра BRT-006

на принципе двух известных в пространстве направлений, создаваемых зрительной трубой и световым проектором. В зависимости от взаимосвязи этих двух систем дальномеры называются проекционными, визуальными или проекционно-визуальными.

К визуальным дальномерам принадлежат приборы Д-1М, МИД-1, ТПБ и др.

Д а л ь н о м е р Д-1М был выпущен Харьковским заводом маркшейдерских инструментов и предназначен для съемки подземных камер. Он снабжен оптическими клиньями, позволяющими измерять расстояния от 2 до 300 м, его оптическая схема подобна «Телетопу». В проекционную трубу инструмента помещается лампочка мощностью 15 Вт, питающаяся от аккумулятора током с напряжением 6 В. Лучи, идущие от светящейся марки, попадают через неподвижную призму в верхнюю половину объектива. Совмещение двух половинок изображения марки с помощью подвижной пентапризмы приводит к образованию параллактического треугольника с постоянным параллактическим углом β и переменным базисом b .

Расстояние определяется по формуле

$$S = b \operatorname{ctg} \beta.$$

Погрешности измерения расстояний длиной до 50 м составляют 1 : 100—1 : 200. В условиях рудничной атмосферы точность прибора несколько ниже.

В последние годы в нашей стране создан тахеометр ТТ-4 (горный тахеометр базисный), для измерения расстояний использующий проекционно-визуальный дальномер с переменным базисом и постоянным параллактическим углом при инструменте. Световая марка создается проектором, измерительное устройство позволяет измерять ширину этой марки.

Синхронная фокусировка визирной трубы и проектира упрощает выполнение наблюдений и повышает производительность труда. При длине измеряемых расстояний 4—100 м получаемые относительные погрешности 1 : 100—1 : 200.

У г л о м е р - т а х е о м е т р УДС, разработанный во ВНИМИ, представляет собой оптико-механический прибор с проекционно-визуальным дальномером с постоянным базисом при инструменте и измерительно-отсчетным приспособлением в виде спиральной сетки со шкалой. Расстояние до стенок камер определяется по величине параллактического угла между визирной осью трубы и направлением на световую марку. Процесс измерения расстояний заключается в повороте плоскопараллельной пластинки до тех пор, пока изображение нити лампочки не коснется нити спирали, имеющей наибольший дальномерный отсчет.

Точности, полученные при измерении расстояний УДС, в интервале длин: 3—30 м — 1 : 100; от 30 до 50 м — 1 : 50. Точность измерения горизонтальных и вертикальных углов $\pm 10'$.

В последние годы в маркшейдерской практике для измерения недоступных расстояний в качестве источника световой марки, стали внедряться лазерные установки. Применение их, во-первых, повышает расстояния, на которые возможно производить измерения, во-вторых, повышается точность измерений.

Сущность метода, использующего лазеры для измерения расстояний в камерах, заключается в следующем.

В подходной выработке устанавливают тахеометр BRT-006, «Телетоп», «Телеметр», рядом помещают лазер, который вместе с коллиматором представляет собой проектор лазерных марок. По заранее намеченной программе лазерные марки проектируют на стенки камеры. Горизонтальную нить зрительной трубы тахеометра наводят на середину лазерной марки. При произвольном положении передвижной пентапризмы в поле зрения зрительной трубы видны два изображения марки. После совмещения двух изображений в одно берут отсчеты по шкале базисной линейки и вертикальному и горизонтальному кругам.

Исследования показали, что при такой методике съемки тахеометром «Телетоп» можно измерять расстояния до 100 м с относительной погрешностью измерения порядка 1 : 100, «Телеметр» с такой точностью можно измерять расстояния до 50 м, BRT-006 позволяет измерять расстояния до 60 м с относительной погрешностью около 1 : 400.

Во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерских работ (ВИОГЕМе) для съемки пустот создан тахеометр, снабженный дальномером двойного изображения, в комплекте с лазером (ЛГ-56), съемку расстояний которым можно производить с относительной погрешностью 1 : 600—1 : 500 в пределах измерений от 2 до 60 м.

Производство полевых работ при съемке различного вида инструментами использующими принцип тахеометра, практически ничем не отличается от обычной тахеометрической съемки. Инструмент устанавливают в точке съёмочной сети, ориентируют на другую точку съёмочной сети, затем последовательно осуществляют съемку всех характерных точек стенок, кровли и почвы камер. Перед наведением зрительной трубы на точку проектируют световую марку. Съемку производят со всех подходных точек, которые необходимо использовать для того, чтобы снять полностью камеру. По полевым замерам вычисляют горизонтальные расстояния до снимаемых точек и их отметки. Этих данных достаточно для составления плана подземной камеры и ее поперечных сечений.

При съемках, основанных на фотограмметрических принципах, для определения координат применяют различные приемы. Фотограмметрический метод съемки подзем-

ных пустот был предложен Н. А. Гусевым в начале 50-х годов, сущность его заключается в следующем.

В безопасном месте в камере или в подходной выработке на штативе (рис. V.17) по уровню устанавливают базисную штангу 1, на концах которой укреплены две широкоугольные короткофокусные фотокамеры 2, оси которых между собой параллельны. Базисную штангу с помощью визирного диоптра 3 устанавливают перпендикулярно к направлению стороны съемочного обоснования. В результате фотографирования получают два изображения горной выработки. При этом одна точка выработки занимает различное положение на снимках.

Таким образом, рассматривая одновременно пару снимков через стереоскоп, можно наблюдать стереомодель снимаемого объекта, уменьшенную против натуры в отношении $\frac{b'}{b}$, где $b' = 65$ мм — длина глазного базиса, b — длина базиса фотографирования.

При применении этого метода в принципе решается прямая засечка, особенности которой заключаются в том, что два перекрывающихся снимка составляют стереоскопическую пару. Измерения по снимкам производят совместно на принципе стереоскопического зрения.

Метод съемки сечений горизонтальных выработок с помощью светового луча с успехом применяется в ряде стран (СССР, ГДР, ЧССР и др.). Сущность метода заключается в том, что в выработке на штативе устанавливают фотографический прибор, открывают его затвор и источником света постепенно освещают внутренние контуры штрека в плоскости, перпендикулярной к оси съемки фотографическим прибором.

Одной из трудностей внедрения в практику описываемого способа является получение световой плоскости, расположенной точно перпендикулярно к оси фотографического аппарата, и масштабирование на снимках изучаемого сечения выработки.

В нашей стране для этих целей создан прибор «Импульсный светопрофиль ФС6», который позволяет одновременно с фотографированием поперечного сечения выработки получать масштабирующий базис.

Прибор ФС6 состоит из блока электрического питания осветителя, катушки с кабелем синхронизации и четырех телескопических масштабирующих штанг. Обычно съемку производят фотоаппаратом «Зоркий» на пленку «Фото-250» при выдержке не менее

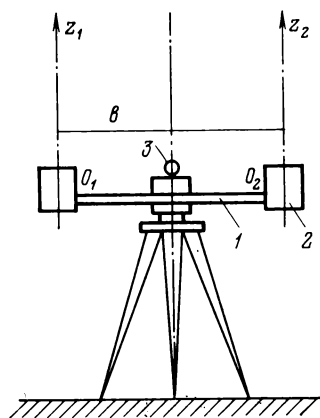


Рис. V.17. Принципиальная схема производства фотограмметрической съемки

1/30 с. Общая погрешность метода в определении площади сечения равна $\pm 1,5\%$.

Физические методы маркшейдерских съемок подземных пустот основаны на принципах преобразования акустических, радио- и световых волн в величины, характеризующие направление и длину измеряемого расстояния. В настоящее время для съемки камер разработаны приборы, использующие определение времени прохождения акустических и радиоволн от излучателя до объекта и обратно.

Наиболее пригодными для решения задач измерения пустот являются звуковые волны (звуколокация) в связи с относительно небольшими скоростями их распространения. Это позволяет с высокой точностью измерять отрезки времени их распространения.

Впервые звуколокация нашла применение в ультразвуковом приборе УЗП-2, предназначенном для профилирования шахтных стволов. Было установлено, что с использованием прибора УЗП-2, производится измерение небольших расстояний со среднеквадратической погрешностью ± 20 мм.

Большое распространение звуколокация получила при съемках камер выщелачивания соли и вертикальных горных выработок большого поперечного сечения. Основной вклад в нашей стране в развитие маркшейдерских приборов на базе звуколокации

Рис. V.18. Схема измерений с помощью станции «Луч»

был сделан учеными кафедры маркшейдерского дела ЛГИ Д. А. Казаковским, Г. А. Кротовым, А. А. Гуричем, Л. Н. Рудневым. Созданный ими в 1963 г. скважинный звуколокатор «Луч», предназначенный для съемки пустот, заполненных соляным раствором, показал хорошие эксплуатационные качества и находит широкое применение.

Станция «Луч» (рис. V.18) смонтирована на автомашине и состоит из двух частей: скважинного снаряда и приборной стойки. Связь скважинного снаряда с наземной аппаратурой осуществляется по кабелю, служащему одновременно и подвесом для снаряда.

Съемка камер, заполненных соляным рассолом, является довольно трудоемкой операцией. Вначале производят разгерметизацию камеры, демонтаж оголовка скважины, подъем или извлечение рассолоподъемной колонны труб и опускание скважинного заряда в район дна камеры на время, при котором происходит естественное раскручивание каротажного кабеля (время раскручивания кабеля при глубине скважины 1000 м до 1,5 ч). Затем осуществляют непосредственно съемку, включающую измерение глубины спуска скважинного снаряда, измерения скорости распространения звука на уровне точки наблюдения и радиусов горизонтального сечения камеры.

Измерение скорости распространения звука на уровне точки наблюдения производят на пробах рассола, отобранных заранее в точках наблюдения. Измерение радиусов камеры осуществляют звуколокатором, который на нужной глубине автоматически плавно поворачивается вокруг вертикальной оси. Ультразвуковые волны распространяются от излучателя до стенок камер и, отразившись от них, попадают на приемник акустической системы. Сигналы после их регистрации в приемнике преобразуются, усиливаются в электронно-ламповом блоке звуколокатора и в виде электрических импульсов передаются по кабелю на наземную станцию.

Для маркшейдерского контроля размеров крупных вертикальных выработок, проводимого в воздушной среде, в Ленинградском горном институте разработан звуколокаторный профилограф рудоспусков ЗПР-2.

Основной трудностью при использовании таких приборов является необходимость постоянной пространственной ориентировки центра акустической системы и направления звукового луча в момент измерений. Анализ различных систем спуска аппаратуры показал, что преимуществами обладает спуск на бесконечной петле из тонкой металлической ленты при условии равенства скоростей движения обеих ветвей петли.

Прибор ЗПР-2 выполнен в переносном варианте (рис. V.19). Съемки с его помощью заключаются в следующем. Подъемное устройство и регистрирующую аппаратуру устанавливают около устья рудоспуска, закрепляют направляющие блоки и в створе с ними устанавливают однобарабанную подъемную

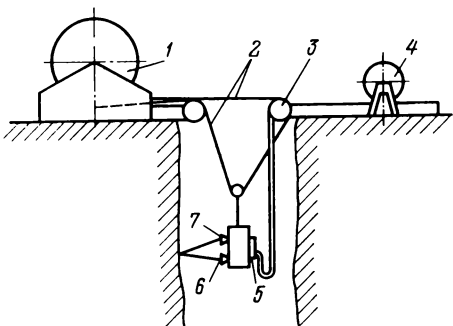


Рис. V.19. Схема съемки рудоспусков прибором ЗПР-2:

1 — подъемная лебедка; 2 — ветви ленты; 3 — направляющие блоки; 4 — кабельная лебедка; 5 — импульсный генератор; 6 — приемник; 7 — излучатель

лебедку, на которую одновременно навиты две ветки металлической пружинной ленты. Механизм подвески позволяет производить вручную разворот акустической системы относительно створа лент на любой угол, регистрируемый по круговому лимбу. Регистрирующая аппаратура связана с акустической системой двумя кабелями. Азимут створа лент определяют в результате маркшейдерской съемки.

В процессе съемки с помощью электроакустического блока производят измерения расстояний от прибора до стенок рудоспуска. Отсчеты на экране электронно-лучевого осциллографа производятся оператором визуально по специальной шкале.

Съемка глубоких взрывных скважин и минных выработок. Одним из основных показателей успешной работы горнорудного предприятия является эффективность буровзрывных работ, которая в значительной мере определяется расходом ВВ и главным образом выходом негабаритов. Последнее обстоятельство существенным образом зависит от правильного расположения в массиве взрывных выработок (взрывных скважин, минных выработок), особенно когда эти выработки имеют большую длину или когда в них проводятся массовые взрывы.

Точное расположение центров, осей минных выработок и взрывных скважин в соответствии с проектом буровзрывных работ непосредственно связано с качеством съемочных и разбивочных работ, осуществляемых маркшейдерами предприятий.

Методика съемки глубоких взрывных скважин зависит от технологии бурения, к которой следует отнести направление бурения (горизонтальное, наклонное, вертикальное), расположение скважин (параллельное, веерообразное) и бурильного оборудования.

Съемку устьев глубоких скважин производят от пунктов съемочной сети 1 и 2 разрядов. Погрешность в определении осей скважин в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должна превышать $\pm 30'$, в определении длины скважин $\pm 0,2$ м.

При веерообразном расположении скважин их бурят из камер, сооружаемых таким образом, чтобы точка установки в них бурильных станков *С* располагалась на пересечении границ (в плане) блока (рис. V.20). После окончания проходки камеры производят съемку, в результате которой помимо контуров камеры определяют положение направления *АВ* и вычисляют координаты точки *С*. По полученным данным определяют горизонтальный угол *АВС* и расстояние *ВС* для разбивки в натуре точки *С*. Затем в кровле камеры закладывают точку *С*, под которой устанавливают угломерный инструмент, ориентируют его относительно направления *СВ* и задают направления будущих скважин, закрепляя их на деревянных брусках, установленных под кровлей камер. При забурировании из точек на брусках опускают отвесы, по которым осуществляют ориентировку скважин в плане.

В тех случаях, когда необходимо задать направление наклонным скважинам, в камере в точке *С* устанавливают угломерный инструмент на одной высоте с осью вращения бурильного станка. После закрепления отвеса на деревянном бруске и, таким образом, фиксации направления в горизонтальной плоскости на вертикальном круге откладывают необходимый угол наклона и на стенке камеры и отвесе отмечают точки *m* и *n* (рис. V.21), которые определяют наклон будущей скважины.

После бурения веера скважин должна быть проведена контрольная съемка. Горизонтальные углы, по которым задаются направления осей скважин, вычисляют как разность дирекционных углов осей скважин и исходной стороны *СВ*.

При задании направления параллельным скважинам (рис. V.22) в горной выработке в створе направления *MN* последовательно разбивают точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, в которых устанавливают угломерный инструмент и откладывают углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3,$

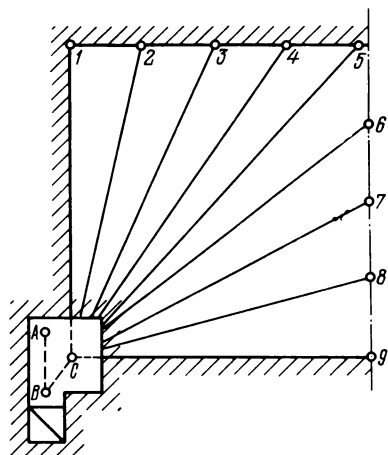


Рис. V.20. Забуривание скважин при их веерообразном расположении

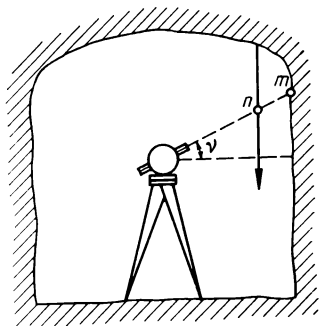


Рис. V.21. Задание направления скважин в вертикальной плоскости

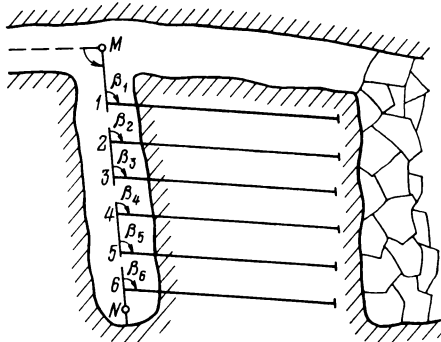


Рис. V.22. Задание направления горизонтальным параллельным скважинам

$\beta_4, \beta_5, \beta_6$. В направлении луча визирования на стенке выработки делают отметку (чаще всего мелом) центра скважины, возле которой записывают ее номер. По окончании бурения скважин произ-

водят их контрольную съемку, выполняемую таким же образом, как это было описано в случае веера скважин.

Вертикальные скважины бурят из выработок сверху вниз. Как правило, их разбивку осуществляют от точек съёмочных ходов. Глубину вертикальных скважин измеряют с помощью рулеток или специального троса, на котором через 1 м закреплены марки и который опускают в скважины с небольшой катушки, похожей по конструкции на катушки, применяемые при ориентировке шахт.

Перенесение в натуру проекта и съемку минных выработок производят от точек и сторон съёмочных ходов методом ординат, полярным методом или проложением висячих ходов.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СЪЕМКИ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

§ 22. Общие сведения

Под вертикальной съемкой, или нивелированием, понимают измерения, проводимые в определенном порядке с последующей их камеральной обработкой, для получения высотных отметок (координаты z) отдельных точек.

На горных предприятиях вертикальные съемки производятся со следующими целями: для получения высот отдельных точек, заложенных в подземных выработках; для задания выработкам определенного уклона; для построения профилей и вертикальных разрезов по различным сечениям горных выработок; для определения отметок характерных точек залежи (пласта) полезного ископаемого в связи с решением горно-геометрических задач и задач по геометризации недр.

Высотная съемка может вестись двумя способами: 1) с помощью геометрического нивелирования, 2) с помощью тригонометрического нивелирования. В выработках с небольшим углом наклона (до $5-8^\circ$) целесообразно применение геометрического нивелирования. В выработках, имеющих угол наклона более 8° , применяется тригонометрическое нивелирование.

Подземные высотные съемки во всех шахтах приводятся к единому общесоюзному уровню, за который принят средний определенный за много лет уровень Балтийского моря. В связи с этим схема работ в пределах каждого шахтного поля выглядит следующим образом. В пределах промплощадки шахты закладываются три или больше реперов, отметки которых определены в Балтийской системе координат нивелированием с погрешностью не ниже IV класса. От них до устья ствола прокладывается нивелирный ход. В шахту передается координата z на реперы, расположенные в околоствольных выработках. От последних производится развитие нивелирных опорных сетей по всему шахтному полю. Опорные подземные высотные сети в дальнейшем являются базой для проведения высотной съемки подземных выработок. Способ передачи координаты z в подземные выработки зависит от схемы вскрытия месторождения. При вскрытии горизонтальной выработкой передача высотной отметки осуществляется геометрическим нивелированием, а в случае вскрытия наклонным стволом — тригонометрическим нивелированием. Если месторождение вскрывается вертикальным стволом, то передача координаты z может производиться одним из способов, рекомендованных

Технической маркшейдерской инструкцией: длинной лентой, стальной проволокой и глубиномером.

Пунктами высотного обоснования в шахте являются реперы, закладываемые в коренных породах в почве, боках и кровле выработки, а также в фундаментах стационарных подземных установок. В качестве высотного обоснования также используются постоянные пункты теодолитных ходов. Реперы для контроля за неподвижностью закладываются группами, в каждой из которых не менее двух реперов с расстоянием между ними 20—50 м. Расстояния между группами реперов не должно превышать 500 м.

Высотные опорные сети могут прокладываться между двумя исходными реперами в виде висячих и замкнутых ходов. Пополнение высотных ходов при масштабе съемки 1 : 2000 должно производиться через 500 м подвигания основных выработок, при съемке в масштабе 1 : 1000 — соответственно через 300 м.

Невязка ходов геометрического нивелирования при создании высотных опорных сетей не должна превышать $\pm 50 \sqrt{L}$, мм (L — длина хода, км). При создании высотных опорных сетей с помощью тригонометрического нивелирования невязка ходов не должна превышать $\pm 10 \sqrt{n_1 + n_2}$, мм (n_1 и n_2 — число сторон соответственно прямого и обратного ходов).

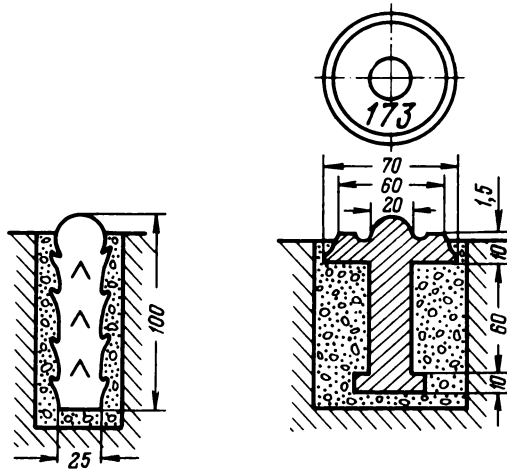
Высотное обоснование съемочных сетей 1 и 2 разрядов обеспечивается тригонометрическим нивелированием, которое выполняется одновременно с прокладкой съемочных ходов. В съемочных сетях 1 разряда углы измеряют теодолитом в прямом и обратном направлениях. При этом превышение из прямого и обратного ходов не должно различаться более чем на 5 см. В съемочных сетях 2 разряда измерение вертикальных углов возможно как теодолитом, так и угломером. Съемка выполняется в прямом и обратном направлениях. Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном измерениях, допускаются до 10 см.

Невязка в ходах тригонометрического нивелирования съемочных сетей 1 разряда не должна превышать $25 \sqrt{n}$, мм, съемочных сетей 2 разряда $50 \sqrt{n}$, мм (n — число сторон хода).

Конструкции реперов, закладываемых в почву или кровлю, могут быть такими же, как и постоянных пунктов плановой подземной маркшейдерской опорной сети (см. главу IV), но могут сооружаться и специальные реперы (рис. VI.1). Конструкции реперов и марок, закладываемых в бока выработок, показаны на рис. VI.2. Чаще всего реперы закладываются в почву выработок, так как в этом случае они меньше всего испытывают деформации, происходящие в результате сдвижения горных пород от разработки месторождения. Реперы должны закладываться на каждом горизонте горного предприятия, причем в местах, наименее подверженных влиянию очистных работ. Как правило, реперы закладываются в выработках околоствольного двора и в основных

горнокапитальных выработках таким образом, чтобы в пределах всего шахтного поля, включая его границы, имелась высотная опорная сеть.

Рис. VI.1. Специальные реперы, закладываемые в почву выработки



Для опознавания реперов к стойкам крепи прибиваются марки с номерами реперов и буквой Р, указывающей на принадлежность марки к реперу, а не к пункту плановой опорной сети. В тех

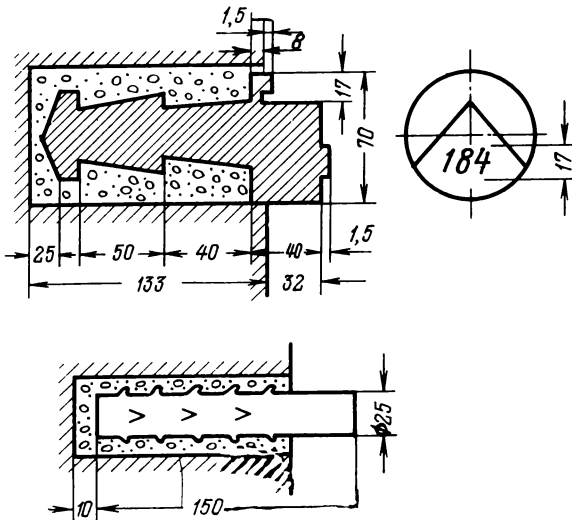


Рис. VI.2. Специальные реперы, закладываемые в бока выработки

случаях, когда реперы расположены в выработках, в которых крепление марок невозможно, на крепи или боках выработок прочными видами красок делаются соответствующие надписи, заменяющие информацию, содержащуюся на марках.

§ 23. Инструменты для геометрического нивелирования в подземных условиях

К нивелирам, используемым в подземных горных выработках, не предъявляются особые требования. Поэтому в шахтных условиях используются нивелиры, применяемые для геодезических работ на поверхности. Основным требованием, предъявляемым к нивелирам, является соблюдение параллельности визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня.

Нивелиры могут быть классифицированы по трем признакам: по точности, способу установки визирной оси в горизонтальное положение и характеру соединения уровня с трубой.

По точности различают технические, точные и высокоточные нивелиры.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение нивелиры могут быть без элевационного винта, с элевационным винтом и авторедукционные (нивелиры с самоустанавливающейся в горизонтальное положение визирной осью).

По характеру соединения зрительной трубы с уровнем нивелиры могут быть глухими, с перекладной трубой и уровнем при подставке, с перекладной трубой и уровнем при трубе, с перекладной трубой и накладным уровнем, с поворотной трубой и двусторонним уровнем на трубе.

В последние годы наметилась тенденция в конструировании нивелиров, которая заключается в том, что предпочтение отдано глухим нивелирам, нивелирам с самоустанавливающимися в горизонтальное положение линиями визирования и нивелирам с наклонным лучом визирования.

Нивелиры с самоустанавливающимися в горизонтальное положение линиями визирования по сравнению с нивелирами, у которых обычная конструкция визирных осей, обладают преимуществами:

1) значительно повышается производительность полевых работ за счет того, что, во-первых, нет необходимости выводить пузырек уровня на середину ампулы (нуль-пункт) и, во-вторых, отпадает необходимость следить за положением пузырька во время отсчета по рейкам;

2) улучшаются условия производства нивелировочных работ на неустойчивых грунтах.

В нивелирах с уровнем точность приведения визирной оси в горизонтальное положение (горизонтирование визирной оси) связана с ценой деления уровня. Соответствие между ценой деления уровня и увеличением трубы выражается следующей формулой:

$$Г\tau'' = 400,$$

где G — увеличение трубы; τ'' — цена одного деления уровня, с. В противном случае избыточная точность уровня будет сни-

жать темп работы, а недостаточная — точность нивелирования.

При нивелировании в горных выработках возможно применение отечественных нивелиров НТ, НТС, НЛС (НЛ-3), НСЧ; нивелиров выпусков прошлых лет — НВ-1 и НГ; нивелиров, выпускаемых в ГДР: Ni060, Ni030, Ni025, Ni050, Ni007; в ВНР: Ni-B1 (2), Ni-B3 (4), Ni-B5 (6).

Глухие нивелиры с цилиндрическим уровнем. Глухой нивелир НТ (рис. VI.3) предназначен для технического нивелирования. При его использовании средняя квадратическая погрешность на 1 км хода около ± 15 мм. Средняя квадратическая погрешность определения одного превышения при нивелировании из середины, когда расстояние между нивелиром и рейками 150 м, не превышает ± 6 мм.

Нивелир имеет сфероторондальную головку (шаровую пятю), соединяющую нивелир со штативом и позволяющую по сферическому уровню быстро устанавливать прибор в горизонтальное положение. Подъемных винтов подставка не имеет. Приведение пузырька цилиндрического уровня на середину производится элевационным винтом. Цилиндрический уровень с помощью системы линз (рис. VI.4) связан непосредственно со зрительной трубой. Таким образом, изображение концов пузырька уровня сведено в поле зрения трубы в плоскость сетки нитей.

В подставе нивелира помещен горизонтальный круг, цена деления шкалы которого 1° . Отсчеты по горизонтальному кругу снимаются по индексу. Зрительная труба имеет возможность вращаться вокруг вертикальной оси относительно подставки. Для грубого наведения у трубы нивелира имеется мушка, точное наведение визирной оси осуществляется наводящим устройством.

Нивелир Ni060 (рис. VI.5), выпускаемый в ГДР Народным предприятием «Карл Цейсс», допускает передачу высотных отметок со среднеквадратической погрешностью на 1 км хода ± 6 мм. Нивелир малогабаритен, его масса 0,9 кг, наименьшее расстояние визирования 1,5 м. Он удобен для работы в шахтных условиях. Зрительная труба с внутренней фокусировкой, ее поле

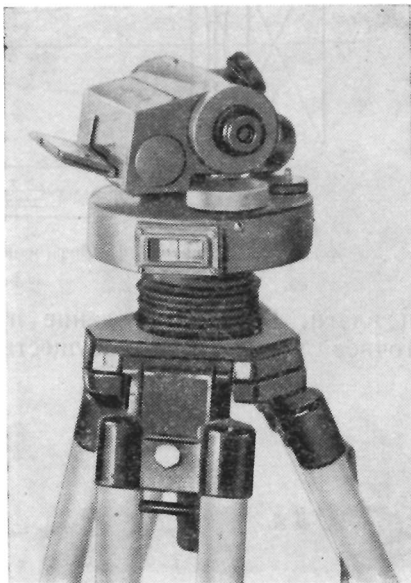


Рис. VI.3. Нивелир НТ

зрения больше 2° . Цилиндрический уровень с ценой деления $60''$ снабжен откидным зеркалом.

Н и в е л и р Ni-B1 (рис. VI.6) выпускается заводом МОМ (ВНР). Чувствительные части инструмента защищены от пыли

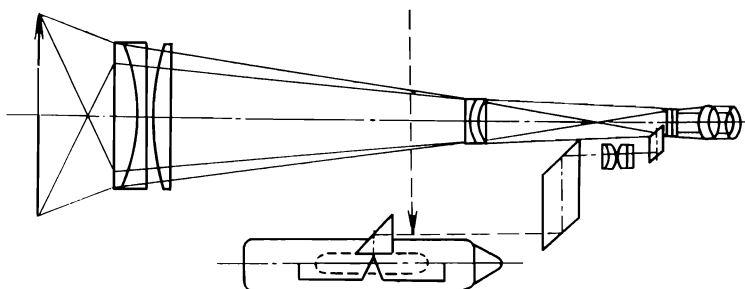


Рис. VI.4. Оптическая схема нивелира НТ

и влаги. Грубое наведение производится вращением от руки, точное визирование осуществляется с помощью наводящего устройства. Зажимное устройство в нивелире отсутствует.

При использовании прибора Ni-B1 среднеквадратическая погрешность определения превышения достигает на 1 км хода $\pm 3-4$ мм. Нивелир снабжен элевационным винтом, контроль установки уровня в горизонтальное положение производится методом призматического совмещения краев пузырька.

Нивелир имеет горизонтальный стеклянный лимб диаметром 76 мм и ценой деления 1° . Для отсчета применяется шкаловой микроскоп, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. Цена деления шкалы микроскопа $10'$, при интерполировании точность отсчета достигает $1'$.

Проверка глухих нивелиров с цилиндрическим уровнем.

Основное требование, предъявляемое к нивелирам, заключается в том, что во время взятия отсчетов линия визирования должна быть в горизонтальном положении. У нивелиров с цилиндрическим уровнем это требование

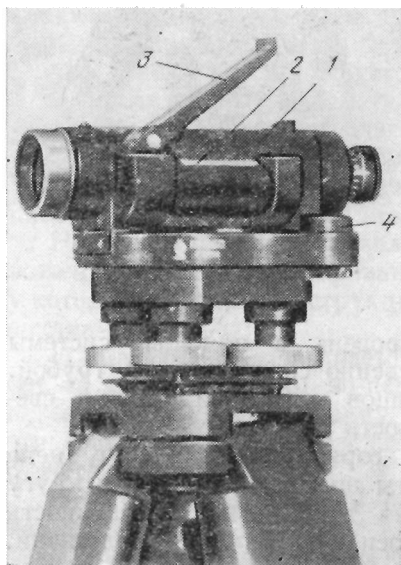


Рис. VI.5. Нивелир Ni060:

1 — зрительная труба; 2 — цилиндрический уровень; 3 — зеркало откидное; 4 — сферический уровень

выполняется при условии параллельности визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня.

Для удобства выполнения полевых работ (помимо отмеченного выше условия параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси) у нивелира должно быть выполнено еще несколько условий: ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения инструмента, ось сферического уровня — параллельна оси вращения нивелира, горизонтальная нить сетки нитей — перпендикулярна вертикальной оси инструмента.

Поверки и юстировка глухих нивелиров с цилиндрическим уровнем выполняются в следующей последовательности.

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения инструмента (эта поверка обязательна для нивелиров без элевационного винта).

Для выполнения поверки цилиндрический уровень устанавливается параллельно линии, проходящей через два подъемных винта. Вращением этих винтов в разные стороны пузырек уровня выводится на середину. Далее нивелир поворачивается на 90° , а цилиндрический уровень устанавливается по направлению третьего подъемного винта. После этого нивелир вокруг вертикальной оси вращается на 180° . Если пузырек уровня остается в середине шкалы ампулы, то условие перпендикулярности выполнено. Если же пузырек сместился, то производится юстировка (исправление) нивелира. Для этого исправительными винтами уровня пузырек смещается на $1/2$ дуги смещения к первоначальному положению, а на оставшуюся половину — подъемными винтами инструмента. Поверка выполняется последовательно несколько раз, пока условие перпендикулярности оси уровня и оси вращения инструмента не будет выполнено.

2. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента.

Если выполнена первая поверка и ось вращения нивелира приведена в вертикальное положение, а пузырек уровня сместился с середины ампулы, то пузырек устанавливается в середину исправительными винтами оправы уровня.

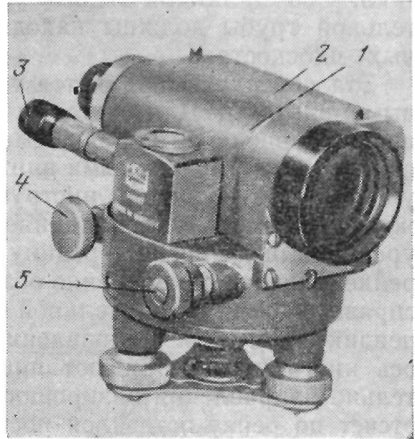


Рис. VI.6. Нивелир Ni-B1:

1 — зрительная труба; 2 — цилиндрический уровень, скрытый в кожух; 3 — окуляр шкалового микроскопа; 4 — элевационный винт; 5 — бесконечный наводящий винт

При выполнении самостоятельной поверки пузырек круглого уровня подъемными винтами инструмента выводится в центр ампулы. Верхняя часть нивелира поворачивается на 180° . Если пузырек не сместился, то условие параллельности выполнено. Если пузырек уровня переместится от центра на какое-то расстояние, то исправление производится на одну половину смещенного расстояния подъемными винтами инструмента, на вторую — исправительными винтами уровня. Исправление чаще всего производится в два-три приема.

3. Ось цилиндрического уровня и геометрическая ось зрительной трубы должны находиться в вертикальных параллельных плоскостях.

Эта поверка выполняется только для нивелиров с элевационными винтами. Для этого на расстоянии 50 м от нивелира по направлению одного из подъемных винтов вертикально устанавливается рейка. Подъемными винтами нивелира, пользуясь круглым уровнем, ось вращения инструмента приводится в отвесное положение. С помощью элевационного винта пузырек цилиндрического уровня выводится на середину ампулы и производится отсчет по рейке. Вращая попеременно оба подъемных винта, расположенных справа и слева от зрительной трубы и образующих линию, перпендикулярную к направлению, проходящему через визирную ось инструмента, придают нивелиру небольшой наклон относительно направления визирования. При этом следят за тем, чтобы отсчет по рейке оставался постоянным. Если при наклоне нивелира в противоположные стороны пузырек уровня не смещается с середины (оси лежат в параллельных отвесам плоскостях и параллельны) или в обоих случаях смещается в одну сторону (оси лежат в параллельных отвесам плоскостях, но скрещиваются), то требуемое условие выполнено. При смещении пузырька в разные стороны от центра ампулы более чем на одно деление условие не выполнено и необходимо произвести исправление боковыми исправительными винтами уровня.

4. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Это условие проверяется двойным нивелированием и может быть выполнено двумя способами.

1-й способ. На слабонаклонной местности на расстоянии 50—60 м друг от друга забивают два колышка *M* и *N*. На один из колышков *N* ставят рейку, над другим устанавливают нивелир (рис. VI.7, а). Причем лучше его устанавливать таким образом, чтобы расстояние между окуляром и вертикалью, проходящей через колышек, было небольшим (2—3 см). Берут отсчет a_1 по рейке, стоящей на колышке *N*, и тщательно измеряют высоту инструмента i_1 . Высоту инструмента весьма точно можно измерить с помощью рейки, если ее поставить на колышек, над которым установлен нивелир, и наблюдать окуляром вперед. При этом удобно на объектив надеть черную крышку, имеющую в середине

отверстие диаметром 2—3 мм. Наблюдатель, глядя через объектив, дает указание помощнику перемещать по рейке лист из прозрачного материала с черной горизонтальной чертой до тех пор, пока черта не окажется в центре поля зрения. Положение на рейке черного штриха дает высоту инструмента.

Затем нивелир и рейку меняют местами и производят повторное нивелирование этого же превышения (рис. VI.7, б). Во второй раз получают отсчет по рейке a_2 и высоту инструмента i_2 .

Если бы оси были параллельны, то в первом случае был бы отсчет a'_1 , а во втором — a'_2 . Так как в первом и во втором случаях

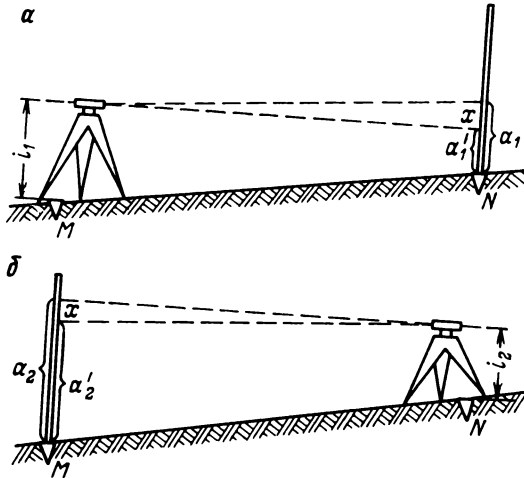


Рис. VI.7. Схема двойного нивелирования по первому способу

расстояние между нивелирами и рейкой одинаково, то погрешность из-за непараллельности визирной оси зрительной трубы и цилиндрического уровня одинакова (на рисунке она обозначена через x). Таким образом, первый отсчет можно написать $a_1 = a'_1 + x$, второй — $a_2 = a'_2 + x$.

Выразим превышения для первого и второго случаев следующим образом: $h = i_1 - (a_1 - x)$, $h = (a_2 - x) - i_2$. Приравняв оба превышения, получим: $i_1 - a_1 + x = a_2 - x - i_2$. Откуда $2x = a_1 + a_2 - i_1 - i_2$, или погрешность за непараллельность осей равна

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}.$$

Таким образом, зная величину x , можно производить юстировку инструмента. Для этого определяется отсчет, соответствующий горизонтальному положению визирной линии, при втором положении нивелира

$$a'_2 = a_2 - x.$$

Действуя исправительными винтами сетки нитей, надо добиться такого ее положения, чтобы фактический отсчет по рейке был равен a_2 . Юстировка произведена с достаточной точностью, если $x < \pm 4$ мм.

2-й способ. На ровном участке поверхности выбирают линию длиной около 80 м. Измеряют ее длину и находят середину P и положение точки Q , находящейся на середине половины отрезка PN . В точке P устанавливают нивелир и берут отсчеты a_1 и b_1 по рейкам, находящимся в точках M и N (рис. VI.8). Превышение между точками M и N в данном случае без погрешностей равно $h_1 = a_1 - b_1$. Затем нивелир переставляют в точку Q и производят повторное нивелирование. Превышение во втором случае равно $h_2 = a_2 - b_2$.

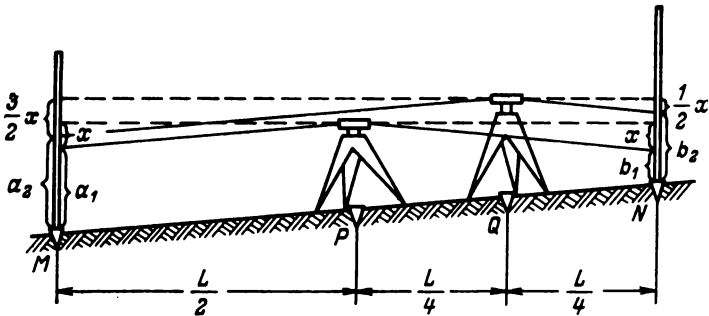


Рис. VI.8. Схема двойного нивелирования по второму способу

Если в нивелире существует непараллельность оси цилиндрического уровня и линии визирования, то величина погрешности x в этом случае равна

$$h_2 - h_1 = (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1).$$

Отсчеты, лишенные погрешностей, определяют из выражений:

$$a = a_2 + \left(\pm \frac{3}{2} x\right); \quad b = b_2 + \left(\pm \frac{1}{2} x\right).$$

В том случае, если разность между h_1 и h_2 больше 2—3 мм, то непараллельность существенна и ее надо устранить. Для этого, действуя исправительными винтами сетки нитей, добиваются отсчета a по рейке в точке M или отсчета b по рейке, стоящей в точке N .

5. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Эта проверка может выполняться с помощью длинного отвеса или вертикально стоящей рейки. В первом случае на некотором удалении от нивелира на высоте 3—4 м от уровня земли подвешивается отвес. Если вертикальная нить не совпадает со шнуром отвеса, то производят исправление исправительными винтами

сетки нитей. Перпендикулярность вертикальной и горизонтальной нитей сетки нитей гарантируется заводом. Во втором случае на рейку, установленную от нивелира на расстоянии 20—30 м, производят визирование зрительной трубы. Наводящим винтом плавно перемещают трубу в горизонтальном направлении. Если горизонтальная нить горизонтальна, то отсчет по рейке при перемещении зрительной трубы в горизонтальной плоскости не должен меняться. В противном случае сетку нитей необходимо повернуть ее исправительными винтами.

Нивелиры с самоустанавливающимися визирными линиями. Нивелиры с цилиндрическими уровнями требуют тщательной установки по уровню при работе с ними и постоянного контроля

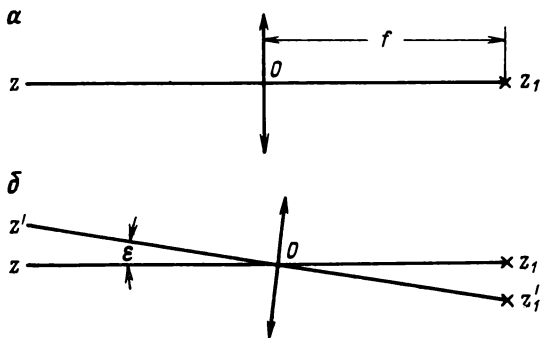


Рис. VI.9. Положение визирной оси нивелира:

zz_1 — горизонтальное (а);
 z_1z_1' — наклонное (б); f —
 фокусное расстояние объек-
 тива; O — центр объек-
 тива

положения пузырька уровня при взятии отсчетов. Этого недостатка лишены так называемые авторедукционные нивелиры, у которых линия визирования автоматически устанавливается в горизонтальное положение с помощью специальных компенсаторов, которые подразделяются на механические, оптические и оптико-механические. Последние являются более перспективными.

Рассмотрим используемые схемы стабилизации визирной линии компенсаторами в современных нивелирах. Представим положение, когда визирная линия находится в горизонтальном положении (рис. VI.9, а). В таком положении визирной оси zz_1 отсчет по рейке будет правильным. Пусть визирная ось зрительной трубы не горизонтальна $z'z_1'$, а составляет с горизонтальную небольшую угол ϵ (рис. VI.9, б). В этом случае центр сетки нитей сместился с горизонтальной линии и занимает положение z_1' . Так как сетка нитей обычно располагается в заднем фокусе объектива, величину смещения ее центра z_1z_1' можно выразить следующим образом: $z_1z_1' = f \operatorname{tg} \epsilon$ или, считая угол ϵ малым по величине, $z_1z_1' \approx f\epsilon$. Таким образом, для того чтобы при наклонном положении визирной линии был сделан правильный отсчет, центр сетки нитей должен быть каким-либо образом помещен на горизонтальной линии zz_1 и находиться в точке z_1 . Выполнение этой опе-

рации производится с помощью компенсаторов, принципиальные схемы которых рассматриваются ниже.

1) Перемещение сетки нитей из точки z' в точку z_1 на величину компенсации $f\varepsilon$ передвижением сетки нитей рычагом Pz'_1 , вращающимся вокруг точки P на угол поворота ε_1 (рис. VI.10, а).

2) Смещение изображения рейки (рис. VI.10, б) таким образом, чтобы правильный отсчет совместился с центром сетки нитей (компенсирование с поворотом визирного луча).

3) Перемещение визирного луча параллельно своему направле-

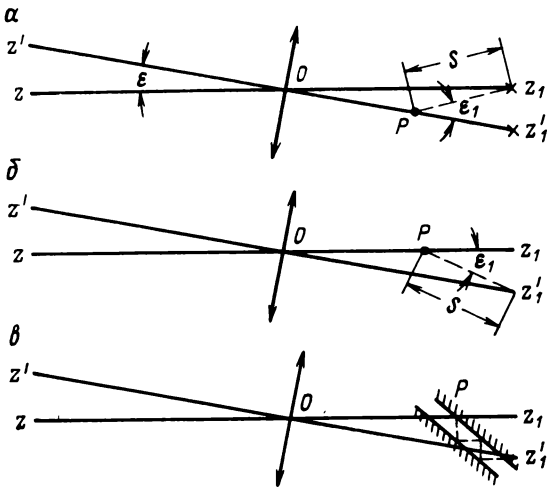


Рис. VI.10. Схема работы компенсаторов нивелиров

нию таким образом, чтобы он прошел через центр сетки нитей (рис. VI.10, в).

Теория компенсаторов требует выполнения следующего условия: $S \sin \varepsilon_1 = f \sin \varepsilon$. Отсюда записывается отношение $\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon} = \frac{f}{S} \approx \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}$, которое обозначается буквой k и называется коэффициентом компенсации, или угловым увеличением компенсации.

В современных нивелирах компенсаторы работают в пределах от ± 6 до $\pm 40'$.

Н и в е л и р НСМ-2А предназначен для выполнения нивелировочных работ III, IV классов и технического нивелирования (рис. VI.11). Он обеспечивает передачу отметок со средней квадратической погрешностью на 1 км хода не более ± 3 —4 мм. В нивелире (рис. VI.12) применен размещенный перед объективом 5 линзовый компенсатор, состоящий из двух линз: 2 — неподвижной и 1 — подвижной, подвешенной на гибких нитях 3. Груз 4 уравнивает подвижную линзу. Компенсатор работает таким образом, что при наклоне зрительной трубы на угол β подвижная система наклоняется на угол 6β . В наклонном положении трубы главная точка (центр) отрицательной линзы смещается с оси трубы

на некоторую величину h , пропорциональную расстоянию d и углу β . Фокусное расстояние f и длина плеча компенсатора d подобраны таким образом, что смещение центра подвижной линзы на величину h вызывало отклонение визирной оси на угол β в направлении, противоположном наклону оси зрительной трубы. В результате этого визирная линия нивелира устанавливается автоматически в горизонтальное положение. Компенсатор, колебания которого гасятся воздушным демпфером в течение 2 с, позволяет производить нивелирование при наклоне оси инструмента в пределах $\pm 10'$. При наклоне оси инструмента более $10'$ ухудшается изображение рейки, что является контролем работы компенсатора. Приведение оси инструмента в отвесное положение производится двумя взаимно перпендикулярными цилиндрическими уровнями с помощью трех подъемных винтов с большим шагом резьбы, позволяющим быстро приводить инструмент в рабочее положение.

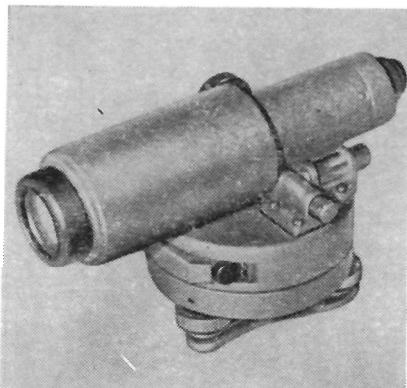


Рис. VI.11. Нивелир НСМ-2А

Н и в е л и р НС-4 (рис. VI.13) предназначен для производства нивелирования IV класса, а также для технического нивелирования.

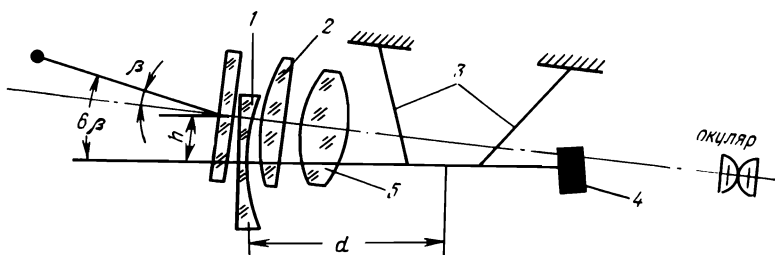


Рис. VI.12. Компенсатор нивелира НСМ-2А

Он обеспечивает передачу отметок со среднеквадратической погрешностью ± 8 мм на 1 км хода. На станциях при расстояниях до рек от нивелира 100 м определение превышения производится со среднеквадратической погрешностью ± 3 мм.

Нивелир снабжен оптическим (призменным) компенсатором, диапазон работы которого $\pm 15'$, точность автоматической установки линии визирования в горизонтальное положение $\pm 0''{,}4$.

Для грубого приведения оси вращения инструмента в вертикальное положение нивелир снабжен круглым уровнем, цена деления которого $10'$.

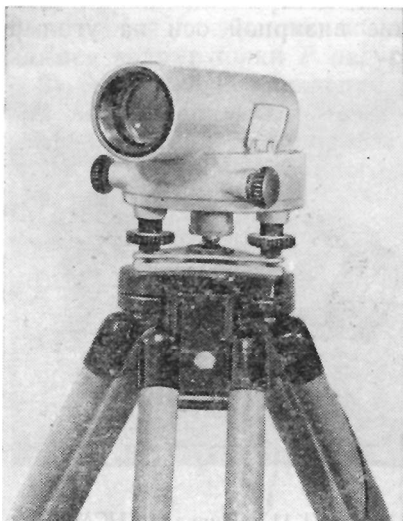


Рис. VI.13. Нивелир NS-4

Нивелир NS-4 снабжен горизонтальным кругом, отсчеты по которому производятся с помощью шкалового микроскопа, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. Использование в нивелире горизонтального круга позволяет применять его для разбивочных работ и тахеометрической съемки на равнинной местности.

Нивелир Ni025 (рис. VI.14) выпускается в ГДР и предназначен для технического нивелирования. При его использовании в нормальных условиях достигается средняя квадратическая погрешность до $\pm 2,5$ мм на 1 км двойного хода.

Автоматическая установка визирной линии производится с помощью компенсатора, расположенного между фокусирующей

линзой и окуляром зрительной трубы. Он состоит из двух прямоугольных призм 1, 3, укрепленных на висячем маятнике 4 (рис. IV.15), и неподвижной дахпризмы 2. В случае наклона инструмента на некоторый угол ε маятник под действием силы тяжести также отклонится на угол ε . За счет этого получается автоматическое приведение визирной линии нивелира в горизонтальное положение. Двусторонний воздушный демпфер 5 приводит маятник в состояние покоя менее чем за 1 с. Рабочий диапазон компенсатора $\pm 10'$. Средняя погрешность установки визирной оси в горизонтальное положение не более $0'',5$. Компенсатор нивелира невосприимчив к тряске во время его транспортирования.

Точное наведение инструмента на цель производится бесконечным винтом наводящего устройства. У нивелира имеется го-

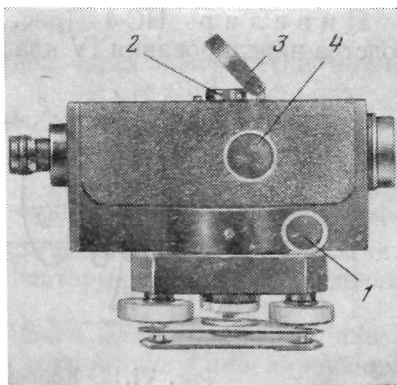


Рис. VI.14. Нивелир Ni025:

1 — бесконечный винт наводящего устройства; 2 — круглый уровень; 3 — зеркало; 4 — винт для фокусировки трубы

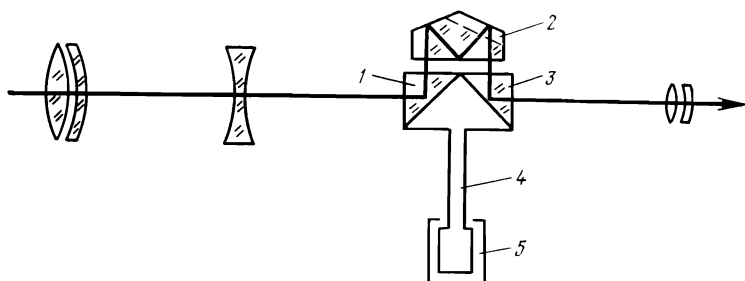


Рис. VI.15. Схема оптики компенсатора нивелира Ni025

ризонтальный круг, разделенный на десятиградусные деления. Оценка на глаз может производиться с точностью до $1'$.

Н и в е л и р Ni007 (рис. VI.16) выпускается в ГДР и предназначен как для технического, так и точного нивелирования. В последнем случае включается микрометричное устройство с плоскопараллельной пластинкой и применяются прецизионные нивелирные рейки с инварной лентой.

В нормальных условиях работы нивелиром Ni007 с выключенной плоскопараллельной пластинкой-микрометром и рейками с сантиметровыми делениями средняя погрешность нивелирования на 1 км хода ± 2 мм, а при использовании схемы точного нивелирования $\pm 0,5$ мм.

Зрительная труба нивелира ломаная, ее оптическая схема и схема работы компенсатора показаны на рис. VI.17.

Маятник компенсатора нивелира Ni007, имеющий воздушный демпфер, работает в диапазоне наклонов $\pm 10'$. Грубое приведение нивелира в горизонтальное положение выполняется с помощью круглого уровня. Большое увеличение зрительной трубы (31,5 крат) позволяет с высокой точностью проводить наведение.

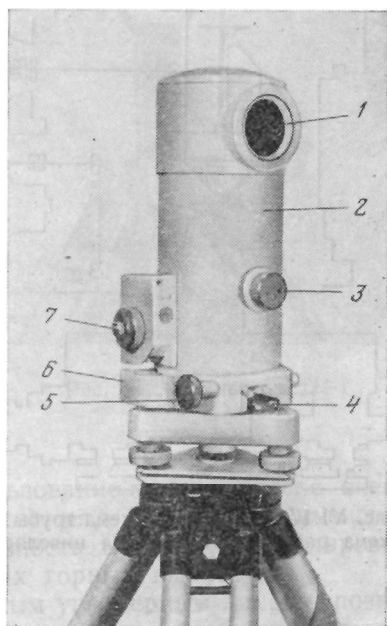


Рис. VI.16. Нивелир Ni007:
1 — входное окно зрительной трубы; 2 — зрительная труба; 3 — винт фокусировочный; 4 — зажимной рычаг; 5 — наводящий винт; 6 — круглый уровень; 7 — барабанчик микрометра

Нивелир Ni007 выпускается как с горизонтальным кругом, так и без него. Микроскоп горизонтального круга расположен непосредственно под окуляром зрительной трубы. Цена деления стеклянного лимба $10'$, но на глаз могут оцениваться десятые доли интервала.

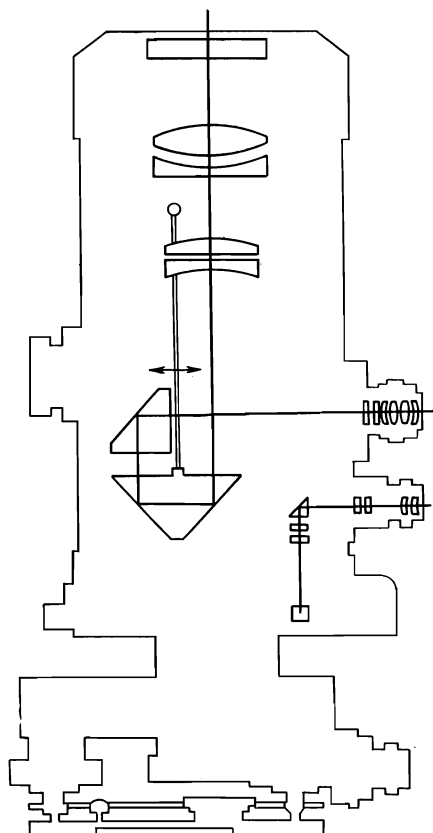


Рис. VI.17. Оптическая схема трубы и схема работы компенсатора нивелира Ni007

Нивелир Ni-B3 (рис. VI.18) выпускается в Венгрии и предназначен для выполнения нивелирования III и IV классов и технического нивелирования. Среднеквадратическая погрешность нивелирования на 1 км хода не более ± 2 мм. Нивелир имеет стеклянный лимб, отсчеты по которому

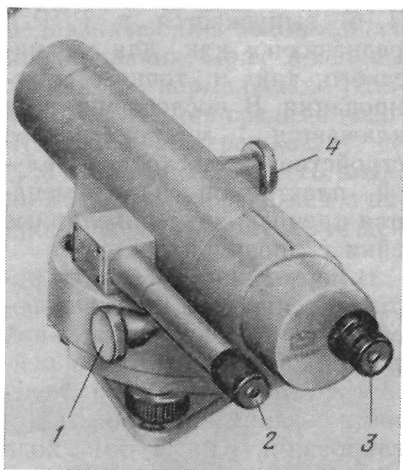


Рис. VI.18. Нивелир Ni-B3:

- 1 — бесконечный наводящего устройства;
- 2 — окуляр оптического микроскопа;
- 3 — окуляр зрительной трубы; 4 — фокусировочный винт

с помощью шкалового микроскопа делаются с точностью $\pm 1'$. Ось вращения нивелира в отвесное положение приводится с помощью круглого уровня, изображение пузырька которого передается в поле зрения трубы.

Компенсатор нивелира Ni-B3 состоит из трех прямоугольных призм (рис. VI.19), две из которых (1, 2) подвижны, третья (3) — неподвижна. Диапазон работы компенсатора $\pm 8'$, средняя погрешность установки визирной линии в горизонтальное положение не более $\pm 0",4$.

Нивелир ТН-7 (рис. VI.20), сконструированный во ВНИМИ, предназначен для определения превышений методом геометрического нивелирования при строительстве и эксплуатации горных предприятий как подземным, так и открытым способом. Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, получаемая при использовании ТН-7, не превышает ± 15 мм.

В нивелире применен широкодиапазонный стабилизатор, обеспечивающий пределы углов

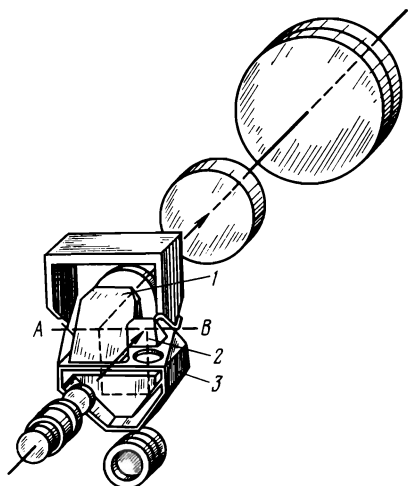


Рис. VI.19. Компенсатор нивелира Ni-B3

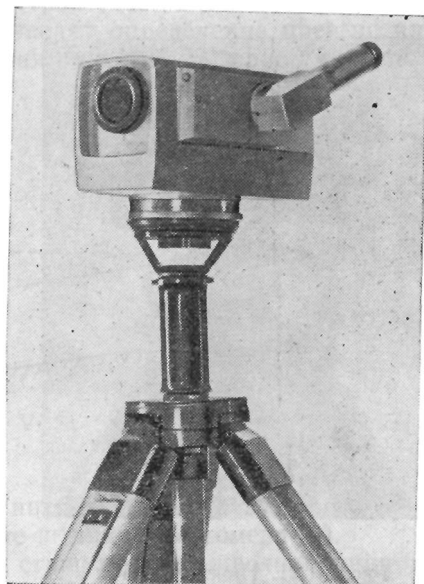


Рис. VI.20. Нивелир ТН-7

работы компенсатора $\pm 6^\circ$. Использование компенсатора с очень широкими пределами компенсирования, а также применение поворотного окуляра дают возможность проводить нивелировку в стесненных условиях подземных горных выработок.

Нивелир снабжен горизонтальным угломерным лимбом, позволяющим задавать направления, проводить разбивки, выполнять съемки ровных площадей полярным способом.

Оптика трубы имеет большую светосилу и обеспечивает прямое изображение предметов. Выдвижное устройство к штативу позволяет быстро менять горизонт инструмента.

Проверки нивелиров с самоуставляющимися визирными линиями. Основное требование к нивелирам данного типа: при отклонениях от вертикали оси вращения инструмента, не превышающих расчетные величины, линия визирования должна быть горизонтальной.

Поверки авторедукционных нивелиров сводятся к следующему.

1. Оси установочных круглых уровней должны быть параллельны, а оси цилиндрических уровней (нивелир НСМ-2А) перпендикулярным к оси вращения инструмента.

2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярной к вертикальной оси вращения нивелира.

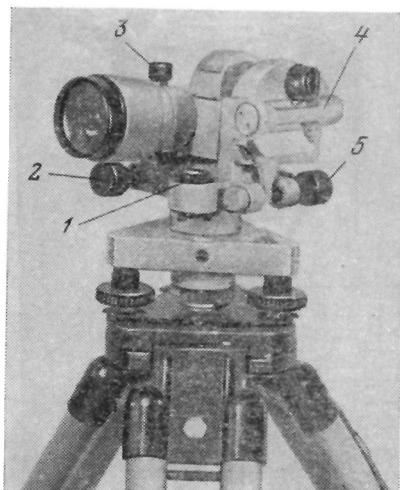


Рис. VI.21. Нивелир НЛ-3:

1 — круглый уровень; 2 — наводящий винт трубы; 3 — зажимной винт трубы; 4 — цилиндрический уровень; 5 — винт цилиндрического уровня

Две отмеченные выше проверки выполняются таким же образом, как и эти проверки у глухих нивелиров с цилиндрическими уровнями.

3. Линия визирования должна быть горизонтальной при наклонах оси вращения инструмента в пределах допустимых углов работы компенсаторов.

Эта проверка складывается из установления исправности компенсатора и условий горизонтальности линии визирования.

Для определения исправности компенсаторов нивелир по круглому уровню устанавливают в рабочее положение. На расстоянии 70—80 м по направлению одного из подъемных винтов ставят рейку и берут по ней отсчет. Вращением подъемного винта вначале

в одном, затем в другом направлениях изменяют в пространстве положение оси вращения нивелира. Если при вращении подъемного винта отсчет остается постоянным, то компенсатор работает верно. В противном случае нивелир для исправления должен быть передан в мастерскую.

Вторая часть третьей проверки, т. е. условие горизонтальности линии визирования, выполняется двойным нивелированием так же, как это делалось в случае глухих нивелиров без элевационного винта.

Нивелиры с наклонным лучом визирования. В нашей стране разработана оригинальная конструкция нивелира НЛ-3 (рис. VI.21) с наклонным лучом, предназначенного для определения превышений как наклонной, так и горизонтальной линией визирования. Нивелирование может производиться наклонным лучом визирования в пределах $\pm 3^\circ$, что позволяет определять с одной станции превышения до 15 м с предель-

ными погрешностями ± 50 мм на 1 км хода при длине визирного луча не более 200 м.

У нивелира НЛ-3 наклон зрительной трубы в вертикальной плоскости осуществляется наводящим винтом, перемещение в горизонтальной плоскости может быть грубым «от руки» и точным с помощью микрометричного винта.

Отличительной особенностью нивелира НЛ-3 является то, что в нем выполнено специальное устройство — оптический высотометр, с помощью которого производят определение превышения наклонным лучом. В поле зрения (рис. VI.22) трубы нивелира

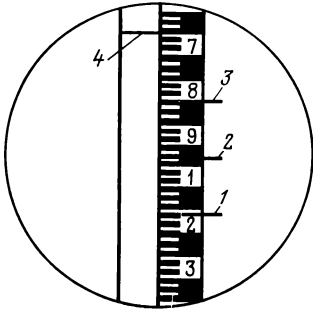


Рис. VI.22. Поле зрения нивелира НЛ-3

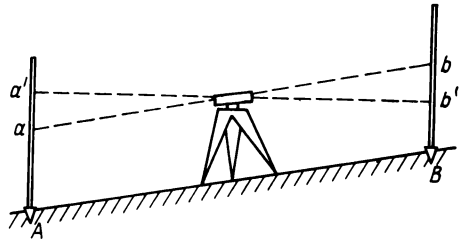


Рис. VI.23. Схема нивелирования из середины нивелиром НЛ-3

помимо обычных горизонтальных нитей (центральной 2, верхней 3 и нижней 1) имеет изображение штриха высотомера (4).

Определение превышения на станции при нивелировании из середины производится следующим образом (рис. VI.23). Обозначим через a и b отсчеты по рейкам, установленным в точках A и B , и соответственно через a' и b' — отсчеты по штриху высотомера при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня. Согласно приведенной схеме превышение между точками A и B определится следующим образом:

$$h = k(a' - b') + (k - 1)(a - b),$$

где k — коэффициент высотомера, который у нивелира НЛ-3 равен 5.

Если при взятии отсчетов по передней и задней рейкам среднюю нить 2 сетки нитей наводить на один и тот же отсчет, то в силу того, что в этом случае $a = b$, приведенная выше формула упрощается и примет вид

$$h = k(a' - b').$$

Если нивелирование ведется по схеме «вперед», то формула для определения превышений

$$h = k(b - b') + i - b.$$

Для нивелирования горизонтальным лучом перед производством полевых работ движением зрительной трубы совмещают высотный штрих (4) со средней нитью сетки нитей (2) (см. рис. VI.22).

Использование нивелира НЛ-3 с наклонным лучом визирования позволяет значительно повысить производительность труда при работах на всхолмленной местности, обеспечивая достаточную для инженерных задач точность.

Нивелирные рейки чаще всего изготавливаются из сухой, хорошо выдержанной древесины сосны или ели. Длина реек различная: для работ на поверхности — 4 или 3 м, для работ в подземных условиях — 1,5—2,0 м. В последние годы наметилась тенденция изготовления реек для подземных работ из прозрачного материала. Это значительно упрощает взятие отсчетов по рейкам.

Деревянные рейки при изготовлении вначале пропитываются олифой, затем покрываются белой краской, уже на которую с помощью трафарета или специальной машины наносятся шашечные или штриховые деления. На рейках для технического нивелирования деления наносятся через 1 см. Для удобства отсчитывания сантиметровые шашечные деления группируются особым образом, при этом формируются четко выраженные дециметры (рис. VI.24).

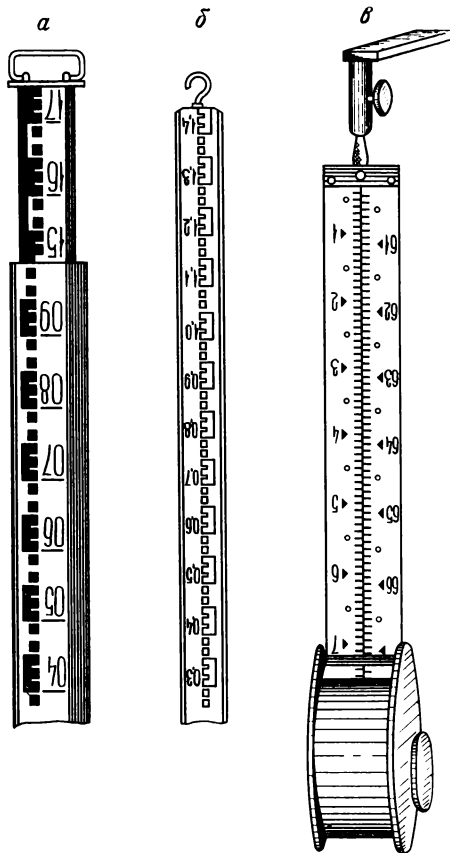


Рис. VI.24. Типы нивелирных реек

Для подземного нивелирования существуют раздвижные (см. рис. VI.24, а) и сплошные рейки; изготавливаются также подвесные рейки (см. рис. VI.24, б), но они требуют закладки в кровле выработок реперов специальной конструкции. Иногда используются инварные подвесные ленты (см. рис. VI.24, в), наматывающиеся на шпульки, помещенные в защитные кожухи.

Нивелирные рейки периодически проверяются, в результате устанавливается их точность. При проверках должны быть опре-

делены средняя длина метрового интервала, погрешности дециметровых интервалов, правильность нанесения делений. Погрешности нанесения дециметровых интервалов не должны превышать ± 1 мм. Поверки реек производятся с помощью контрольного метра (жневской линейки), возможно также использование выверенных стальных рулеток.

§ 24. Производство геометрического нивелирования в подземных условиях

Геометрическое нивелирование проводится в горных выработках, имеющих угол наклона не более $5-8^\circ$, и включает в себя рекогносцировку и закрепление реперов, собственно нивелирование, камеральную обработку полевых наблюдений.

Рекогносцировка, заключающаяся в детальном осмотре и изучении состояния выработок и существующих пунктов опорных сетей, имеет своей целью проверить правильность выбранного проекта нивелирования. При рекогносцировке может производиться постановка дополнительных реперов, иногда эта операция выполняется после рекогносцировочных работ.

Для нивелирования в шахтных условиях рекомендуется использовать нивелиры НС-1 и НТ (ГОСТ 10528—76), разрешается также применение нивелиров других конструкций. Нивелирование выполняется способом из середины, неравенство плеч при расстоянии между рейками 100 м не должно превышать 7—8 м. Отсчеты по рейкам берутся с точностью до 1 мм, расхождения в превышениях на станции не должно быть более ± 10 мм. Для нивелирования используются нивелирные рейки РНЧ и РНТ (ГОСТ 11158—76).

Проведение геометрического нивелирования в принципе не отличается от нивелирования, выполняемого на поверхности. Однако схемы нивелирования в подземных выработках отличаются большим разнообразием. Это связано главным образом, с тем, что реперы, по которым ведется нивелирование, могут располагаться как в кровле, так и почве выработок. При производстве работ рейка во всех случаях (реперы в кровле или почве) прикладывается своим началом к маркшейдерскому пункту.

Рассмотрим возможные схемы геометрического нивелирования в подземных выработках.

1. Нивелирование ведется по реперам, расположенным в почве выработки (рис. VI.25). В данном случае превышение пункта *B* над пунктом *A* будет определяться разностью отсчетов по рейкам, установленным на задней и передней точках: $h = a - b$ (здесь h — превышение, a — отсчет по задней рейке, b — отсчет по передней рейке).

2. Нивелирование ведется по реперам, расположенным в кровле выработки (рис. VI.26). Превышение пункта *B* над пунктом *A*

определяется как разность отсчетов, сделанных по рейкам, подвешенным на передней и задней точках: $h = b - a$.

3. Нивелирование ведется по реперам, из которых задний закреплен в кровле, а передний — в почве выработки (рис. VI.27). Превышение при такой схеме расположения реперов равно сумме

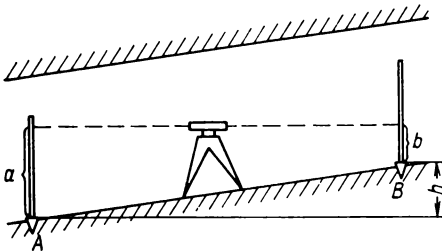


Рис. VI.25. Схема геометрического нивелирования из середины (пункты закреплены в почве выработки)

отсчетов по обеим рейкам, но со знаком минус: $h = -(a + b)$.

4. Нивелирование ведется по реперам, из которых задний закреплен в почве, а передний — в кровле выработки (рис. VI.28). Превышение переднего репера над задним равно сумме отсчетов по обеим рейкам: $h = a + b$.

Рассмотренные выше частные случаи определения превышений при различных схемах расположения реперов могут быть объединены общим правилом: превышение между реперами при любой схеме нивелирования равно переднему отсчету минус задний отсчет; при этом отсчет по рейке репера, расположенного в почве выработки, считается положительным, а отсчет по рейке репера, расположенного в кровле выработки — отрицательным.

Рассмотренные выше частные случаи определения пре-

вышений при различных схемах расположения реперов могут быть объединены общим правилом: превышение между реперами при любой схеме нивелирования равно переднему отсчету минус задний отсчет; при этом отсчет по рейке репера, расположенного в почве выработки, считается положительным, а отсчет по рейке репера, расположенного в кровле выработки — отрицательным.

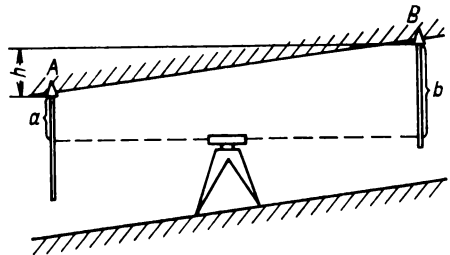


Рис. VI.26. Схема геометрического нивелирования из середины (пункты закреплены в кровле выработки)

$$h = a - (-b) = a + b.$$

Приведенное правило рассмотрим на случае нивелирования, когда задний репер находится в почве, а передний — в кровле. Таким образом, отсчет a по переднему реперу имеет знак плюс, отсчет b по заднему — знак минус. Откуда с учетом знаков

Геометрическое нивелирование в подземных выработках чаще всего ведется способом из середины. Работа на станции выполняется следующим образом.

1) Глухой нивелир с цилиндрическим уровнем устанавливается приблизительно в центре пикета и приводится в рабочее положение. Вначале зрительная труба визируется на рейку, установленную на задний связующий пикет, и берется отсчет по черной стороне рейки. Затем трубу визируют на переднюю рейку и берут отсчет по черной стороне этой рейки. Запись отсчетов производится в полевой журнал, образец которого показан в табл. VI.1. После этого отсчеты повторяются по красной

стороне задней и передней реек или при другом положении трубы. Сразу же производится контроль правильности взятия отсчетов. Для этого вычисляются превышения между связующими пикетами из первой и второй пар отсчетов.

Если разность двух превышений не превышает допустимую величину (10 мм), то задняя рейка снимается со связующей точки и последовательно устанавливается на промежуточные пикеты. После окончания работ на данной станции нивелир переносится на следующую стоянку, рейка с заднего пикета перемещается на передний связующий пикет нового интервала нивелирования, вторая же рейка остается на месте. Все работы на следующей станции повторяются в указанном выше порядке.

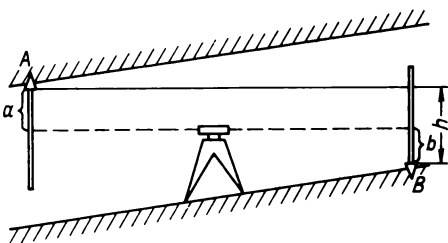


Рис. VI.27. Схема геометрического нивелирования из середины (задний пункт закреплен в кровле, передний — в почве выработки)

2) Нивелиры с самоустанавливающейся визирной линией устанавливаются приблизительно посередине между связующими точками таким образом, чтобы один из подъемных винтов находился на линии визирования. Вначале визируют на заднюю рейку,

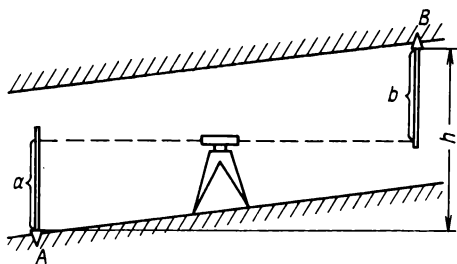


Рис. VI.28. Схема геометрического нивелирования из середины (задний пункт закреплен в почве, передний — в кровле выработки)

берут отсчет по черной стороне рейки. Медленными вращениями подъемного винта проверяют работу компенсатора. Если отсчет по рейке при вращении подъемного винта не изменяется, то компенсатор работает нормально. Труба поворачивается по направлению передней рейки и берется отсчет по ее черной стороне. При этом снова проверяют работу компенсатора. Если

с компенсатором все благополучно, то поворачивают рейки красной стороной к нивелиру и повторяется измерение, но отсчитывание по красной стороне начинается с передней рейки.

Нивелирные ходы в подземных выработках должны прокладываться замкнутыми. В случае висячих ходов нивелирование должно вестись в прямом и обратном направлениях. Невязка ходов подземного геометрического нивелирования не должна превышать $\pm 15 \sqrt{L}$, мм (L — длина хода нивелирования, км).

Журнал нивелирования

Дата _____
 Наблюдатель _____
 Место работы _____

Дата _____
 Вычислял _____
 Проверил _____

№ станции	Отсчеты по рейкам			Превышения			Горизонт инструмента, м	Абсолютная (условная) отметка, м	Примечание
	задние	передние	промежуточные	вычисленные		средние			
				+	-				
4	16 1545 (3)						122,456	121,086	
		1225 (2) 1398 (4)		145 (5) 147 (6)	146				
			1341 (7) 1311 (8) 1280 (9) 1242 (10)						
	21	0987							
	5	1162			130 128	129			
27		0857 1034					121,103		
$\sum 3 = 5064$			$\sum \Pi = 4514$	$\sum (h_1 + h_2) = 292 + h_3 = 258$		$\sum h_{cp} = 146$	$\sum h_{cp} = 129$		
$\sum 3 - \sum \Pi = \sum (h_1 + h_2) = 2$			$\sum h_{cp}$						

Контроль: $\sum 3 - \sum \Pi = \sum (h_1 + h_2) = 2$ $\sum h_{cp}$

При дальнейшем развитии нивелировочных работ необходимо проведение контрольного определения превышения между последними реперами. Разность между контрольным превышением и ранее определенным не должна быть более 5 мм.

Распространенным видом маркшейдерских работ является вертикальная съемка откаточных путей. В слабонаклонных и горизонтальных выработках она выполняется с помощью геометрического нивелирования. Нивелирование ведется по пикетным точкам, разбиваемым через каждые 10 или 20 м. Разбивка пикетажа производится тесьмой рулеткой. Пикеты отмечаются мелом на одном из рельсов и закрепляются каким-либо образом на боковых стенках. Расстояние от связующего пикета до нивелира не должно превышать 50 м. Нивелирование путей ведется ходами, опирающимися на пункты высотной опорной сети. Возможно нивелирование от одного пункта, но в этом случае оно выполняется в прямом и обратном направлениях. Нивелир устанавливается приблизительно (с точностью 5—8 м) посередине между связующими точками. Невязки нивелирных ходов не должны превышать $30\sqrt{L}$, мм (L — длина хода в сотнях метров).

При нивелировании шахтных путей в качестве исходного репера может служить последняя пикетная точка предыдущих нивелировок с обязательным контролем последнего превышения, которое не должно отличаться более чем на 1 см.

Одновременно с выполнением нивелировочных работ измеряют высоту выработки на каждой пикетной точке.

Запись результатов нивелирования пикетных точек производится в полевой журнал, образец которого показан в табл. VI.2.

Т а б л и ц а VI.2

Станции	Пункты	Отсчеты по рейке		Превышение, мм	Среднее превышение, мм	Примечания и эскизы
		задний	передний			
1	21—22	1018	1169	—0151	—0152	
		1111	1264	—0153		
2	22—23	1212	1316	—0104	—0103	
		1200	1302	—0102		
Постраничный контроль		$\sum Z = 4541$	$\sum П = 5051$	$\sum h = -0510$	$\sum h_{\text{ср}} = -0255$	

Съемка откаточных путей в выработках с большим углом наклона производится с помощью теодолита, зрительную трубу которого устанавливают под определенным углом наклона.

Погрешность геометрического нивелирования. Отметка конечного пункта геометрического нивелирования, если известна отметка начального пункта, определяется по формуле

$$H_k = H_n + \sum h_i,$$

где H_k — отметка конечного пункта; H_n — отметка начального пункта; $\sum h_i$ — сумма превышений хода, полученных, как правило, при нивелировании из середины.

Каждое из превышений определяется как разность отсчетов по рейкам, т. е. $h_i = a_i - b_i$.

Определим среднюю квадратическую погрешность определения суммы превышений.

Обозначим средние квадратические погрешности превышений через $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$. В связи с тем, что при нивелировании расстояния между связующими точками хода практически равны, работа выполняется одним инструментом и в одних и тех же условиях погрешности определения превышений можно считать равными

$$m_1 = m_2 = m_3 = \dots = m_n = m.$$

Таким образом, средняя квадратическая погрешность суммы превышений равна

$$m_n^2 = nm^2.$$

Преобладающее влияние на погрешность определения превышения оказывают погрешности отсчетов, читаемых по двум рейкам, таким образом:

$$m^2 = m_0^2 + m_0^2 = 2m_0^2,$$

где m_0 — средняя квадратическая погрешность отсчитывания.

Погрешность отсчитывания обусловлена двумя причинами — погрешностью визирования и погрешностью установки уровня.

Погрешность отсчитывания, возникающая за счет погрешности визирования, рекомендуется определять из выражения

$$m_v = \frac{60''}{\Gamma \rho''} l,$$

где Γ — увеличение трубы; l — расстояние визирования (до рейки), м; $\rho'' = 206\,000''$.

Точность установки уровня принимается равной $0,15\tau''$ (здесь τ'' — цена деления уровня). Погрешность отсчитывания из-за неточной установки уровня, таким образом, определится из выражения

$$m_\tau = \frac{0,15\tau''}{\rho''} l.$$

Общая же погрешность отсчитывания равна

$$m_0 = \pm \sqrt{m_v^2 + m_\tau^2}.$$

Для примера определим среднюю квадратическую погрешность отсчета по рейкам, если увеличение трубы $\Gamma = 20\times$, расстояние до рейки 50 м, $\tau'' = 20''$

$$m_0 = \pm \sqrt{m_v^2 + m_t^2} = \pm 1,0 \text{ мм.}$$

Откуда средняя квадратическая погрешность превышения, определяемого нивелированием из середины, когда расстояние от нивелира до рейки 50 м,

$$m = \pm \sqrt{m_0^2 + m_0^2} = 1,4 \text{ мм.}$$

Таким образом, по приведенным выше формулам можно предсчитать среднюю квадратическую погрешность нивелирования при заданных характеристиках инструмента или, наоборот, исходя из необходимой точности, выбрать инструмент и методику работ, которые обеспечат требуемую точность.

§ 25. Камеральная обработка геометрического нивелирования

Камеральная обработка шахтных измерений при геометрическом нивелировании заключается в проверке полевых журналов, вычислении превышений на станциях, постраничном контроле, уравнивании вычисленных превышений, вычислении высот пунктов как опорной сети, так и пикетов при нивелировке путей.

Если нивелирование ведется с помощью глухих нивелиров и нивелиров с самоустанавливающимися визирными осями, то на каждой станции вычисляют два превышения h_1 и h_2 по черной и красной сторонам реек. Затем вычисляют средние значения превышений как среднеарифметическое из двух превышений h_1 и h_2 . Правильность вычислений проверяется с помощью постраничного контроля, который в случае геометрического нивелирования (запись его показана в табл. VI.1) выполняется по формуле

$$\Sigma Z - \Sigma \Pi = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 = 2\Sigma h_{\text{ср}},$$

где ΣZ — сумма отсчетов, сделанных по рейкам, установленным на задних точках; $\Sigma \Pi$ — сумма отсчетов, сделанным по передним рейкам; Σh_1 — сумма превышений, полученных по черной стороне рейки; Σh_2 — сумма превышений, полученных по красной стороне рейки; $\Sigma h_{\text{ср}}$ — сумма средних значений превышений.

Далее производится вычисление невязки и ее сравнение с допустимой. Невязка в замкнутом ходе равна $f = \Sigma h_i$, невязка в ходе, проложенном между реперами, определяется по формуле

$$f = \Sigma h_i - (z_N - z_M),$$

где z_N , z_M — высоты исходных реперов.

Допустимые невязки в виде поправок, вычисляемых по формуле $\delta = \frac{n}{N} f$, вводятся с обратным знаком в превышения (здесь

n — число штативов в ходе, в превышения которого вводят поправки; N — число штативов всего хода). Сумма поправок должна быть равна фактической невязке, взятой с обратным знаком.

По исправленным превышениям определяются отметки связующих точек. Вычисление ведется последовательно по формуле

$$z_n = z_{n-1} \pm h,$$

где z_n — отметка последующей точки; z_{n-1} — отметка предыдущей точки; h — превышение между этими точками.

Отметки промежуточных точек вычисляются с помощью горизонта инструмента ($ГИ$), под которым подразумевают отметку визирного луча нивелира, находящегося в рабочем состоянии. Горизонт инструмента (рис. VI.29) определяется по формуле

$$ГИ = z_B + b,$$

где z_B — отметка задней точки; b — отсчет по черной стороне рейки, расположенной на задней точке.

Если пикет расположен в почве выработки, то при вычислении $ГИ$ отсчету b придается знак плюс, если в кровле — знак минус.

Отметки промежуточных точек (пикетов) вычисляются по формуле

$$z_c = ГИ \pm c,$$

где z_c — отметка промежуточного пикета; c — отсчет по рейке, установленной в промежуточной точке.

Если рейка установлена в почве выработки, то отсчет c имеет знак минус, если в кровле, то знак плюс.

После вычисления отметок связующих и промежуточных точек строится профиль выработки в зависимости от назначения профиля в масштабе: горизонтальном — от 1 : 2000 до 1 : 500, в вертикальном — от 1 : 200 до 1 : 50. Вертикальный масштаб обычно принимается в 10 раз крупнее, чем горизонтальный.

Вычерчивание профиля производится следующим образом.

Проводится горизонтальная линия, обозначающая условный горизонт, на которую наносятся связующие и промежуточные точки. К последним восставляются перпендикуляры, на них в вертикальном масштабе откладываются условные отметки. Концы перпендикуляров соединяются прямыми линиями. Если замерялась высота выработок, то производится построение профиля кровли выработки (см. рис. III.6). Ниже линии условного горизонта проводится полоса, в которой отмечаются (вертикаль-

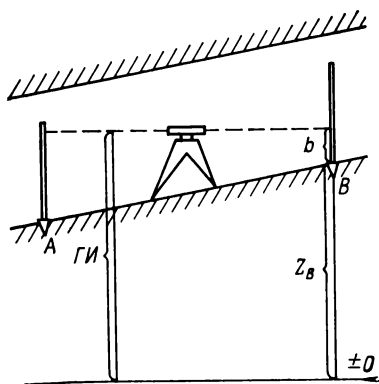


Рис. VI.29. Определение горизонта инструмента

В сканированном экземпляре
страницы 207-210 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

В сканированном экземпляре
страницы 207-210 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

Т а б л и ц а VI.3

Журнал вычисления высот пунктов тригонометрического нивелирования

_____ ход _____

Журнал измерения длин линий _____, стр. _____

Дата « _____ » _____ 19 _____

Журнал измерения углов _____, стр. _____

Вычислял _____

Исходные данные — каталог _____, стр. _____

Сто- роны хода	Измеренный угол накло- на α	Приве- денная длина стороны d , м	$\operatorname{tg} \alpha_i$	$d \operatorname{tg} \alpha_i$	Высота инстру- мента t , м	Высота визиро- вания v , м	Превы- шение h' , м	Среднее превы- шение $h_{\text{ср}}$, м	Поправ- ка δh , м	Исправ- ленное превыше- ние h , м	Высота пункта $H_i =$ $= H_{i-s} +$ $+ h$, м	Пункт
20—21	$+22^{\circ} 10' 22''$	44,814	0,407538	18,263	1,238	1,301	18,326	18,324	$+0,005$	18,329	$-101,712$	20
21—20	$-21^{\circ} 24' 00''$	44,815	0,391896	17,563	1,580	0,820	$-18,323$				$-83,383$	21

Последние две погрешности можно считать равными, т. е. $m_i = m_v$.

Учитывая изложенные выше пояснения, формулу (VI.1) можно переписать в следующем виде:

$$m_h^2 = \mu^2 d \sin^2 \alpha + \lambda^2 d^2 \sin^2 \alpha + m_\alpha^2 \frac{d^2}{\rho^2} + 2m_i^2. \quad (\text{VI.2})$$

Подсчитаем среднюю квадратическую погрешность определения превышения при тригонометрическом нивелировании, если длина визирования $d = 30$ м, угол наклона $\alpha = 25^\circ$, $\mu = 0,0015$, $\lambda = 0,0001$, $m_v = m_i = 2$ мм:

$$m_h^2 = 0,0015^2 \cdot 30 \cdot 000 \cdot 0,42262^2 + 0,0001^2 \cdot 30 \cdot 000^2 \cdot 0,42262^2 + \\ + (20'')^2 \frac{30 \cdot 000^2}{206 \cdot 265^2} + 2 \cdot 2^2 = 17,6 \text{ мм.}$$

Таким образом, $m_h = \pm 4,2$ мм.

Если превышение определялось в прямом и обратном направлениях, то

$$m'_h = \frac{m_h}{\sqrt{2}} = \pm 3 \text{ мм.}$$

Проведем сравнение точности геометрического и тригонометрического нивелирования на двух случаях.

Пусть имеется две выработки длиной каждая 500 м, но одна из них практически горизонтальная и в ней проведено геометрическое нивелирование, вторая имеет угол наклона $\alpha = 25^\circ$ и в ней проложен ход тригонометрического нивелирования с длиной сторон $d = 30$ м.

Для нивелирования использовался нивелир, у которого увеличение трубы $\Gamma = 20\times$, цена деления уровня $\tau = 20''$. Расстояние между связующими пикетами примем $l = 50$ м.

Погрешность отсчитывания

$$m_0 = \frac{d}{\rho''} \sqrt{\frac{3600}{\Gamma^2} + 0,0225\tau^2} = \frac{50 \cdot 000}{206 \cdot 000} \sqrt{9 + 9} = \pm 1 \text{ мм.}$$

Погрешность определения превышения

$$m_\Gamma = m_0 \sqrt{2}.$$

Всего при геометрическом нивелировании выработки длиной 500 м было 10 станций, следовательно, общая погрешность нивелирования

$$M_\Gamma = m_\Gamma \sqrt{10} = 3 \text{ мм.}$$

Погрешность определения одного превышения при тригонометрическом нивелировании при длине сторон $d = 50$ м, угле наклона $\alpha = 25^\circ$, $m_v = m_i = 2$ мм согласно формуле (VI.2) будет равна

$$m_{\text{тр}} = \pm \sqrt{0,0015^2 \cdot 50\,000 \cdot 0,42262^2 + 0,0001^2 \cdot 50\,000^2 \cdot 0,42262^2 + \left(20^2 \frac{50\,000}{206\,000^2} + 2 \cdot 2^2\right)} = \pm 6,1 \text{ мм.}$$

Учитывая, что превышения определяются дважды, а также то, что при нивелировании наклонной выработки должно быть 10 превышений, общая погрешность тригонометрического нивелирования наклонной выработки

$$M_{\text{тр}} = m_{\text{тр}} \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{2}} = \pm 14,3 \text{ мм.}$$

Глава VII

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

§ 27. Общие сведения

Соединительные съемки проводят для обеспечения геометрической связи поверхностных и подземных съемок. Такая связь необходима для развития горных работ по принятому проекту, обеспечения правильного взаимного расположения выработок и сооружений на поверхности, установления границ безопасного ведения горных работ, при проведении сбоек и т. д.

Соединительные съемки должны выполняться с высокой точностью и предусматривать организацию и методику исключаящие погрешности и просчеты.

Учитывая важность соединительных съемок, Техническая инструкция предусматривает двойное независимое их проведение. Контролем точности служит разность полученных значений искомых результатов. При ориентировании горных выработок разность дирекционного угла, определенного по двум независимым ориентировкам, не должна превышать $3'$. Это условие может быть выполнено, если среднеквадратическая погрешность одного ориентирования не превысит $60''$.

При передаче высотной отметки допустимая разность Δh зависит от глубины шахтного ствола

$$\Delta h = (10 + 0,2H), \text{ мм}, \quad (\text{VII.1})$$

где H — глубина ствола, м.

Соединительные съемки разделяют на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные съемки обеспечивают плановую привязку горных выработок к поверхности. Задача сводится к определению координат x и y одного из пунктов и дирекционного угла закрепленной стороны подземной съемки.

Наиболее ответственной частью горизонтальной соединительной съемки является определение (передача) дирекционного угла, так как погрешность в ориентировании стороны приводит к плановому смещению точек хода, которая возрастает по мере удаления от начальной точки (рис. VII.1).

$$m = \frac{m_{\alpha}L}{\rho}, \quad (\text{VII.2})$$

где $\frac{m_{\alpha}}{\rho}$ — погрешность определения дирекционного угла исходной стороны; L — длина хода.

Горизонтальные соединительные съемки выполняют геометрическими или физическими методами.

При геометрическом методе осуществляется непосредственная связь между поверхностью и горными выработками. При этом используют различные способы в зависимости от формы и расположения выработок, соединяющих поверхность с фронтом очистных работ.

По горизонтальным и наклонным выработкам прокладывают теодолитные ходы, по вертикальным опускают отвесы, фиксирующие положение вертикальной плоскости.

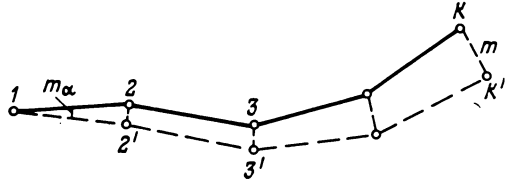


Рис. VII.1. Влияние погрешности ориентирования на смещение точек хода

Физические методы, к которым относят магнитное * и гироскопическое ориентирование, позволяют определять дирекционные углы сторон без использования непосредственной (геометрической) связи горных выработок с поверхностью.

Оптическое ориентирование, при котором для передачи направления используют визирный луч, должно быть отнесено к геометрическому методу.

Вертикальные соединительные съемки производят с целью определения высотного положения горных выработок. Эта важная задача решается путем передачи через вертикальные или наклонные выработки высотных отметок на реперы, закрепленные вблизи стволов или штолен.

Вертикальные соединительные съемки производят с целью определения высотного положения горных выработок. Эта важная задача решается путем передачи через вертикальные или наклонные выработки высотных отметок на реперы, закрепленные вблизи стволов или штолен.

§ 28. Ориентирование через горизонтальную или наклонную выработку

При наличии горизонтальной или наклонной выработки, соединяющей поверхность с фронтом очистных работ, задача соединительной съемки решается прокладкой теодолитного хода. На поверхности вблизи устья выработки (рис. VII.2) закладывают исходный пункт *B*. От него по выработке прокладывают теодолитный ход к пунктам *C* и *D*, закрепленным в горной выработке. По результатам съемки вычисляют координаты x_C и y_C , а также дирекционный угол стороны *CD*.

Для повышения точности работ применяют автоматическое центрирование теодолитов и сигналов, а при больших наклонах выработки — накладные уровни.

* В последнее время магнитный способ, не гарантирующий необходимую точность передачи направления, при выполнении маркшейдерских работ не применяется.

Погрешность передачи направления от BA к CD определяется по формуле

$$m_n = \pm \sqrt{\sum_1^n m_{\beta}^2}, \quad (\text{VII.3})$$

где m_{β} — погрешность измерения горизонтального угла; n — число вершин хода

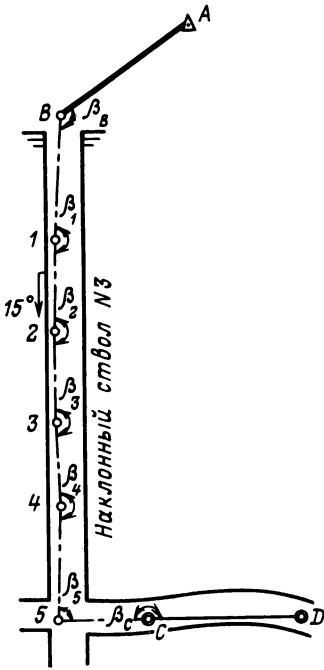


Рис. VII.2. Схема ориентирования через наклонную выработку

§ 29. Ориентирование через один вертикальный ствол

При геометрическом методе ориентирования связь поверхности с горными выработками осуществляется с помощью отвесов, опускаемых в ствол шахты. Два отвеса определяют в пространстве положение вертикальной плоскости, все горизонтальные сечения которой имеют один и тот же дирекционный угол. В общем виде ориентирование подземной съемки заключается в фиксировании неотклоненного положения отвесов (задача проектирования), в определении дирекционного угла створа отвесов на поверхности (задача примыкания на поверхности).

Ориентирование через один вертикальный ствол является ответственной задачей, так как погрешности в передаче направления могут привести к серьезным последствиям. Сложность передачи направления через один ствол

обусловлена трудностью нахождения неотклоненного положения отвесов, а также ограниченными возможностями получения объективного контроля.

§ 30. Проектирование точек с поверхности в шахту

Задачу проектирования обычно решают с помощью отвесов, опускаемых с поверхности на ориентируемый горизонт.

В комплект оборудования входят отвес, состоящий из проволоки 1 и груза 2, сосуд с жидкостью 3, центрировочная пластинка 4, направляющий блок 5 и лебедка 6. Общая схема расположения отвесов приведена на рис. VII.3.

Для отвесов применяют проволоку повышенной или высокой прочности диаметром от 0,5 до 2 мм. Проволока не должна иметь

изгибов, повреждений или ржавых участков. При ориентировании шахт глубиной до 300 м (при скорости движения воздуха не более 0,7 м/с) используют проволоку диаметром до 1 мм. При больших глубинах стволов и скорости воздуха применяют более толстые проволоки. Массу груза отвеса принимают равной 0,6 от предела прочности проволоки на разрыв. Допустимые грузы отвесов приведены в табл. VII.1.

В табл. VII.1 в числителе приведены данные для класса проволоки повышенной прочности, в знаменателе — для класса проволоки высокой прочности.

Металлические грузы (обычно цилиндрической формы) бывают литые или составные (рис. VII.4). Последние более удобны, так как позволяют постепенно увеличивать груз до нужной величины.

Проволоку удобно хранить намотанной на лебедку, барабан которой должен быть не менее 250 мм. Постоянство положения отвеса обеспечивается центрировочной пластинкой, которая закрепляется на подставках, изолированных от копра (рис. VII.5). Успокоитель предназначен для исключения влияния воздушного потока на груз отвеса, а также для уменьшения размаха его колебаний.

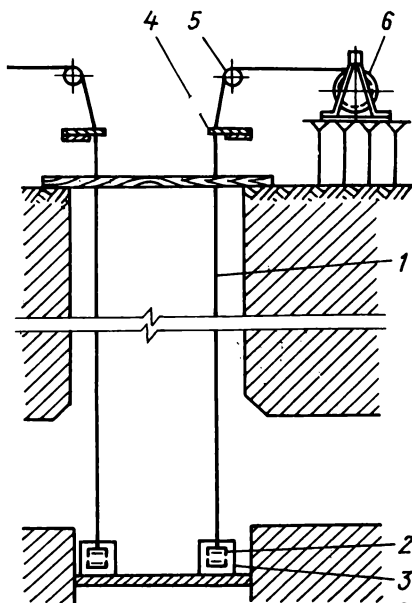


Рис. VII.3. Расположение отвесов при ориентировании через один ствол

Т а б л и ц а VII.1

Диаметр проволоки, мм	Предел прочности при растяжении, кг	Допустимая масса груза, кг
0,5	43/52	26/31
0,8	100/130	60/78
1,0	153/196	92/118
1,5	336/388	202/233
2,0	550/628	330/377

Подготовку к ориентированию начинают с перекрытия устья ствола настилом из досок. Отвесы опускают медленно, используя небольшие грузы и не допуская больших раскачиваний. При под-

вешивании рабочего груза необходимо учитывать растяжение проволоки, определяемое по формуле

$$\Delta l = \frac{pl}{EF},$$

где p — масса груза, кг; l — длина проволоки, м; $E = 2 \cdot 10^8$ кгс/см² — модуль Юнга; F — площадь поперечного сечения проволоки, см².

Очень важно убедиться в том, что проволока на всей своей длине не имеет касания с армировкой и оборудованием ствола.

Эту проверку выполняют сравнением расстояния между отвесами на поверхности и ориентируемом горизонте,

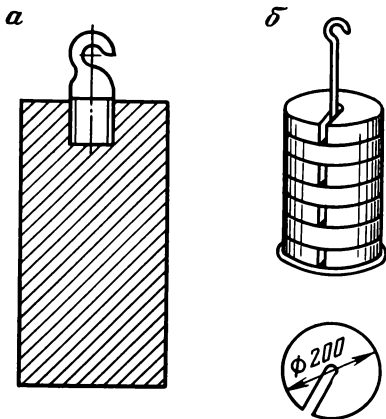


Рис. VII.4. Рабочие грузы отвесов:
а — литые; б — составные

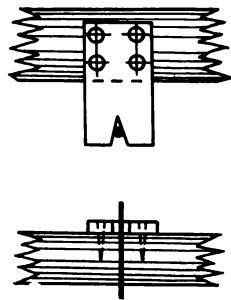


Рис. VII.5. Центрировочная пластинка

посылкой «почты», а также по периоду колебаний отвеса. Допустимое расхождение в расстоянии между отвесами равно 2 мм. «Почту» в виде колец из мягкой проволоки опускают по проволоке отвеса в шахту. При несвободном отвесе «почта» не доходит до груза.

Приближенное значение периода колебания отвеса определяют по формуле

$$t = \sqrt{l},$$

где l — длина проволоки отвеса.

Если хотя бы одна из проверок показала, что проволока в стволе имеет касание, то производят тщательную проверку до нахождения и устранения причины этого касания.

Определение положения покоя отвеса. Опущенный в ствол отвес обычно полностью не успокаивается, а испытывает колебательные движения. Эти колебания не являются строго затухающими, они имеют сложный характер, обусловленный непостоянством факторов, влияющих на его положение.

Для повышения точности определения положения покая отвеса производят серии наблюдений за его колебаниями, используя при этом специальные шкалы.

Вблизи отвеса (рис. VII.6, а) устанавливают под прямым углом две оцифрованные шкалы так, чтобы проволока отвеса их не ка-

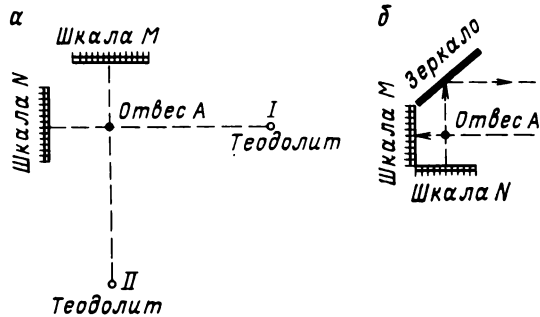


Рис. VII.6. Схема расположения шкал при проектировании отвеса

салась. Возможно применение и одной шкалы с зеркалом, которая позволяет проводить наблюдения с одной точки стояния теодолита (рис. VII.6, б). При этом на некотором расстоянии от отвеса устанавливают теодолит, в зрительную трубу которого наблюдают отсчеты по шкале при крайних положениях качающегося отвеса. Шкалу располагают перпендикулярно визирному лучу.

Серия отсчетов состоит из 11 или 13 последовательных отсчетов по шкале. Среднему положению отвеса соответствует отсчет, вычисленный по формуле

$$N = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum l}{n} + \frac{\sum r}{m} \right), \quad (\text{VII.4})$$

где $\frac{\sum l}{n}$ — средний левый отсчет; $\frac{\sum r}{m}$ — средний правый отсчет.

Аналогично вычисляют средний отсчет по шкале M .

Примыкание производят к неподвижной игле или проволоке отвеса, которые устанавливают с помощью специальных винтов в положение, соответствующее средним отсчетам по шкалам M и N (рис. VII.7).

Анализ точности проектирования с помощью отвесов. При проектировании точек с поверхности в горные выработки проволока отвеса отклоняется от вертикали под влиянием ряда факторов. Рассмотрим основные из них.

1) Притяжение отвеса окружающими породами. Проволока и груз отвеса испытывают притяжение окружающих горных пород. При расположении отвеса вблизи

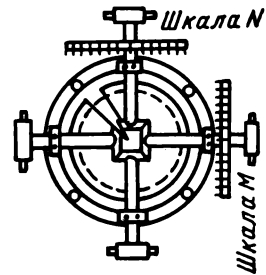


Рис. VII.7. Проектная тарелочка

стенки ствола результирующая воздействия направления от центра ствола, приводит к отклонению отвеса к ближайшей стенке. Расчеты показывают, что при существующих глубинах стволов смещение нижней части проволоки не превышает десятых долей миллиметра.

При расположении отвесов у противоположных стенок ствола смещение проволок, вызванное притяжением окружающих пород, происходит в направлении створа отвеса и не влияет на точность передачи направления.

2) Упругость проволоки. Стальная проволока, смотанная при изготовлении в круги, имеет остаточные деформации изгиба и кручения. Поэтому при распускании она принимает вид пружины. При подвешивании к концу проволоки груза пружина растягивается, радиус витка уменьшается.

Остаточный радиус витка при массе груза отвеса Q представляет погрешность проектирования, обусловленную наличием остаточных деформаций в проволоке. Радиус растянутой пружины r определяют по формуле

$$r = \frac{\pi E d^4}{64 R Q}, \quad (\text{VII.5})$$

где E — модуль упругости; d — диаметр проволоки; R — радиус витков ненагруженной проволоки.

В табл. VII.2 приведены значения r , вычисленные для предельных нагрузок на проволоку при $R = 10$ и 20 см.

Т а б л и ц а VII.2

Диаметр проволоки, мм	Предельная нагрузка, кгс	r , мм	
		при $R = 20$ см	при $R = 10$ см
0,5	26	0,01	0,02
1,0	60	0,09	0,17
1,5	92	0,28	0,57
2,0	202	0,41	0,82

Из таблицы следует, что применение проволоки диаметром 2 мм и более может быть причиной существенной погрешности проектирования. Конечный радиус r обратно пропорционален массе груза. При многогрузовом проектировании минимальный груз рекомендуют принимать в половину предельного. В этом случае проволока диаметром 1,5 мм и более будет иметь радиус r , превышающий допустимую точность проектирования.

3) Движение воздуха. Движение воздуха в стволе и в прилегающих к стволу выработках является основной причиной отклонения отвесов при проектировании. Впервые влияние воз-

душной струи на точность ориентирования подземных съемок было обнаружено во Фрейбергской горной академии.

Исследованиями проф. Д. Н. Оглоблина было установлено, что проволока отвеса в основном отклоняется воздушным потоком, изменяющим свое направление в месте сопряжения ствола с околоствольными выработками.

Под действием силы, приложенной на отрезке h , проволока отвеса займет отклоненное положение (рис. VII.8), установится равновесие, определяемое равенством действующих моментов

$$M_1 = M_2 + M_3, \quad (\text{VII.6})$$

где M_1 — момент вращения, вызываемый давлением воздуха; M_2 — момент вращения, вызываемый массой груза; M_3 — момент вращения, вызываемый массой проволоки.

$$M_1 = hpH,$$

где h — участок проволоки, на который оказывает отклоняющее влияние воздушный поток; H — глубина ствола; p — давление воздуха на 1 м проволоки.

$$M_2 = aQ,$$

где a — отклонение отвеса; Q — масса груза.

$$M_3 = \frac{a}{2} Q_{\text{пр}},$$

где $Q_{\text{пр}}$ — масса проволоки.

Учитывая выражения (VII.6), получим

$$a = \frac{pH}{Q + \frac{Q_{\text{пр}}}{2}}. \quad (\text{VII.7})$$

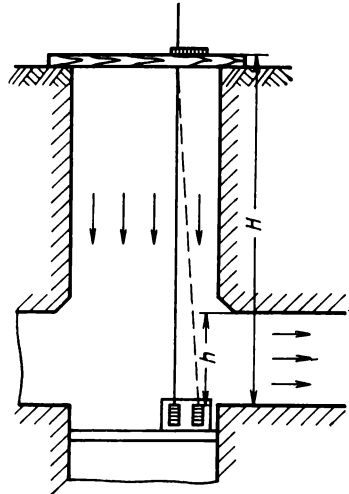


Рис. VII.8. Отклонение отвесов под действием воздушной струи

Отклонение отвесов согласно выражению (VII.7) пропорционально длине отвеса и обратно пропорционально действующему грузу.

При расчетах отклонения отвеса по формуле (VII.7) давление воздуха на 1 м проволоки определяется по формуле

$$P = 0,062cv^2d, \text{ кгс}, \quad (\text{VII.8})$$

где c — коэффициент, учитывающий особенности потока, обтекающего проволоку (его определяют по табл. VII.3); v — скорость движения воздуха, м/с; d — диаметр проволоки, мм.

Рассчитаем отклонение отвеса для следующих условий:

$H = 300$ м; $v = 1,5$ м/с; $d = 0,001$ м; $Q + \frac{Q_{\text{пр}}}{2} = 92$ кг; $h = 3$ м.

Т а б л и ц а VII.3

Диаметр проволоки, мм	Значение c		
	при $v = 0,5$ м/с	при $v = 1,0$ м/с	при $v = 2,0$ м/с
0,5	2,5	1,7	1,4
1,0	1,7	1,4	1,2
1,5	1,5	1,3	1,2

Давление воздуха определяем по формуле (VII.8)

$$P = 0,062 \cdot 1,2 \cdot 1,5^2 \cdot 0,001 = 0,00008 \text{ кгс.}$$

Тогда отклонение отвеса будет равно

$$a = \frac{0,00008 \cdot 3 \cdot 300}{92} = 0,0008 \text{ м} = 0,8 \text{ мм.}$$

Приведенные рассуждения и расчеты относятся к отвесам, груз которых полностью изолирован от воздушного потока. Оставление груза в стволе может служить источником грубейших погрешностей при передаче направления даже при небольших скоростях движения воздуха.

С целью уменьшения влияния потока воздуха на отклонение отвесов необходимо грузы отвесов помещать в успокоители, принимать меры к уменьшению скорости движения воздуха. Положительное влияние на точность проектирования оказывает помещение нижней части проволоки отвесов в специальные трубы диаметром 20—30 см, которые устанавливают на специальном полке и прикрепляют к оборудованию в стволе.

4) Кап е ж. Обильный капез выводит отвес из равновесия и является одной из причин побочных колебаний, что затрудняет проведение наблюдений. Для уменьшения влияния капеза на образование побочных колебаний рекомендуют увеличение размаха колебаний отвеса. При осмотре проволоки отвеса необходимо обратить внимание на струи воды, которые могут создать определенное боковое давление на проволоку и вывести ее из отвесного положения.

5) П о г р е ш н о с т ь п р о е к т и р о в а н и я, в ы з в а н н а я н е п а р а л л е л ь н о с т ь ю ш к а л ы и п л о с к о с т и к о л е б а н и я о т в е с а. Непараллельность шкалы и плоскости колебания отвеса приводит к погрешности в определении положения покоя отвеса.

Рассмотрим схему, приведенную на рис. VII.9. где α — угол между шкалой и плоскостью колебания отвеса; a — амплитуда колебания отвеса; l — расстояние от инструмента до отвеса.

Среднее положение отвеса, определяемое по крайним положениям проволоки в A и A' , будет содержать погрешность

$$e = - \frac{la \cos \alpha 2 \sin \alpha}{2(4l^2 - a^2 \sin^2 \alpha)} = - \frac{la^2 \sin 2\alpha}{4(4l^2 - a^2 \sin^2 \alpha)}. \quad (\text{VII.9})$$

Из формулы следует, что погрешность проектирования растёт при увеличении амплитуды колебаний и угла α .

Найдем значение e для условий: $l = 5$ м; $a = 0,2$ м; $\alpha = 45^\circ$.

Имеем:

$$e = \frac{5 \cdot 0,04 \cdot 1}{2(4 \cdot 25 - 0,05 \cdot 0,5)} = \frac{0,2}{2(100 - 0,08)} = 1 \text{ мм.}$$

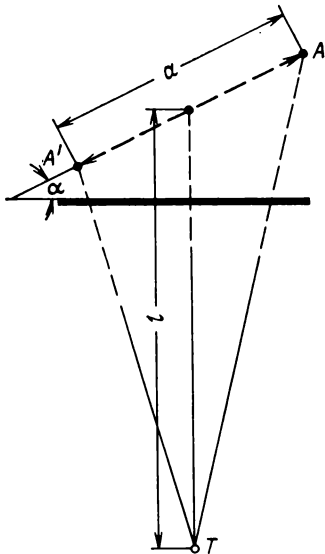


Рис. VII.9. Влияние непараллельности шкалы.

Угловая погрешность проектирования. На рис. VII.10 A и B — положение отвесов на поверхности, A' и B' — то же, на ориентированном горизонте. Плановые смещения точек e_1 и e_2 называются линейными погрешностями проектирования.

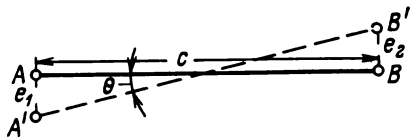


Рис. VII.10. Угловая погрешность проектирования

Угловая погрешность проектирования зависит от линейных погрешностей e , а также от их положения относительно створа отвесов. Пусть $e_{\text{пр}}$ — предельное значение линейной погрешности проектирования. Тогда предельная угловая погрешность будет равна

$$\theta''_{\text{пр}} = \frac{2e_{\text{пр}}\rho''}{c}, \quad (\text{VII.10})$$

где c — расстояние между отвесами.

Случайные значения θ будут в интервале $-\theta_{\text{пр}} < \theta < +\theta_{\text{пр}}$.

Средняя угловая погрешность проектирования при нормальном законе распределения θ равна

$$\theta = \pm \frac{2e\rho''}{3c} = 0,7 \frac{e\rho''}{c}. \quad (\text{VII.11})$$

Согласно Технической инструкции разность дирекционных углов стороны подземной съемки, вычисленная по двум независимым ориентировкам, не должна превышать $3'$.

Найдем среднюю погрешность отдельной ориентировки. Среднее значение ориентировки равно

$$m_o = \frac{3'}{2\sqrt{2}} = 1'.$$

Ниже приведены предельные линейные погрешности проектирования отвесов, обеспечивающие необходимую точность при ориентировании выработок:

c , м 1	2	4	6
e , мм 0,3	0,6	1,2	1,8

Приведенные данные показывают, с какой высокой точностью должно выполняться проектирование при ориентировке через один ствол.

§ 31. Примыкание к отвесам

Примыкание к отвесам выполняют с помощью соединительного треугольника, соединительного четырехугольника или способом симметричного примыкания.

Примыкание соединительным треугольником. Этот способ прост в исполнении, не требует сложного оборудования и при выгодной форме треугольника позволяет получить высокую точность передачи направления.

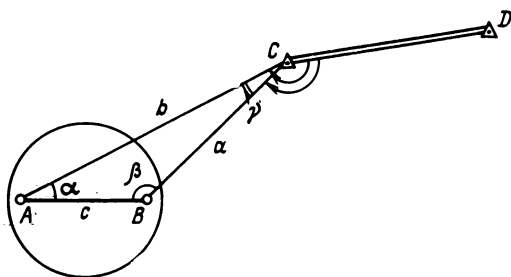


Рис. VII.11. Схема примыкания соединительным треугольником

Рассмотрим схему примыкания к отвесам на поверхности. На рис. VII.11 A и B — отвесы, опущенные в ствол шахты, C — закрепленная вблизи ствола примычная точка. При примыкании измеряют при вершине C три угла: $\angle ACB$, $\angle ACD$ и $\angle BCD$, а также все три стороны треугольника. Точность передачи дирекционного угла от CD на створ отвесов зависит от погрешностей проведенных измерений, а также формы соединительного треугольника.

Высокую точность примыкания обеспечивает треугольник, вытянутый вдоль створа отвесов, когда угол при точке C не превышает нескольких градусов.

Все измерения при примыкании должны выполняться с высокой точностью, иметь надежные контроли.

Средняя квадратическая погрешность при определении угла при вершине C не должна превышать $7''$.

Контролем его измерения является разность

$$d = \gamma - (\angle ACD - \angle BCD),$$

которая не должна превышать $20''$.

Стороны соединительного треугольника измеряют стальной рулеткой при постоянном натяжении не менее 5 раз. Разность между отдельными измерениями одной и той же стороны не должна быть более 2 мм.

Для передачи дирекционного угла на створ отвесов нужно знать углы α и β .

При вытянутой форме треугольника углы вычисляют по формуле синусов:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \quad (\text{VII.12})$$

$$\sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma.$$

При $0 < \beta < 2$ возможно использование приближенных формул:

$$\alpha'' = \frac{a}{c} \gamma''; \quad \beta'' = \frac{b}{c} \gamma''. \quad (\text{VII.13})$$

Контролем измерений и вычислений служит разность

$$d = 180^\circ - (\alpha + \beta + \gamma), \quad (\text{VII.14})$$

которая не должна превышать нескольких секунд.

Последним контролем служит сравнение вычислений по формуле (VII.15) и измеренной длины стороны c треугольника.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma. \quad (\text{VII.15})$$

При $\gamma < 5^\circ$

$$c = (a - b) - \frac{ab(1 - \cos \gamma)}{a - b}, \quad (\text{VII.16})$$

где a — большая сторона треугольника.

Разность $c_{\text{изм}} - c_{\text{выч}}$ не должна превышать 3 мм.

Аналогично производят измерения и вычисления при примыкании к отвесам на ориентируемом горизонте.

Два соединительных треугольника ABC на поверхности и $A'B'C'$ в шахте (рис. VII.12) позволяют передать дирекционный угол на сторону $C'D'$ в горной выработке.

Контроль вычисления дирекционного угла стороны CD производят дважды:

по полигону $DC \rightarrow CA \rightarrow A'C' \rightarrow C'D'$; по полигону $DC \rightarrow CB \rightarrow B'C' \rightarrow C'D'$.

Координаты точки C' вычисляют дважды по приведенным схемам:

$$\begin{aligned} y_{c'} &= y_c + b \sin(CA) + b' \sin(A'C'); \\ x_{c'} &= x_c + b \cos(CA) + b' \cos(A'C') \end{aligned} \quad (\text{VII.17})$$

или

$$\begin{aligned} y_{c'} &= y_c + a \sin(CB) + a' \sin(B'C'); \\ x_{c'} &= x_c + a \cos(CB) + a' \cos(B'C'). \end{aligned} \quad (\text{VII.18})$$

Анализ примыкания соединительным треугольником. Погрешность примыкания к отвесам

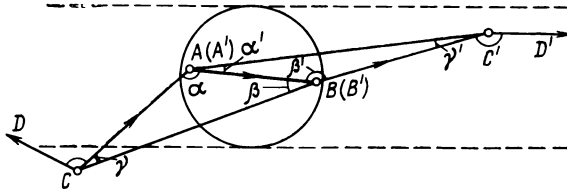


Рис. VII.12. Схема передачи дирекционного угла с поверхности на сторону подземного хода

складывается из погрешности вычисленного угла при отвесах и погрешности измеренного примычного угла при точке C .

Найдем погрешность угла α , вычисленного по формуле синусов

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma,$$

и значения частных производных

$$\frac{\partial \alpha}{\partial a} = \frac{\sin \gamma}{\cos \alpha}; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial c} = -\frac{a \sin \gamma}{c^2 \cos \alpha}; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial \gamma} = \frac{a \cos \gamma}{c \cos \alpha}. \quad (\text{VII.19})$$

Выразим частные производные через вычисляемый угол, учитывая, что

$$\frac{\sin \gamma}{c} = \frac{\sin \alpha}{a};$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial a} = \frac{1}{a} \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial c} = -\frac{1}{c^2} \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \gamma}\right)^2 &= \frac{a^2 \cos^2 \gamma}{c^2 \cos^2 \alpha} = \frac{a^2(1 - \sin^2 \gamma)}{c^2 \cos^2 \alpha} = \frac{a^2}{c^2 \cos^2 \alpha} - \frac{a^2 \sin^2 \gamma}{c^2 \cos^2 \alpha} = \\ &= \frac{a^2}{c^2 \cos^2 \alpha} - \operatorname{tg}^2 \alpha. \end{aligned} \quad (\text{VII.20})$$

Погрешность вычисления угла α выразится формулой

$$M_\alpha = \pm \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha \left\{ \left(\frac{m_e}{a} \rho\right)^2 + \left(\frac{m_c}{c} \rho\right)^2 - M_\gamma^2 \right\} + \frac{a^2 M_\gamma^3}{c^2 \cos^2 \alpha}}. \quad (\text{VII.21})$$

В сканированном экземпляре
страницы 227-232 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

В сканированном экземпляре
страницы 227-232 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

(здесь $s_1 = 7,122$ м; $s_2 = 32,130$ м; $e_c = e_T = 0,6$ мм; $\beta = 154^\circ 30' 45''$);

$$m_{\text{ц}} = \pm \frac{206265}{2} \sqrt{\frac{0,0006^2}{7,122^2} + \frac{0,0006^2}{32,130^2} + \frac{0,0006^2}{(7,122)^2 (32,130)^2} (7,122^2 + \dots + 32,130^2 - 2 \cdot 7,122 \cdot 32,130 \cdot 0,903)} = \pm 13'', 1;$$

$$M_{(1-2-3)} = \pm \sqrt{(3'', 7)^2 + (13'', 1)^2} = \pm 13'', 6;$$

$$M_{(2-3)} = \pm \sqrt{\frac{(1'', 2)^2 + (3'', 7)^2 + (23'', 9)^2 + (6'', 3)^2 + (49'', 7)^2 + \dots + (17'', 8)^2 + (13'', 6)^2}{2}} = \pm 60'', 0.$$

Примыкание способом соединительного четырехугольника. При расположении створа отвесов перпендикулярно к подходной выработке (рис. VI.14) для примыкания используют соединительные односторонний (а) и двухсторонний (б) четырехугольники.

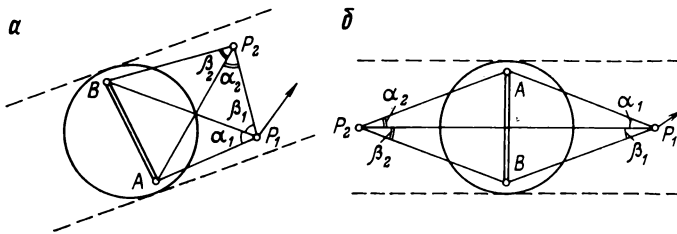


Рис. VII.14. Схема примыкания соединительным четырехугольником: а — одностороннее; б — двухстороннее

Точки P_1 и P_2 следует располагать так, чтобы форма четырехугольника была близка к квадрату.

При примыкании измеряют углы $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$, а также расстояния между отвесами и закрепленными точками. Привязка соединительного четырехугольника к теодолитному ходу выполняется измерением примычных углов при P_1 или P_2 .

Предложено много способов решения задачи примыкания. В маркшейдерской практике обычно используют способ условного азимута.

Вводится условная система координат с началом координат в точке P_1

$$x_{P_1} = x_{P_2} = 0.$$

Направление оси x совпадает с P_1P_2

$$(P_1P_2)' = 0.$$

В условной системе, используя исходные данные, методом прямых засечек вычисляют координаты отвесов A и B . По координатам в условной системе координат определяют дирекционный угол створа отвесов. Разность дирекционных углов створа отвесов, определенного в результате примыкания на поверхности и вычисленного в условной системе координат, позволяет найти

дирекционный угол стороны P_1P_2 . Вычисления производят в следующей последовательности.

1. По формуле синусов вычисляют длины сторон P_1A , P_1B , P_2A , P_2B .

Из треугольника P_1AP_2

$$P_1A = \frac{P_1P_2 \sin \alpha_2}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2)} ;$$

$$P_2A = \frac{P_1P_2 \sin \alpha_1}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2)} .$$

Из треугольника P_1BP_2

$$P_1B = \frac{P_1P_2 \sin \beta_2}{\sin (\beta_1 + \beta_2)} ; \quad (\text{VII.26})$$

$$P_2B = \frac{P_1P_2 \sin \beta_1}{\sin (\beta_1 + \beta_2)} .$$

2. В условной системе координат вычисляют дирекционные углы сторон

$$(P_1A)' = \alpha_1; \quad (P_1B)' = 360^\circ - \beta_1; \quad (\text{VII.27})$$

$$(P_2A)' = 180^\circ - \alpha_2; \quad (P_2B)' = 180^\circ - \beta_2.$$

3. В условной системе вычисляют координаты отвесов

$$y'_A = P_1A \sin (P_1A)'; \quad y'_B = P_1B \sin (P_1B)';$$

$$x'_A = P_1A \cos (P_1A)'; \quad x'_B = P_1B \cos (P_1B)' \quad (\text{VII.28})$$

и

$$y'_A = y'_P = P_2A \sin (P_2A)'; \quad y'_B = y'_P + P_2B \sin (P_2B)';$$

$$x'_A = x'_P + P_2A \cos (P_2A)'; \quad x'_B = x'_P + P_2B \cos (P_2B)'.$$

4. В условной системе координат вычисляют дирекционный угол створа отвесов, а также расстояние между отвесами

$$\text{tg} (AB)' = \frac{y'_B - y'_A}{x'_B - x'_A} ; \quad (\text{VII.29})$$

$$AB = c = \frac{y'_B - y'_A}{\sin (AB)'} = \frac{x'_B - x'_A}{\cos (AB)'} . \quad (\text{VII.30})$$

Вычисленные расстояния сравнивают с измеренными. Разница не должна превышать ± 3 мм.

На рис. VII.15 показано положение стороны P_1P_2 и створа отвесов в условной и истинной системах координат.

Из рисунка очевидно

$$(P_1P_2) = (AB) - (AB)' . \quad (\text{VII.31})$$

5. Вычисление дирекционных углов сторон в истинной системе

$$\begin{aligned}(P_1A) &= (P_1P_2) + \alpha_1; & (P_2A) &= (P_2P_1) - \alpha_2; \\ (P_1B) &= (P_1P_2) - \beta_1; & (P_2B) &= (P_2P_1) + \beta_2.\end{aligned}\quad (\text{VII.32})$$

6. Вычисление координат P_1 и P_2 в системе, принятой на поверхности

$$\begin{aligned}y_P &= y_A - P_1A \sin(AP_1) = y_B + P_1B \sin(BP_1); \\ x_P &= x_A + P_1A \cos(AP_1) = x_B + P_1B \cos(BP_1); \\ y_P &= y_A + P_2A \sin(AP_2) = y_B + \\ &+ P_2B \sin(BP_2); \\ x_P &= x_A + P_2A \cos(AP_2) = x_B + \\ &+ P_2B \cos(BP_2).\end{aligned}\quad (\text{VII.33})$$

Для контроля вычисляют расстояние P_1P_2

$$P_1P_2 = \frac{y_{P_2} - y_{P_1}}{\sin(P_1P_2)} = \frac{x_{P_2} - x_{P_1}}{\cos(P_1P_2)}. \quad (\text{VII.34})$$

Допустимое расхождение с измеренным значением ± 5 мм.

Погрешность примыкания. Погрешность примыкания зависит от точности измерения углов и формы четырехугольника. Исследованиями установлено, что минимальные погрешности имеют место, когда четырехугольник имеет форму квадрата. В этом случае, полагая измерения углов равноточными, погрешность примыкания к стороне P_1P_2 равна погрешности измеренного угла

$$M_{P_1P_2} = \pm m_\alpha. \quad (\text{VII.35})$$

По мере отклонения от выгодной формы погрешность возрастает.

Так, например, при $\frac{P_1P_2}{AB} = 2$ $m_{P_1P_2} = \pm 4m_\alpha$.

Примыкание с помощью параллельных шкал (симметричные примыкания).

При симметричном примыкании решают две задачи: определение неотклоненного положения отвесов и примыкание к отвесам.

На некотором удалении от отвесов (рис. VII.16) закрепляют точки P_1P_2 . Позади отвесов относительно закрепленных точек и перпендикулярно P_1P_2 устанавливают шкалы M и N . Расстояние от шкалы до отвеса должно позволить ему свободно колебаться, не касаясь шкал.

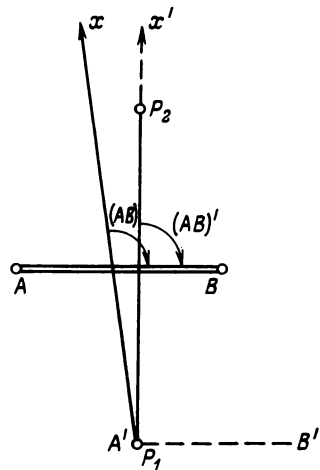


Рис. VII.15. Схема к определению дирекционного угла стороны P_1P_2

При примыкании производят следующие измерения.

1) С помощью трубы теодолита, установленного в точке P_1 , по шкале N наблюдают и фиксируют колебания отвеса. Всего берут 11—13 отсчетов, по которым вычисляют средний отсчет n . Затем определяют отсчет по шкале n_0 при наведении трубы на точку P_2 . Разность между средним отсчетом и отсчетом на точку P_2 дает отрезок l_A в делениях шкалы N .

Наблюдения ведутся при двух положениях трубы. В расчет принимается среднее значение.

Аналогично с помощью наблюдений при точке P_2 определяют m_0, m и отрезок l_B .

2) С помощью линейки измеряют расстояния между отвесами и шкалами l_1 и l_2 (точность отсчитывания 1 мм). Берутся несколько замеров, из которых вычисляют среднее значение l_1 и l_2 .

3) Измеряют с точностью до 1 мм расстояния a, b и c и для контроля P_1P_2

$$a + b + c = P_1P_2.$$

4) При P_1 или P_2 измеряют примычный угол. При решении задачи примыкания применяют прием введения условной системы координат, в которой вычисляют дирекционный угол створа отвесов. Разность дирекционных углов створа отвесов, определенных в условной и истинной системах, позволяет решить задачу передачи направления.

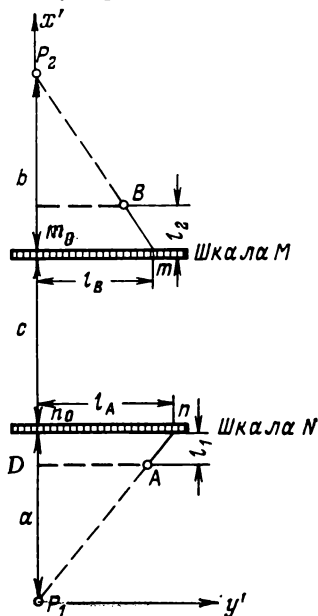


Рис. VII.16. Схема симметричного примыкания

Вычисления производят в следующей последовательности.

1) Вводится условная система

$$y'_{P_1} = 0; \quad x'_{P_1} = 0; \quad (P_1P_2)' = 0.$$

2) В условной системе вычисляют координаты отвесов. Согласно рис. VII.16

$$\begin{aligned} x'_A &= a - l_1; \\ x'_B &= a + c + l_2. \end{aligned} \quad (\text{VII.36})$$

Из подобия треугольников при вершине P_1

$$y'_A = \frac{a - l_1}{a} l_A = \left(1 - \frac{l_1}{a}\right) l_A. \quad (\text{VII.37})$$

По аналогии

$$y'_B = \left(1 - \frac{l_2}{b}\right) l_B. \quad (\text{VII.38})$$

3) Дирекционный угол створа отвесов в условной системе

$$\operatorname{tg}(AB)' = \frac{y'_B - y'_A}{x'_B - x'_A}. \quad (\text{VII.39})$$

4) Дирекционный угол P_1P_2

$$P_1P_2 = (AB) - (AB)'. \quad (\text{VII.40})$$

Вычисляют координаты точки P_1 в системе координат, принятой на поверхности

$$\begin{aligned} y_{P_1} &= y_A + AD \sin(AD) + a \sin(P_2P_1); \\ x_{P_1} &= x_A + AD \cos(AD) + a \cos(P_2P_1), \end{aligned} \quad (\text{VII.41})$$

где

$$(AD) = (P_1P_2) - 90^\circ.$$

Анализ симметричного примыкания позволил определить условия, повышающие точность передачи направления.

Рекомендуется примычную сторону располагать возможно ближе к створу отвесов, а шкалы — строго перпендикулярно P_1P_2 и вблизи отвесов; отрезки l_A и l_B измерять с погрешностью, не превышающей $\pm 0,2$ мм.

Оптический способ ориентирования. Оптический способ используют для передачи направления в горные выработки через вертикальный ствол глубиной не более 300 м при условии достаточной прозрачности воздуха в стволе.

Ориентирование производят с помощью специального прибора — проектира направления ПН-1 или ПН-1м (рис. VII.17).

Оптическая труба прибора с помощью цилиндрического уровня устанавливается вертикально. Зрительная труба оканчивается оптической насадкой с коллиматором. В насадке помещен оптический клин, который покрывает одну половину светового отверстия трубы. Оптический клин позволяет получать двойное изображение предмета, так как при визировании часть световых лучей проходит через свободную половину насадки прямо, а часть, попадающая на оптический клин, отклоняется.

При применении проектира ПН-1м вместо рейки устанавливают специальные сигналы.

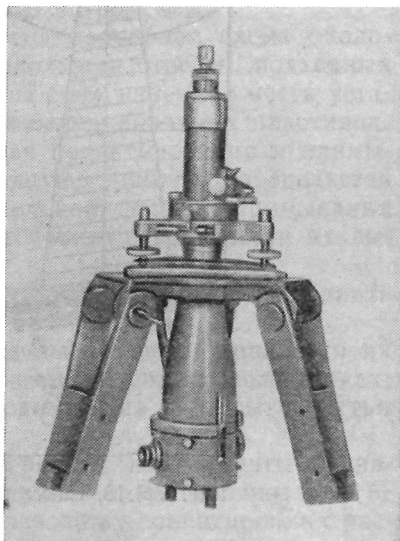


Рис. VII.17. Общий вид проектира направления

В поле зрения трубы видны две рейки. Их взаимное положение зависит от горизонтального угла между ребром клина и осью рейки.

При параллельном положении в поле зрения трубы наблюдается картина, представленная на рис. VII.18, а.

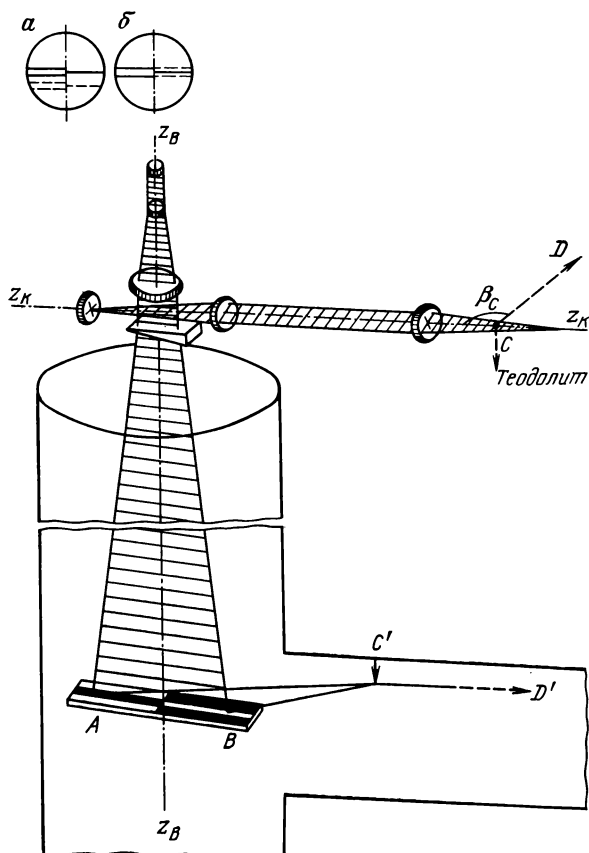


Рис. VII.18. Схема проектирования направления

По мере вращения трубы вокруг вертикальной оси расстояние между изображениями уменьшается. При выполнении условия, когда ось рейки перпендикулярна оси клина, горизонтальные полосы реек совпадают (рис. VII.18, б).

Добившись совмещения изображений с помощью коллиматора, на поверхности фиксируют две точки, расположенные на прямой, параллельной рейке.

На ориентируемом горизонте примыкание к рейке или к специальным сигналам производят соединительным треугольником.

Организация работ при соединительной съемке через одну вертикальную выработку и техника безопасности работ. При выполнении соединительной съемки через одну вертикальную выработку все работы производятся в два периода — подготовительный и основной. Основной период включает в себя производство всех видов работ на поверхности и на ориентируемом горизонте.

Задачей подготовительного периода является проектирование соединительной съемки с распределением во времени последовательности производства маркшейдерских работ в течение всего периода остановки шахтного ствола.

На горном предприятии в зависимости от конкретных условий при составлении проекта должны быть учтены следующие исходные данные:

характеристика вертикальной выработки, используемой для ориентировки (сечение, вид крепи, глубина ствола и зумпфа, наличие подъема, возможность освобождения ствола от подъемных сосудов и т. д.);

вентиляция и пути снижения скорости воздушной струи до минимума в период производства соединительной съемки;

наличие капежа и возможность его устранения.

В проекте должна быть составлена подробная схема околоствольного двора, возможного расположения отвесов, подходных и примычных пунктов; на нее должны быть нанесены места установки лебедок, блоков и брусьев для центрировочных пластинок. Обосновывается способ решения задач проектирования и примыкания, обеспечивающий соответствующую точность. Определяется наиболее выгодная форма соединительной фигуры примыкания и разрабатывается методика работ с учетом безопасности их выполнения.

В подготовительный период необходимо также выполнить следующие работы:

1) закрепить подходные и примычные пункты, привязать их к пунктам теодолитной съемки в подземных горных выработках;

2) подготовить материалы, необходимые для перекрытия устья ствола и его зумпфа;

3) подготовить исправные и поверенные инструменты и снаряжение, необходимые для производства ориентировки;

4) составить график работ по производству ориентировки с распределением исполнителей по месту работ, ознакомить исполнителей с проектом производства соединительной съемки.

В основной период выполняются работы, связанные с решением задач проектирования и примыкания к отвесам. Соединительная съемка осуществляется двумя бригадами: одна из них находится на поверхности, а другая — на ориентируемом горизонте. Для четкой организации работ и производства полевых измерений между бригадами должна быть установлена телефонная или громкоговорящая связь.

Выполнение работ производят в следующем порядке.

Прекращают работы по стволу, одно звено бригады с инструментами и необходимым оборудованием опускают на ориентируемый горизонт, ствол освобождают от подъемных сосудов.

На поверхности и в шахте производят перекрытие ствода в виде настила из толстых досок. Бригада на поверхности устанавливает брусья для блоков и центрировочных пластинок. Лебедка и направляющий блок устанавливаются так, чтобы их оси были параллельны. Одновременно бригада в шахте перекрывает ствол (зумпф) настилом из досок и устраивает полок для установки центрировочных тарелочек. После завершения всех этих работ сообщают на поверхность о готовности приема отвесов.

С поверхности в шахту подают сигнал о начале спуска отвесов. На ориентируемый горизонт отвесы с легким грузом (3—5 кгс) опускают последовательно со скоростью не более 2 м/с и с остановками через каждые 50 м (во избежание их раскачивания). При этом руководитель работ пропускает проволоку «через руку», замеченные дефекты должны быть устранены.

На ориентируемом горизонте отвесы пропускаются через отверстия центрировочных тарелочек (если применение их необходимо) и нагружаются рабочими грузами, которые помещают в успокоители.

Одним из способов проверяют свободное положение шахтных отвесов в стволе. Определяют среднее положение отвесов (положение покоя) и в этом положении закрепляют проволоку отвесов или центрики тарелочек.

На поверхности и в шахте по принятой методике производят измерение угловых и линейных величин соединительных фигур. Выполняют полевой контроль угловых и линейных измерений.

Осуществляют поочередный подъем отвесов и демонтаж оборудования, используемого при решении задач проектирования и примыкания.

При соединительных съемках соблюдаются следующие меры безопасности:

- 1) запрещается нахождение в местах проведения работ лиц, не участвующих в ориентировании;
- 2) строгое выполнение последовательности работ;
- 3) наличие связи между поверхностью и шахтой;
- 4) надежное закрепление грузов;
- 5) диаметр отверстий отвесов в перекрытии не более 15 см;
- 6) равномерные спуск и подъем отвесов.

Погрешность передачи направления состоит из погрешности проектирования и погрешности примыкания

$$m_0 = \pm \sqrt{\theta^2 + m_1^2 + m_2^2}, \quad (\text{VII.42})$$

где θ — угловая погрешность проектирования, обусловленная отклонением проволок отвесов от отвесного положения; m_1, m_2 —

погрешности примыкания к отвесам соответственно на поверхности и в выработках.

Удельный вес составных частей m_0 в основном определяется расстоянием между отвесами. При ориентировке через один ствол расстояние между отвесами небольшое, и основная часть погрешности передачи направления обусловлена проектированием отвесов. При ориентировке через два ствола θ имеет подчиненное значение.

§ 32. Ориентировка через два вертикальных ствола

Ориентировка через два вертикальных ствола, возможная при наличии горных выработок, соединяющих стволы, является наиболее надежным геометрическим методом ориентирования. Схема геометрического ориентирования через два вертикальных ствола приведена на рис. VII.19.

В стволы опускают по одному отвесу. На поверхности от примычного пункта C прокладывают теодолитные ходы к отвесам A и B , по результатам которых вычисляют координаты отвесов.

Согласно требованиям Технической инструкции средняя погрешность вычисления дирекционного угла линии, соединяющей отвесы на поверхности по отношению к ближайшей стороне опорной сети, не должна превышать $\pm 20''$, поэтому перед проведением работ должна быть выполнена оценка точности (см. приложение 34 Технической инструкции). Предварительный анализ позволяет выбрать точность угловых и линейных измерений.

Задача проектирования решается опущенными отвесами. При расстоянии между отвесами в несколько десятков, а иногда и сотен метров погрешность проектирования не оказывает большого влияния на точность передачи направления. Поэтому обычно неотклоненное положение отвесов определяют без применения шкал.

В шахте по соединяющим стволы выработкам прокладывают теодолитный ход I разряда.

При ориентировании через два ствола работы по прокладке ходов до точек, от которых производят наблюдения отвесов, следует проходить заблаговременно (до спуска отвесов).

Вычисление ориентировки выполняют в следующей последовательности.

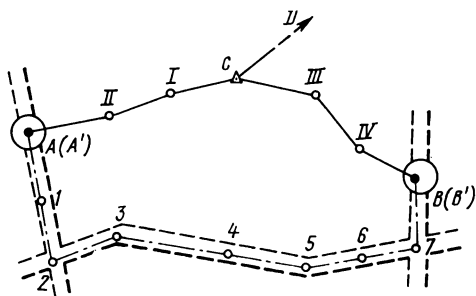


Рис. VII.19. Схема ориентирования через два вертикальных ствола

1) По результатам съемки на поверхности вычисляют координаты отвесов

$$x_A, y_A; \quad x_B, y_B.$$

2) Вычисляют дирекционный угол створа отвесов, а также расстояние между отвесами

$$\operatorname{tg} AB = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad (\text{VII.43})$$

$$L = \frac{y_B - y_A}{\sin (AB)} = \frac{x_B - x_A}{\cos (AB)}. \quad (\text{VII.44})$$

3) Вводят условную систему координат, приняв за начало координат отвес A , за направление оси Ox' — первую сторону $A-I$ хода в горных выработках.

В условной системе вычисляют координаты отвеса B . Получают y'_B, x'_B .

4) Вычисляют дирекционный угол створа отвесов в условной системе координат

$$\operatorname{tg} (AB)' = \frac{y'_B}{x'_B};$$

$$L' = \frac{y'_B}{\sin (AB)'} = \frac{x'_B}{\cos (AB)'}. \quad (\text{VII.45})$$

5) Вычисляют разность $\Delta L = L - L'$, которая не должна превышать допустимого предела.

6) Определяют дирекционный угол первой стороны подземного хода в системе координат принятой на поверхности (рис. VII.20),

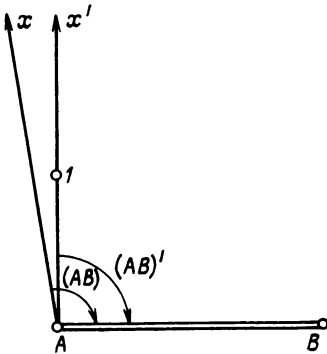


Рис. VII.20. Определение дирекционного угла створа отвесов

$$(AI) = (AB)' - (AB). \quad (\text{VII.46})$$

7) По исходным данным (координаты отвеса A x_A, y_A и дирекционный угол стороны AI) вычисляют координаты всех вершин и отвеса B в системе координат поверхности.

Контролем вычислений служит сравнение координат отвеса B , вычисленных на поверхности и по подземному ходу.

Для контроля ориентирования через два ствола выполняют дважды.

Погрешность ориентирования через два ствола определяют по формуле

$$m_o = \pm \sqrt{\theta^2 + m_{(AB)}^2 + m_{(AB)'}^2}, \quad (\text{VII.47})$$

где θ — угловая погрешность проектирования; $m_{(AB)}, m_{(AB)'}$ — погрешность примыкания на поверхности и в горных выработках.

Погрешность проектирования θ определяют по формуле (VII.10).

Рассмотрим погрешности примыкания к отвесам на поверхности и в горных выработках.

Поворот створа отвесов на поверхности вызван смещением отвесов в направлении, перпендикулярном AB , поэтому

$$m_{(AB)} = \pm \frac{P}{L} \sqrt{m_A^2 + m_B^2}, \quad (\text{VII.48})$$

где m_A , m_B — погрешности отвесов в направлении, перпендикулярном створу отвесов, зависящие от погрешностей измеренных углов и сторон полигонов на поверхности:

$$m_A = \pm \sqrt{m_{A\beta}^2 + m_{A\iota}^2}; \quad m_B = \pm \sqrt{m_{B\beta}^2 + m_{B\iota}^2}. \quad (\text{VII.49})$$

$$\left. \begin{aligned} m_A^2 &= \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum R_A^2 + \sum m_{\iota}^2 \sin^2 \delta_A; \\ m_B^2 &= \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum R_B^2 + \sum m_{\iota}^2 \sin^2 \delta_B, \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.50})$$

где R_A — проекция расстояний от вершин полигона на створ отвесов AB ; δ_A — угол между сторонами полигона и створом отвесов; R_B — проекция расстояний от вершин полигона, проложенного к отвесу B на створ отвесов; δ_B — угол между сторонами полигона и створом отвесов.

Примыкание к отвесам в горных выработках. Погрешность примыкания m_{α} обусловлена погрешностями измеренных углов и сторон подземного соединительного полигона

$$m_{\alpha}^2 = m_{\alpha\beta}^2 + m_{\alpha\iota}^2.$$

Определим отдельно составные части m_{α} .

Погрешность $m_{\alpha\beta}$ вычислим из выражения

$$m_{\alpha\beta}^2 = \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \beta_1}\right)^2 m_{\beta_1}^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \beta_2}\right)^2 m_{\beta_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \beta_n}\right)^2 m_{\beta_n}^2. \quad (\text{VII.51})$$

Дирекционные углы сторон полигона

$$\alpha = \alpha' + (AB) - (AB)'$$

Производная по углу

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = \frac{\partial \alpha'}{\partial \beta} + \frac{\partial (AB)}{\partial \beta} - \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta}. \quad (\text{VII.52})$$

Дирекционный угол створа отвесов на поверхности не зависит от углов подземного соединительного полигона, поэтому $\frac{\partial (AB)}{\partial \beta} = 0$. Тогда

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = \frac{\partial \alpha'}{\partial \beta} - \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta}.$$

Найдем значение $\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta}$, учитывая, что

$$\operatorname{tg} (AB)' = \frac{y'_B}{x'_B}.$$

Дифференциал выражения равен

$$\frac{d(AB)'}{\cos^2(AB)'} = \frac{x'_B dy'_B - y'_B dx'_B}{(x'_B)^2}. \quad (\text{VII.53})$$

Выразим условные координаты отвеса B через расстояние между отвесами L и дирекционный угол створа отвесов в условной системе координат

$$\frac{d(AB)'}{\cos^2(AB)'} = \frac{L \cos(AB)' y'_B - L \sin(AB)' dx'_B}{L^2 \cos^2(AB)'}$$

После сокращения

$$d(AB)' = \frac{1}{L} [\cos(AB)' dy'_B - \sin(AB)' dx'_B]. \quad (\text{VII.54})$$

Перейдем к частным производным по измеренным углам

$$\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta} = \frac{1}{L} \left[\cos(AB)' \frac{\partial y'_B}{\partial \beta} - \sin(AB)' \frac{\partial x'_B}{\partial \beta} \right]. \quad (\text{VII.55})$$

Значения частных производных $\frac{\partial y'_B}{\partial \beta}$ и $\frac{\partial x'_B}{\partial \beta}$ выражаются через проекцию на координатные оси расстояний от соответствующих вершин полигона до последней точки. Поэтому

$$\frac{\partial y'}{\partial \beta} = R \sin \gamma; \quad \frac{\partial x'}{\partial \beta} = -R \cos \gamma, \quad (\text{VII.56})$$

где γ — угол простираения линии, соединяющей вершины полигона с отвесом B ; R — длина этой линии.

Подставим выражение (VII.56) в формулу (VII.55)

$$\begin{aligned} \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta} &= \frac{R}{L} [\cos(AB) \cos \gamma + \sin(AB)' \sin \gamma] = \\ &= \frac{R}{L} \cos[(AB)' - \gamma] = \frac{R'}{L}, \end{aligned}$$

где R' — проекция R на створ отвесов.

Для первой стороны согласно

$$\begin{aligned} \frac{\partial \alpha(A_1)}{\partial \beta} &= \frac{\partial \alpha'(A_1)}{\partial \beta} - \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta}; \\ \frac{\partial \alpha'(A_1)}{\partial \beta_1} &= \frac{\partial \alpha'(A_1)}{\partial \beta_2} = \dots = \frac{\partial \alpha'(A_i)}{\partial \beta_n} = 0, \end{aligned}$$

так как дирекционный угол первой стороны принят условно и от измеренных углов не зависит.

$$\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta} = \frac{R'}{L},$$

поэтому

$$\frac{\partial (A_1)}{\partial \beta} = -\frac{R'}{L}. \quad (\text{VII.57})$$

Погрешность вычисления дирекционного угла первой стороны определим из выражения

$$m_{\alpha_{(A_1)}\beta} = \pm \frac{m_\beta}{L} \sqrt{\sum (R')^2}. \quad (\text{VII.58})$$

Найдем погрешность вычисления дирекционного угла второй стороны

$$\alpha_{(1-2)} = (AB) + \alpha'_{(1-2)} - (AB)', \quad (\text{VII.59})$$

откуда

$$\frac{\partial \alpha_{(1-2)}}{\partial \beta} = \frac{\partial (AB)}{\partial \beta} + \frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta} - \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta}.$$

Выше было показано, что

$$\frac{\partial (AB)}{\partial \beta} = 0; \quad \frac{\partial (AB)'}{\partial \beta} = \frac{R'}{L},$$

поэтому

$$\frac{\partial \alpha_{(1-2)}}{\partial \beta} = \frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta} - \frac{R'}{L}.$$

Найдем $\frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta}$.

$$\begin{aligned} \alpha'_{(1-2)} &= \alpha'_{(A_1)} + \beta_1 \pm 180^\circ; \\ \frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta_1} &= \frac{\partial \alpha'_{(A_1)}}{\partial \beta_1} + \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta_1} = 0 + 1 \end{aligned}$$

поэтому

$$\begin{aligned} \frac{\partial \alpha_{(1-2)}}{\partial \beta_1} &= 1 - \frac{R'_1}{L}; \\ \frac{\partial \alpha_{(1-2)}}{\partial \beta_2} &= -\frac{R'_2}{L}; \\ \frac{\partial \alpha_{(1-2)}}{\partial \beta_n} &= -\frac{R'_n}{L}, \end{aligned}$$

так как

$$\frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta_2} = \frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta_3} = \dots = \frac{\partial \alpha'_{(1-2)}}{\partial \beta_n} = 0.$$

Подставим полученные значения производных в формулу (VII.52):

$$m_{\alpha_{(1-2)}}^2 = \left(1 - \frac{R'_1}{L}\right)^2 m_{\beta_1}^2 + \left(\frac{R'_2}{L}\right)^2 m_{\beta_2}^2 + \dots + \left(\frac{R'_n}{L}\right)^2 m_{\beta_n}^2$$

при

$$m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = \dots = m_{\beta_n};$$

$$m_{\alpha_{(1-2)}}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{L^2} \sum (R')^2 + m_{\beta}^2 \left(1 - \frac{2R'_1}{L}\right)$$

или

$$m_{\alpha_{(1-2)}}^2 = m_{\alpha_{(A_1)}}^2 + m_{\beta}^2 \left(1 - \frac{2R'_1}{L}\right). \quad (\text{VII.60})$$

Погрешность вычисления дирекционного угла третьей стороны равна

$$m_{\alpha_{(2-3)}}^2 = m_{\alpha_{(A_1)}}^2 + m_{\beta}^2 \left(2 - \frac{2R'_1 + 2R'_2}{L}\right). \quad (\text{VII.61})$$

Погрешность вычисления дирекционного угла последней стороны подземного полигона

$$m_{\alpha_{(n-B)}}^2 = m_{\alpha_{(A_1)}}^2 + 2m_{\beta}^2 \frac{R'_1 + R'_2 + \dots + R'_n}{L}. \quad (\text{VII.62})$$

Полученные формулы показывают, что погрешности вычисления дирекционных углов сторон хода различны и зависят от формы полигона. Если $\frac{2R'_1}{L}$ больше единицы, то дирекционный угол второй стороны подземного полигона будет определен точнее дирекционного угла первой стороны.

В общем виде m_{α_i} выражается формулой

$$m_{\alpha_i}^2 = \left(\frac{\partial \alpha}{\partial l_1}\right)^2 m_{l_1}^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial l_2}\right)^2 m_{l_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial l_{n+1}}\right)^2 m_{l_{n+1}}^2.$$

Вернемся к формуле, по которой определяют дирекционные углы сторон подземного полигона

$$\alpha = (AB) + \alpha' - (AB'); \\ \frac{\partial \alpha}{\partial l} = \frac{\partial (AB)}{\partial l} + \frac{\partial \alpha'}{\partial l} + \frac{\partial (AB)'}{\partial l}.$$

Очевидно,

$$\frac{\partial (AB)}{\partial l} = 0; \quad \frac{\partial \alpha'}{\partial \rho} = 0,$$

поэтому

$$\frac{\partial \alpha}{\partial l} = \frac{\partial (AB)'}{\partial l};$$

$$\frac{\partial (AB)'}{\partial l} = \frac{1}{L} \left[\cos(AB') \frac{\partial y'_B}{\partial l} - \sin(AB') \frac{\partial x'_B}{\partial l} \right],$$

но

$$\frac{\partial y'_B}{\partial l} = \sin \alpha'; \quad \frac{\partial x'_B}{\partial l} = \cos \alpha'.$$

Поэтому

$$\begin{aligned}\frac{\partial (AB)'}{\partial l} &= \frac{1}{L} [\sin \alpha' \cos (AB') - \cos \alpha' \sin (AB')] = \\ &= \frac{1}{L} [\sin \alpha' - (AB')] = \frac{1}{L} \sin \delta.\end{aligned}$$

Значения производных по измеренным сторонам равны

$$\frac{\partial (AB)'}{\partial l_1} = \frac{1}{L} \sin \delta_1; \quad \frac{\partial (AB)'}{\partial l_2} = \frac{1}{L} \sin \delta_2 \dots \frac{\partial (AB)'}{\partial l_{n+1}} = \frac{1}{L} \sin \delta_{n+1}.$$

Подставим их в формулу

$$m_{\alpha_s}^2 = \frac{1}{L^2} \sum m_l^2 \sin^2 \delta.$$

Так как при определении m_{α_s} необходимо учитывать только случайные погрешности измерения длин, то предыдущая формула примет вид

$$m_{\alpha_s} = \pm \frac{a}{L} \sqrt{\sum l \sin^2 \delta}, \quad (\text{VII.63})$$

где a — коэффициент, учитывающий случайные погрешности измерений.

Проведенный анализ указывает на зависимость погрешности передачи направления от точности измерений. Анализ должен проводиться до проведения ориентировки и служить для обоснования методики и точности измерений, обеспечивающих решение задачи с заданной точностью.

При наличии нескольких соединенных между собой стволов ориентирование рекомендуется выполнять через все стволы. В этом случае возникают избыточные наблюдения, которые позволяют проводить уравнивание сложной системы ходов поверхности и шахт, что повышает точность передачи направления.

Подробно методика производства работ и уравнивания рассматривается в учебных пособиях для студентов вузов.

§ 33. Гирскопическое ориентирование

В начале 40-х годов в связи с проведением горных работ на больших глубинах, а также с увеличением протяженности горных выработок и прокладываемых по ним теодолитных ходов возникла необходимость в создании приборов, позволяющих производить ориентирование подземной съемки без остановки шахтного ствола.

В 1934 г. в СССР были начаты исследования по применению гирскопических приборов для выполнения ориентировок маркшейдерских съемок. В 1948 г. после длительного перерыва научно-исследовательские работы по созданию гирскопических приборов были возобновлены. Во ВНИМИ в 1949—1951 гг. коллектив сотрудников (В. Н. Лавров, Б. И. Никифоров и др.) разработал два типа приборов для гирскопического ориентирования — М1 и М2.

Эти приборы обеспечивали точность ориентирования в среднем $\pm 1' 15''$.

В последующие годы были созданы усовершенствованные конструкции гирокомпасов — МЗ, МУГ-2, МГ. Источником питания гирокомпасов М2, МЗ, МУГ-2 являлась шахтная сеть, для гирокомпасов МГ придавались специальные батареи. Применение первых маркшейдерских гирокомпасов для ориентирования шахт позволило выявить их перспективность, несмотря на несовершенство конструкции приборов (большие габариты и масса, невзрывобезопасное исполнение, значительные затраты времени на выполнение ориентирования).

В начале 60-х годов были созданы взрывобезопасные маркшейдерские гирокомпасы МВ1, МВ2, которые позволили не только производить ориентирование маркшейдерских съемок, но и выполнять контрольные угловые измерения, т. е. определять контрольные дирекционные углы сторон подземной съемки, расположенных на значительном удалении от ствола шахты.

В период с 1964 по 1968 г. ВНИМИ созданы малогабаритные переносные маркшейдерские гирокомпасы МВШЗ, МТ1, МВ2М и МВТ2. Эти гирокомпасы обеспечивают высокую точность, легко переносятся в любую точку горных выработок. С помощью этих типов приборов осуществляется построение подземных опорных маркшейдерских сетей, т. е. выполняется независимое определение дирекционных углов ориентируемых сторон теодолитного хода. В настоящее время гирокомпас МВТ2 находит широкое применение при маркшейдерском обеспечении горнодобывающих предприятий. Из зарубежных конструкций гирокомпасов известны МРК (ГДР); Gi-C1, Gi-B1, Gi-B2 (ВНР); MW2B, КТ1 и ТК (ФРГ) и др. В СССР наиболее широкое применение нашел гирокомпас Gi-B2 завода МОМ (Венгрия), обеспечивающий точность $\pm 15''$.

Общие сведения о свободном гироскопе и гирокомпасе. Для определения дирекционного угла гироскопическим способом может быть использовано свойство главной оси свободного гироскопа сохранять неизменным направление в пространстве, а также свойство главной оси маятникового гирокомпаса совершать гармонические колебания около положения равновесия, которое совпадает с плоскостью меридиана места.

Гироскоп — это тело с симметричной массой, способное вращаться вокруг своей оси и имеющее свойство сохранять неизменным ее положение в пространстве. Например, волчок обладает свойством, присущим гироскопам. Гироскоп может быть свободным и несвободным.

Свободный гироскоп — это тело, способное вращаться около трех взаимно перпендикулярных осей, пересекающихся в одной точке. Свободный гироскоп имеет три степени свободы, центр тяжести чувствительного элемента ЧЭ (гиромотора и кардановых колец) совпадает с точкой пересечения трех осей, а в осях отсутствуют силы трения.

В сканированном экземпляре
страницы 249-254 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

В сканированном экземпляре
страницы 249-254 отсутствуют
(подрезаны «читателем»)

дерских гирокомпасов (гиротеодолитов) используется свойство оси вращения гиromотора и жестко связанного с ней ЧЭ совершать прецессионные колебания по отношению к плоскости меридиана места. Положение равновесия этих колебаний при отсутствии внешних моментов совпадает с плоскостью меридиана места в точке стояния гирокомпаса.

В гирокомпасах из практических соображений (для большего удобства) определяют положение не оси гиromотора, а положение линии, перпендикулярной к зеркалу на ЧЭ (см. рис. VII.24). Положение равновесия этой линии, называемое *положением* *равновесия* ЧЭ, находится не в плоскости меридиана места, а под определенным углом Δ (рис. VII.26) к оси гиromотора, которая имеет свойство устанавливаться в плоскости меридиана места. Угол Δ называется *конструктивной постоянной* ЧЭ для данного типа прибора. Он отсчитывается от северного конца оси гирокомпаса до положительного конца перпендикуляра к зеркалу на ЧЭ. Например, в гирокомпасе МВТ2 угол Δ всегда имеет положительное значение, близкое к 90° , так как зеркало ЧЭ расположено на его западной стороне.

В угломерной части прибора коллимационные плоскости зрительной трубы ЗТ и автоколлимационной трубы АТ (см. рис. VII.26) расположены под определенным углом τ , который называется *конструктивной постоянной* угломерной части. Величина и знак горизонтального угла τ определяются путем отсчитывания от положительного конца визирной оси АТ до положительного конца визирной оси ЗТ. В случае, если направление отсчета производится по часовой стрелке, то значение угла τ положительное, в противном случае оно будет отрицательным. При этом необходимо следить, чтобы автоколлиматор находился слева от зрительной трубы. В гирокомпасе МВТ2 величина угла τ всегда имеет отрицательное значение, близкое к 90° . Угол δ называется *поправкой* гирокомпаса. Он расположен между осью гирокомпаса, когда она находится в положении равновесия, и визирной осью ЗТ, когда визирная ось АТ совмещена с положением равновесия ЧЭ. Величина угла δ отсчитывается от северного конца оси гирокомпаса до положительного конца визирной оси ЗТ. Положение гирокомпасного меридиана C_r отличается от истинного C на величину поправки гирокомпаса $\delta = \Delta + \tau$.

Если визирная ось автоколлиматора совпадает с положением равновесия ЧЭ, то визирная ось зрительной трубы будет располагаться в вертикальной плоскости, проходящей через гирокомпасный меридиан C_r .

Для того чтобы определить дирекционный угол гироскопическим способом, поступают следующим образом.

На поверхности в точке I (см. рис. VII.26) устанавливают гирокомпас и определяют гироскопический азимут Γ_0 , стороны $I-II$,

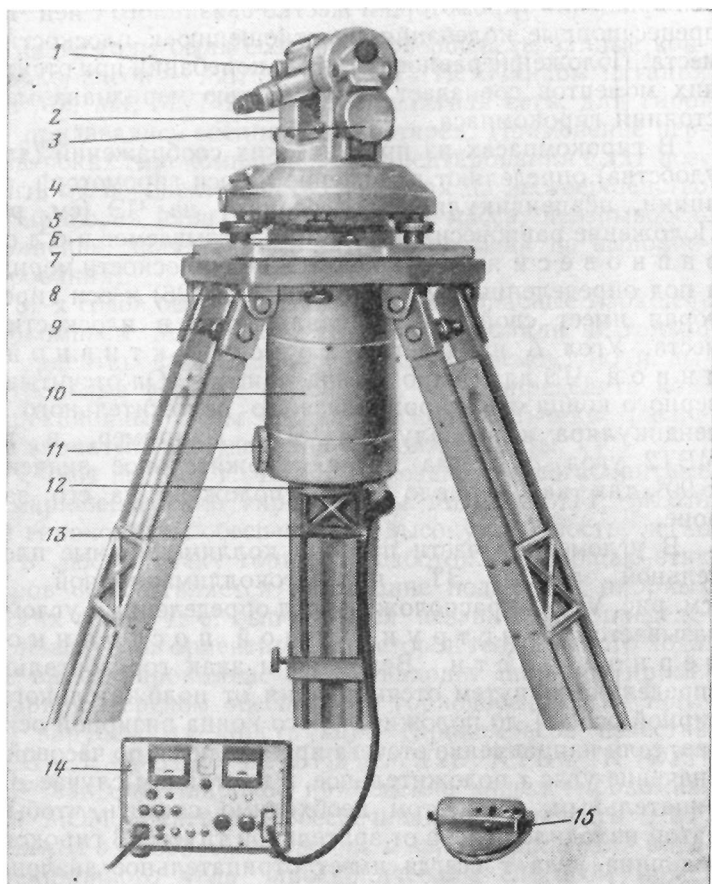
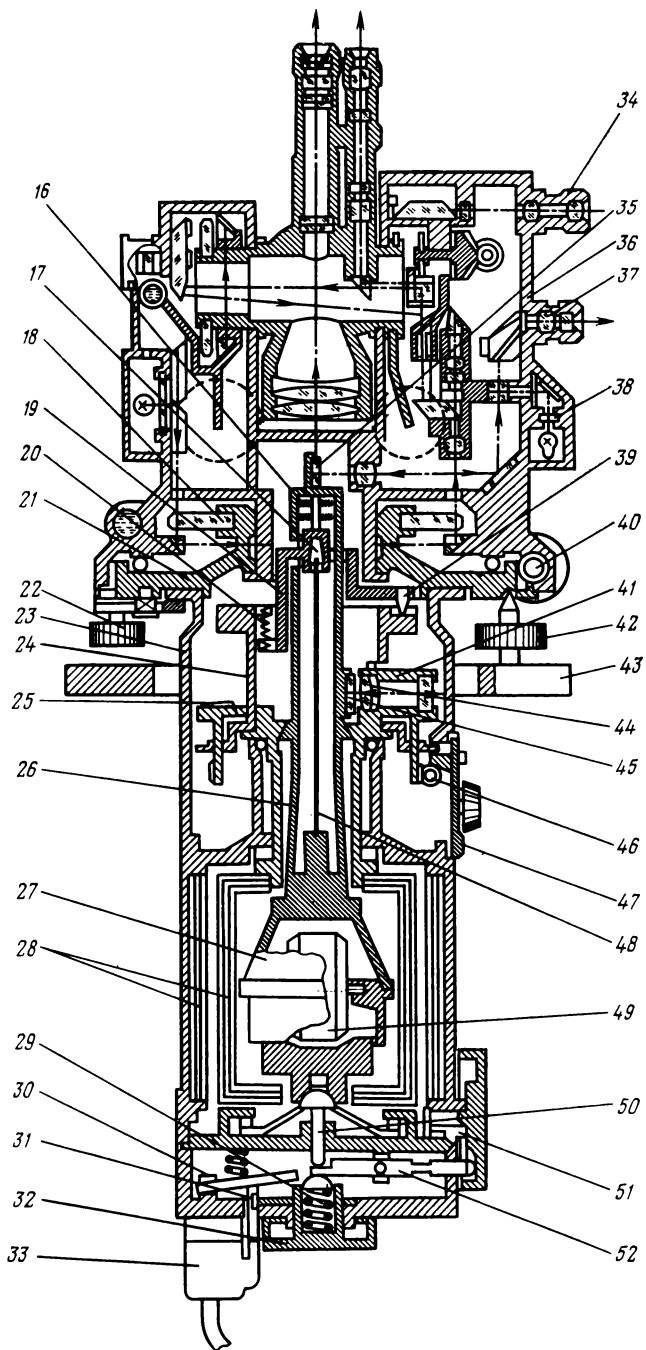


Рис. VII.25. Общий вид и устройство гирокомаса Ci-B2:

1 — автоколлимационная труба; 2 — теодолитная часть прибора; 3 — крышка осветителя кругов; 4 — трегер; 5 — подъемные винты; 6 — окошко для замены лампы накаливания автоматической следящей системы; 7 — основная плита; 8 — винт крепления основной плиты; 9 — винт регулировки хода ножек штатива; 10 — корпус гироблока; 11 — маховичок ручного арретира; 12 — маховичок дополнительного арретира; 13 — разъем для подключения блока питания; 14 — блок питания (преобразователь); 15 — буссоль с оптическим отвесом; 16 — токопроводящие спирали; 17 — верхний зажим торсиона; 18 — горизонтальный круг; 19 — подвижная плата; 20 — пружина для натяжения торсиона; 21 — неподвижная часть теодолита; 22 — винт крепления гироблока; 23 — корпус гироблока; 24 — центрировочная втулка с тормозным диском; 25 — пружина, обеспечивающая фрикционную связь между деталями 24 и 41; 26 — штанга, держащая зеркало; 27 — гирокамера; 28 — экранирующий корпус; 29 — механизм дополнительного арретира; 30 — блокирующий рычаг; 31 — защелка; 32 — маховичок дополнительного арретира; 33 — разъем; 34 — вспомогательный отсчетный микроскоп; 35 — верхнее колеблющееся зеркало; 36 — алидада; 37 — автоколлиматор для наблюдения точек реверсии; 38 — осветитель автоколлиматора; 39 — центрировочные конусы подвижной платы; 40 — горизонтальный наводящий винт; 41 — следящий корпус с червячной шестерней; 42 — подъемный винт; 43 — трегер; 44 — автоколлиматор системы слежения; 45 — нижнее зеркало; 46 — колесо установки нуля-пункта с червяком; 47 — стопорный рычаг; 48 — торсион; 49 — ротор гиромотора; 50 — шток арретира; 51 — маховичок ручного арретира; 52 — рычаг арретира



дирекционный угол α_0 , который уже известен. Поправка гироком-
паса δ вычисляется по формуле

$$\delta = A_0 - \Gamma_0 = \alpha_0 + \gamma_0 - \Gamma_0, \quad (\text{VII.64})$$

где A_0 — геодезический азимут стороны $I-II$; γ_0 — плоское сбли-
жение меридианов в точке установки гироком-
паса на поверхности при определении поправки δ .

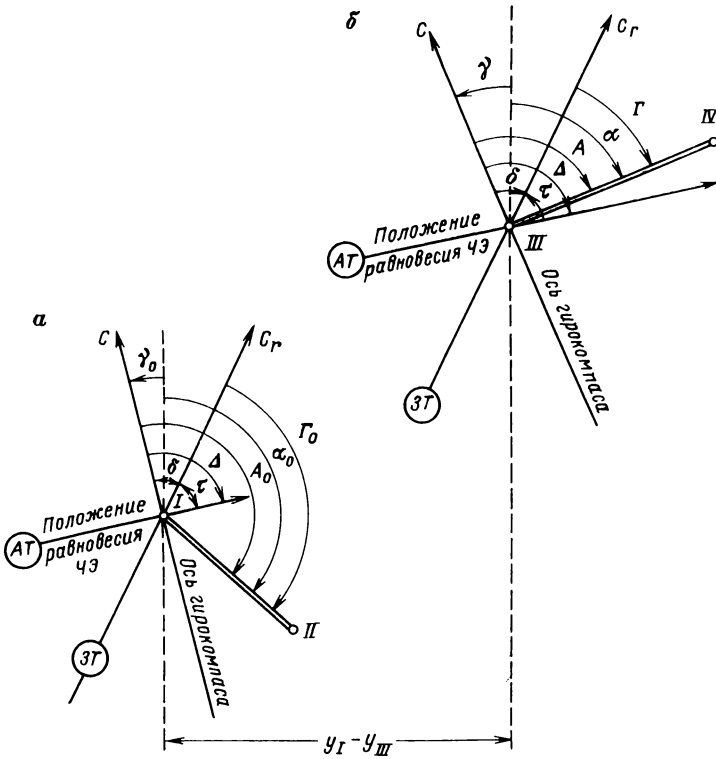


Рис. VII.26. Сущность определения дирекционного угла гирокопическим спо-
собом на поверхности (а) и в шахте (б)

В шахте в точке III устанавливают гирокомпас (см. рис. VII.26) и определяют гирокопический азимут Γ ориентируемой стороны $III-IV$, после чего производят вычисление дирекционного угла α стороны $III-IV$

$$\alpha = \Gamma + \delta + \gamma, \quad (\text{VII.65})$$

где γ — плоское сближение меридианов в точке установки гиро-
ком-
паса в шахте при определении гирокопического азимута.

Плоское сближение меридианов обычно выбирают из таблиц
или вычисляют по известным формулам.

Так как при гироскопическом ориентировании подземной маркшейдерской опорной сети каждой шахты осуществляются наблюдения на исходной стороне маркшейдерской опорной сети на поверхности, то дирекционный угол ориентируемой стороны вычисляют по формуле

$$\alpha = \Gamma + \delta_m - \delta_\gamma, \quad (\text{VII.66})$$

а поправку гирокомпаса δ_m — по формуле

$$\delta_m = \alpha_0 - \Gamma_0, \quad (\text{VII.67})$$

где δ_m — местная поправка гирокомпаса; δ_γ — разность плоских сближений меридианов в точках установки прибора на поверхности и в горных выработках.

Величина δ_γ (в секундах) может быть вычислена по приближенной формуле

$$\delta_\gamma = \mu (y_0 - y), \quad (\text{VII.68})$$

где y_0 и y — ординаты точек I и III, км; μ — коэффициент, зависящий от широты φ места производства ориентирования, "/км.

$$\mu = 32,3 \operatorname{tg} \varphi. \quad (\text{VII.69})$$

Производство гироскопического ориентирования. Для определения гироскопического азимута исходной или ориентируемой стороны гирокомпас устанавливают непосредственно на пунктах маркшейдерской сети. В подземных условиях при невозможности выполнения этого условия точки установки гирокомпаса выбираются таким образом, чтобы они не мешали производству основных работ и обеспечивали удобство наблюдений. Допускается установка гирокомпаса вблизи пунктов, но не ближе чем в 30 м. В полигоне примыкания на земной поверхности углы должны измеряться в соответствии с требованиями, предъявляемыми для полигонометрии I разряда, а в подземных условиях так же, как в подземных полигонометрических ходах.

В случае применения гироскопического способа ориентирования подземных опорных сетей можно выполнять собственно ориентирование (определение дирекционного угла одной стороны) или совместное ориентирование (определение дирекционных углов нескольких сторон съемки).

Гироскопический азимут исходной и каждой из ориентируемых сторон определяется независимо дважды. При ориентировании одной стороны подземной съемки гироскопический азимут определяют с двух точек установки гирокомпаса. При ориентировании нескольких сторон допускается второе определение гироскопического азимута ориентируемой стороны с той же точки, но только с повторным центрированием прибора. Определение гироскопического азимута исходной стороны рекомендуется выполнять независимо дважды — перед спуском в шахту и после определения гироскопического азимута ориентируемых сторон. Расхождение между двумя независимыми определениями гироскопического ази-

мута одной и той же стороны не должно превышать 2'. За окончательное значение гироскопического азимута стороны принимают среднее арифметическое из двух определений.

На практике определение гироскопического азимута состоит из следующих этапов:

- а) подготовки гирокомпаса к работе;
- б) определения места нуля подвеса;
- в) приблизительного ориентирования чувствительного элемента на север;
- г) определения положения равновесия ЧЭ;
- д) измерения примычных углов на исходную и ориентируемую стороны;
- е) вычисления гироскопического азимута стороны и оценки точности выполненных измерений;
- ж) подготовки прибора к транспортировке.

После установки гирокомпаса на точке приблизительно ориентируют ЧЭ на север, нивелируют прибор и производят его включение. После того, как гиromотор разгонится, выполняют наблюдения 4—6 точек реверсии (см. рис. VII.23) и берут отсчеты N_1, N_2, \dots, N_i по лимбу гирокомпаса. После этого можно вычислить отсчет по лимбу N_0 , соответствующий положению равновесия ЧЭ. Примычное направление N на один из пунктов исходной или ориентируемой стороны или на промежуточную точку измеряют дважды при двух положениях вертикального круга в начале и в конце пуска. Расхождение между двумя измерениями не должно превышать 30". Среднее из результатов двух измерений принимается за окончательное направление.

Гироскопический азимут в общем случае может быть вычислен по формуле

$$\Gamma = N - N_0 + \varepsilon. \quad (\text{VII.70})$$

Если гирокомпас установлен на промежуточной точке и измерены левые по ходу примычные углы β_i , то гироскопический азимут вычисляется по формуле

$$\Gamma = N - N_0 + \varepsilon + \sum \beta_i \pm n180^\circ, \quad (\text{VII.71})$$

где ε — поправка за закручивание торсиона и подвеса (для гирокомпасов с центрированием на шпилье $\varepsilon = 0$); $\sum \beta_i$ — сумма углов в полигоне примыкания; n — число измеренных углов.

Для оценки точности гироскопического ориентирования можно использовать формулу

$$M_\alpha = \pm \frac{1}{2} \sqrt{M_{\Gamma_0}^2 + M_\Gamma^2}, \quad (\text{VII.72})$$

где M_α — погрешность определения дирекционного угла ориентируемой стороны; M_{Γ_0}, M_Γ — погрешность определения гироскопических азимутов исходной и ориентируемой сторон.

Так как определение гироскопических азимутов на поверхности и в шахте производится по одной и той же методике, то можно

принять $M_{\Gamma_0} = M_{\Gamma}$. Предрасчет ожидаемой погрешности можно произвести, используя погрешности непосредственно измеренных величин

$$M_{\alpha} = \pm \sqrt{m_{\beta}^2 + m_N^2 + m_0^2 + M^2}, \quad (\text{VII.73})$$

где m_{β} — погрешность примычного угла; m_N — погрешность примычного направления; m_0 — погрешность положения равновесия ЧЭ в пуске; M — погрешность положения равновесия от пуска к пуску.

Ниже приведен пример определения гироскопического азимута при ориентировании одной стороны съемки с указанием последовательности производства наблюдений и вычислений.

Журнал наблюдений при гироскопическом ориентировании сторон маркшейдерской опорной и съемочной сети гирокомпасом МВТ2

Пуск № 131

Точка установки А
Точка визирования В
Включ. 12 ч. 59 мин.

Наблюдатель Семенов А. И.
Дата 17 июля 1979 г.

Угол приведения
15 мин

Выключ. 13 ч. 14 мин.

Начальный отсчет $46^{\circ}. 15'$
Конечный отсчет 31° .

1. Определение положения равновесия колебаний ЧЭ (табл. VII.9).

Т а б л и ц а VII.9

№ точки реверсии	Время			Положение равновесия ЧЭ						Место нуля подвеса		
	ч	мин	с	отсчеты N_1, N_2, N_3, N_4			промежуточные средние N'_0, N''_0			отсчеты $n_1, n_2, n_3, n_4,$ делений	промежуточные средние $n'_0, n''_0,$ делений	
				°	'	"	°	'	"			
1	13	02	30	18	16	36				21,2		
2	13	05	30	20	22	12	19	19	27	69,7	45,7	
3	13	08	30	18	16	48	19	19	21	22,2	45,9	
4	13	11	30	20	21	36				69,5		
								$N_0 = 19$	19	24		$n_0 = 45,8$

2. Измерение примычного направления (табл. VII.10).

Т а б л и ц а VII.10

N'	°	'	''	N''	°	'	''	Примычное направление N = 4° 24' 10"	v = = 11,4 В
	4	24	12		4	23	54		
	4	24	24		4	24	12		
	4	24	18		4	24	03		

3. Вычисление поправки за закручивание торсиона и подвеса (табл. VII.11).

Т а б л и ц а VII.11

			°	'	''		°	'	''
n_0	45,8	N'_k	19	49	36	ψ_T	-0	03	38
n_k	50,0	N''_k	19	49	30	ψ_k	+0	30	09
$n_0 - n_k$	-4,2	N_k	19	49	33	$\psi_T + \psi_k$	+0	26	31
t	52''	N_0	19	19	24	D		20,2	
$\psi_T = -0^\circ 3' 38''$		ψ_k	+0	30	09	ε	+0	01	19

4. Определение гироскопического азимута (табл. VII.12).

Т а б л и ц а VII.12

	°	'	''
N	4	24	10
N_0	19	19	24
$N - N_0$	345	04	46
ε	+	1	19
Γ	345	06	05

Вычисления, приведенные в табл. VII.9—VII.12, производят по следующим формулам:

$$n'_0 = \frac{n_1 + 2n_2 + n_3}{4}; \quad n''_0 = \frac{n_2 + 2n_3 + n_4}{4}; \quad n_0 = \frac{n'_0 + n''_0}{2};$$

$$N'_0 = \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{4}; \quad N''_0 = \frac{N_2 + 2N_3 + N_4}{4}; \quad N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2};$$

$$\psi_T = (n_0 - n_k) t; \quad \psi_k = N_k - N_0; \quad \varepsilon = \frac{\psi_k + \psi_T}{D}; \quad \Gamma = N - N_0 + \varepsilon.$$

Последовательность вычисления дирекционного угла при гиро-скопическом ориентировании стороны подземной съемки приведена в табл. VII.13—VII.15.

1. Вычисление поправки гирокомпаса (табл. VII.13).
2. Вычисление разности сближения меридианов (табл. VII.14).
3. Вычисление дирекционного угла α (табл. VII.15).

Т а б л и ц а VII.13

Исходная сторона	Шахта «Северная»			
	130, 133			
	°	'	''	
Γ'_0	14	18	18	$\Gamma_0 = \frac{\Gamma'_0 + \Gamma''_0}{2};$ $\delta_M = \alpha_0 - \Gamma_0$
Γ''_0	14	18	42	
Γ_0	14	18	30	
α_0	14	48	45	
Γ_0	14	18	30	
δ_M	+0	30	15	

Т а б л и ц а VII.14

Пункты	Шахта «Северная»		
	+	-	
y_0	+	57,4	$\delta_\gamma = \mu (y_0 - y)$
y	+	58,1	
$y_0 - y$	-	0,7	
μ	-	36,5	
δ_γ	-	0' 26''	

Т а б л и ц а VII.15

Сторона	А — В			
	131, 132			
	°	'	''	
Пуски				$\Gamma = \frac{\Gamma' + \Gamma''}{2};$ $\alpha = \Gamma + \delta_M + \delta_\gamma;$ $M_\alpha = \pm \frac{1}{2} \sqrt{M_{\Gamma_0}^2 + M_\Gamma^2};$ $M_{\Gamma_0} = \Gamma'_0 - \Gamma''_0;$ $M_\Gamma = \Gamma' - \Gamma''$
Γ'	345	06	55	
Γ''	345	06	05	
Γ	345	06	30	
δ_M	+0	30	15	
$\Gamma + \delta_M$	345	36	45	
δ_γ	-	0	26	
α	345	36	19	
M_α	±	0	28	

§ 34. Передача высотной отметки в шахту

Ориентирование горных выработок обеспечивает связь поверхности с горными выработками в плане, что недостаточно для решения многих горнотехнических задач. Необходимым условием пространственной увязки является надежная связь поверхности с выработками и по высоте.

Эта задача решается вертикальной соединительной съемкой, имеющей второе название — передача высотной отметки.

Исходными данными являются высотные отметки реперов на поверхности, расположенные в пределах горного отвода и определяемые геометрическим нивелированием от ближайших реперов или марок Государственной нивелирной сети.

Вблизи устья ствола или выхода наклонной выработки на поверхность закладывают репер R_n , на который от исходного репера передают высотную отметку.

В околоствольном дворе закладывают не менее двух исходных реперов $R_{ш}$ в выработках или фундаментах стационарных установок (в местах, где будет обеспечена их сохранность).

При передаче высотной отметки по горизонтальным и наклонным выработкам при углах наклона менее 5° задача решается геометрическим нивелированием, при более крутых выработках — тригонометрическим.

Контроль проведения нивелировок производится прокладкой замкнутых или двойных ходов.

Передача высотной отметки должна осуществляться дважды. Разность высот из двух независимых способов не должна превышать:

при передаче через вертикальный ствол $\Delta h = (10 + 0,2H)$, мм;

при передаче по горизонтальным выработкам

$$\Delta h = \pm 50 \sqrt{L}, \text{ мм};$$

при передаче по наклонным выработкам

$$\Delta h = \pm 10 \sqrt{n_1 + n_2}, \text{ мм}.$$

Здесь приняты следующие обозначения: H — глубина ствола, м; n_1 и n_2 — число сторон соответственно в прямом и обратном ходах тригонометрического нивелирования; L — длина хода геометрического нивелирования.

При передаче высотной отметки через вертикальный ствол применяют глубиномеры (длиномеры), длинные и короткие ленты, стальную проволоку.

Передача с длиномером ДА-2. Длинномер ДА-2 с помощью специального отсчетного приспособления позволяет измерять перемещение стальной проволоки, намотанной на барабан прибора.

В комплект прибора входят две специальные металлические рейки. Общая схема расположения оборудования при передаче высотной отметки приведена на рис. VII.27.

Длиномер устанавливают на верхней приемной площадке или на полке. В ствол опускают прикрепленные к концу проволоки прибора контрольную рейку и в виде груза груз-рейку. Спуск производят, пока нижняя рейка не установится на уровне визирного луча, установленного на поверхности нивелира. В этом положении берут отсчеты по шкале груз-рейки и по рейке, установленной на исходном репере, снимают отсчет N_n по отсчетному приспособлению прибора, перемещают рейки ниже до пересечения с лучом визирования контрольной рейки и повторяют отсчеты. Затем осторожно опускают рейки в ствол до положения, при котором с помощью установленного нивелира можно брать отсчет по груз-рейке. При установившемся положении груз-рейки снимают три отсчета: по груз-рейке, рейке на репере и по отсчетному приспособлению прибора. Приведенный цикл замеров повторяют при спуске до горизонта нивелира контрольной рейки.

Отметку $R_{ш}$ вычисляют по формуле

$$z_{R_{ш}} = z_{R_n} + a_2 + (N_{ш} - n_{ш}) - (N_n - n_n) - a_1, \quad (\text{VII.74})$$

где z_{R_n} — высотная отметка репера на поверхности; N_n — отсчет по прибору при положении груз-рейки на поверхности; $N_{ш}$ — то же, при положении груз-рейки в шахте; $n_{ш}$ и n_n — отсчеты по груз-рейке соответственно в шахте и на поверхности; a_2 и a_1 — отсчеты по рейкам на реперах соответственно в шахте и на поверхности.

В вычисленное превышение вводят поправки:

$$\Delta z_h = \Delta z_d + \Delta z_k + \Delta z_t + \Delta z_t + \dots,$$

где Δz_h — поправка за диаметр проволоки;

$$\Delta z_d = (N_{ш} - N_n) d\pi, \quad (\text{VII.75})$$

где d — диаметр проволоки; Δz_k — поправка за компарирование мерного диска;

$$\Delta z_k = (N_{ш} - N_n) (l - l_0), \quad (\text{VII.76})$$

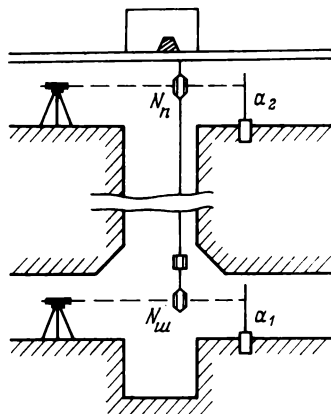


Рис. VII. 27. Схема передачи высотной отметки длиномером ДА-2

где l — действительная длина окружности диска; l_0 — длина, для которой установлен счетный механизм прибора; Δz_t — поправка за температуру измерения;

$$\Delta z_t = \alpha (N_{ш} - N_n) (t_n - t_0), \quad (\text{VII.77})$$

где $\alpha = 0,00001$ — коэффициент линейного расширения диска; t_n — температура прибора при измерении; t_0 — то же, при компарировании.

Для контроля отметку R_n вычисляют также при взятии отсчетов по контрольной рейке. За окончательный результат принимают среднее значение $R_{ш}$.

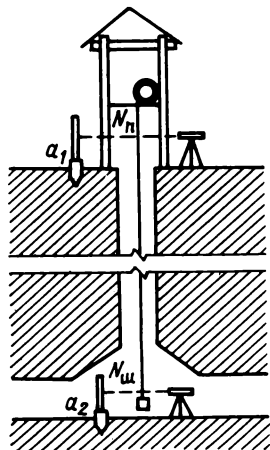


Рис. VII.28. Схема передачи высотной отметки при помощи длинной ленты

Передача высотной отметки с помощью длинной ленты. Этот способ, как и передача с помощью дальномера ДА-2, является наиболее производительным и при выполнении требований Технической инструкции обеспечивает необходимую точность передачи z .

Для передачи отметки используют длинные шахтные ленты, длина которых достигает до 1000 м. Эти ленты имеют оцифрованные отметки (через 1 м). Общая схема и организация работ такие же, как и при использовании дальномера ДА-2 (рис. VII.28).

Намотанную на лебедку ленту закрепляют на специально оборудованном полке. В ствол опускают ленту, на конце которой укрепляют небольшой (до 5 кгс) груз. В шахте легкий груз заменяют рабочим, масса которого примерно равна массе компарирования ленты. После успокоения груза берут следующие отсчеты. На поверхности с помощью нивелира берут отсчет по рейке на репере R_n и отсчет по ленте. Перед взятием отсчета к ленте прикладывают миллиметровую линейку, совмещая нуль с ближайшим делением ленты. При определении отсчета учитывают направление возрастания делений ленты. В околоствольном дворе также с помощью нивелира снимают отсчеты по рейке на репере и с помощью миллиметровой линейки — по ленте. При определении отсчетов по ленте возможен второй путь: установка по линии визирования нивелиров на ленте специальных фиксаторов с последующим замером от фиксаторов до ближайших делений ленты.

Без учета поправок отметка z репера в шахте определяется по формуле

$$z_{R_{ш}} = z_{R_n} + a_1 - (N_n - N_{ш}) - a_2, \quad (\text{VII.78})$$

где z_{R_n} — отметка репера на поверхности; a_1 — отсчет по рейке на поверхности; a_2 — отсчет по рейке в шахте; N_n — $N_{ш}$ — раз-

ность отсчетов по ленте, определенных на поверхности и в шахте.

При вычислении $z_{R_{III}}$ вводят поправку за растяжение Δz

$$\Delta z = \Delta z_p + \Delta z_{p_1} + \Delta z_t + \Delta z_k, \quad (\text{VII.79})$$

где Δz_p — поправка за растяжение от подвешенного груза;

Δz_k — поправка за компарирование (принимается по паспорту ленты или по результатам компарирования).

$$\Delta z_p = \frac{H(P - P_0)}{EF}, \quad (\text{VII.80})$$

где H — глубина шахтного ствола, м; P — масса груза при измерении, кг; P_0 — масса груза при компарировании, кг; F — площадь сечения ленты, см²; E — модуль Юнга (для стальной ленты $E = 2 \cdot 10^6$ кгс/см²).

Из выражения (VII.80) следует, что поправка не зависит от площади сечения ленты.

Поправка за температуру

$$\Delta z_t = \alpha H(t - t_0), \quad (\text{VII.81})$$

где $\alpha = 0,00001$ — температурный коэффициент расширения стали; $t - t_0$ — разность температур измерения t и компарирования t_0 .

Передача отметки с помощью стальной проволоки. При отсутствии длиномера ДА-2 и длинной ленты передача высотной отметки может быть с высокой точностью выполнена с помощью длинной стальной проволоки. Схема передачи отметки z приведена на рис. VII.29.

Отличительной особенностью оборудования при этом методе является наличие специального компаратора, который позволяет с высокой точностью замерять отрезок проволоки между двумя марками, закрепленными на уровне горизонтов нивелиров, установленных на поверхности и в шахте.

Перед проведением непосредственных замеров выполняют следующие подготовительные работы. На полке устанавливают направляющий блок, а вблизи копра — компаратор, состоящий из нескольких гладких досок. С помощью системы блоков проволока пропускается вблизи поверхности компаратора. В конце компаратора устанавливают лебедку. На настиле вдоль проволоки натягивают компарированную 10 или 20-метровую ленту (TT') с миллиметровыми делениями. На проволоке опускают небольшой груз, который в шахте заменяют рабочим грузом массой 10—15 кг. На поверхности и в шахте устанавливают нивелиры.

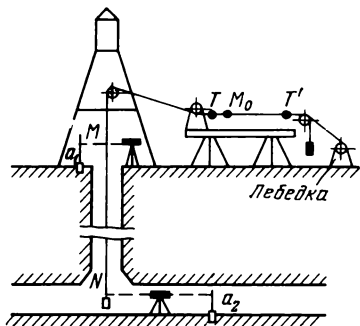


Рис. VII.29. Схема передачи высотной отметки с помощью проволоки

В дальнейшем работы выполняют в такой последовательности.

Устанавливают нивелиры и с их помощью берут отсчеты по рейкам a_1 и a_2 . На проволоке закрепляют специальные фиксаторы (рис. VII.30), горизонтальные штрихи которых располагают на уровне горизонтов инструментов (см. рис. VII.29, точки M и N).

Для определения отрезка проволоки MN между закрепленными фиксаторами на проволоке около конца компаратора T ставят фиксатор M_0 и одновременно с установкой фиксаторов M и N по ленте компаратора берут отсчет h_0 , равный расстоянию от нуля компаратора до точки M_0 . Затем с помощью лебедки начинают

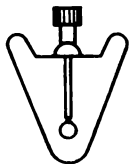
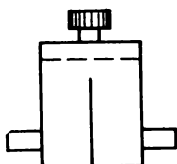


Рис. VII.30. Фиксаторы

медленно поднимать отвес до совмещения фиксатора M_0 с нулем ленты компаратора. В этом положении закрепляют первый промежуточный фиксатор. Берут отсчеты против фиксатора M_0 (h'_0) и против первого фиксатора (h_1). Затем продвигают проволоку дальше до помещения первого фиксатора вблизи правого конца

компаратора и в этом положении снова берут два отсчета h'_1 и h_2 . Такие измерения продолжают до тех пор, пока фиксатор N не попадет в поле зрения установленного на поверхности нивелира. При выполнении указанного условия берут по компаратору последний отсчет. На уровне горизонтальной нити сетки нитей нивелира устанавливают на проволоке дополнительную метку, от которой до штриха фиксатора N миллиметровой линейкой измеряют расстояние l . Длина отрезка проволоки между фиксаторами MN

$$\Delta h = (h_0 - h'_0) + (h_1 - h'_1) + \dots + (h_n - h'_n) \pm l. \quad (\text{VII.82})$$

Отрезок l берут со знаком плюс при расположении фиксатора ниже, а минус — выше горизонтальной нити нивелира.

Отметку репера в шахте вычисляют по формуле

$$z_{\text{ш}} = z_{\text{п}} + a_1 - \Delta h + a_2 + \Delta h_t + \Delta h_{\text{к}},$$

где Δh_t — поправка за температуру [определяется по формуле (VII.82)]; $\Delta h_{\text{к}}$ — поправка за компарирование рулетки (берут по паспорту рулетки).

Как показывают исследования, поправка за растяжение проволоки от собственной массы незначительна и поэтому не учитывается при передаче высотной отметки.

Передача высотной отметки с помощью металлической рулетки применяется для неглубоких шахт (до 50 м) и выполняется по схеме передачи длинной лентой.

При передаче высотной отметки выполняется комплекс требований (с учетом особенностей работ), как и при ориентировании через один вертикальный ствол. Подготовительные работы и измерения выполняются двумя бригадами, одна из которых работает на поверхности, а другая — в шахте.

Согласно Технической инструкции передача координаты z проводится дважды. Расхождение между двумя независимыми определениями отметки репера в шахте не должно превышать величины, определяемой по формуле

$$\Delta z = 0,01 + 0,0002H, \quad (\text{VII.83})$$

где H — глубина ствола, м.

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

§ 35. Задание направления горным выработкам

При проведении горизонтальных и наклонных горных выработок маркшейдер выполняет следующие виды работ: указывает место положения начала горной выработки и задает направление выработке, контролирует ее проектное положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, проверяет габариты и соответствие крепи выработки паспорту крепления, осуществляет фактическую съемку выработок и составляет исполнительную графическую документацию, информирует горный надзор участка письменной записью в специальной книге маркшейдерского контроля о задании направления горной выработки с указанием зарисовки и пояснительного текста.

В зависимости от назначения горной выработки задание направления для нее выполняют с большей или меньшей точностью, используя при этом теодолит и нивелир или подвесную буссоль. Задание направления выработки осуществляют в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Задание направления выработки в горизонтальной плоскости. Направление выработки только в горизонтальной плоскости задают тогда, когда выработку проходят по простиранию пласта или когда направление выработки не связано с направлением простирания пласта (квершлагги, полевые штреки, орты и т. д.).

Для проведения выработки необходимо указать в шахте место ее начала и направление проходки. Исходные данные для указания места начала выработки и задания ее направления определяют графическим способом по проектным чертежам. В особо ответственных случаях эти данные определяют аналитическим способом, используя при этом координаты точек подземной теодолитной съемки.

При графическом способе на плане (рис. VIII.1) транспортом измеряют углы β_1 и β_2 с помощью масштабной линейки — расстояние от маркшейдерской точки 15 до начальной точки направления А. Полученные значения углов β_1 и β_2 , а также горизонтальное расстояние от точки 15 до точки А переносят в натуру с помощью теодолита и рулетки.

При аналитическом способе координаты положения точки А определяют по плану и выносятся в натуру с помощью теодолита и рулетки из точки 15. Затем вычисляют координаты точки А и

дирекционный угол направления $A3$. Для задания горизонтального направления по известным дирекционным углам стороны теодолитного хода ($A15$) и ($A3$) вычисляют угол β_2 из выражения

$$\beta_2 = (A3) - (A15).$$

Затем устанавливают теодолит в точке 15 и откладывают угол β_2 . По направлению визирного луча отмеряют рулеткой от точки 15 расстояние l и закрепляют в кровле выработки маркшейдерскую точку A . Теодолит устанавливают в точке A , откладывают угол β_2 , соответствующий углу направления горной выработки, и закрепляют направление визирного луча не менее чем тремя временными точками $1, 2$ и 3 , в которых подвешивают отвесы. Расстояния

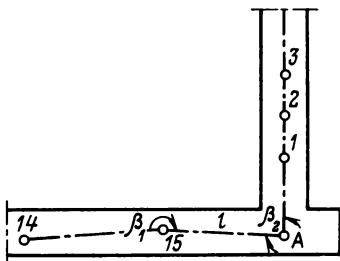


Рис. VIII.1. Задание горизонтального направления выработки

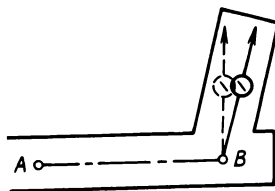


Рис. VIII.2. Задание направления выработки подвесной буссолью

между этими отвесами должны быть в пределах от 1 до 3 м. Если расстояние теодолита до забоя выработки, которой задается направление, окажется меньше предела визирования теодолита, то следует задавать направление невооруженным глазом, используя в этом случае визирное приспособление трубы теодолита. Отвесы, опущенные с закрепленных точек, образуют створ, которым проходчики обязаны пользоваться для определения направления выработки при проходке.

В зависимости от местных условий маркшейдерские точки направления закрепляют по оси выработки или параллельно ей, смещенной к одной из стенок выработки. В любом случае указывается расстояние (размер скоб) по кровле выработки перпендикулярно заданному направлению от закрепленных отвесов до стенок выработки l_1 и l_2 . Маркшейдер составляет для проходчиков эскиз в крупном масштабе, на котором указывает положение отвесов и размер скоб l_1 и l_2 . Отвесы следует переносить по мере подвигания забоя выработки. При небольшом удалении забоя от начальной точки (до 15 м) отвесы можно переносить путем провешивания линии по створу отвесов на глаз. При увеличении расстояния до 50 м отвесы переносят провешиванием линии по створу отвесов с помощью теодолита, установленного в точке A .

Горизонтальное направление выработки, имеющей второстепенное значение, может быть задано с помощью подвесной бус-

соли. Для этого план горных работ ориентируют по магнитному меридиану и прочерчивают направление проектируемой выработки от маркшейдерской точки B , расположенной вблизи этой выработки. Затем на плане с помощью горного компаса, приложенного к прочерченной линии, определяют магнитный азимут направления горной выработки. Далее маркшейдер опускается в шахту, прикрепляет шнур к маркшейдерской точке B (рис. VIII.2) и натягивает его примерно по заданному направлению. Затем подвешивает на шнур буссоль и перемещает свободный конец натянутого шнура в горизонтальной плоскости до тех пор, пока северный конец стрелки буссоли не совпадет с делением на кольце буссоли, равным значению азимута заданного направления. В этом положении закрепляют шнур, а вдоль шнура — два отвеса для создания линии створа направления.

Задание направления выработки в вертикальной плоскости. Направление выработки в вертикальной плоскости задают в соответствии с проектным уклоном, который выражается отношением

$$\frac{H_1 - H_2}{l},$$

где H_1 и H_2 — высотные отметки крайних точек участка выработки длиной l , пройденного с равномерным понижением или повышением.

Направление выработки в вертикальной плоскости обозначают осевыми или боковыми реперами, закладываемыми по мере проведения выработки.

При задании направления выработки в вертикальной плоскости с углом наклона до 5° используют нивелир, с помощью которого закладывают стенные (боковые) реперы на расстоянии 1—1,5 м от проектного положения почвы выработки или головки рельсов в одной параллельной плоскости с уклоном, равным проектному уклону выработки. Например, для задания направления в вертикальной плоскости на высоте d от головки рельсов в стенке выработки закрепляют репер R_1 и нивелированием от исходного репера R_0 , отметка которого H_0 известна (рис. VIII.3, а), определяют его абсолютную отметку H_1 . Затем на расстоянии 5—6 м от репера R_1 закрепляют на этой же стенке выработки точку A на горизонте визирного луча нивелира, а по рейке, установленной на репере R_1 , берут отсчет a . По известному расстоянию l между репером R_1 и точкой A по заданному уклону i вычисляют превышение $h = il$.

Отложив от точки A по вертикали размер, равный $a + h$, определяют положение репера R_2 , отметка которого будет $H_2 = H_1 - h$.

Для задания направления уклона выработки между соответствующими парами реперов поперек выработки натягивают шнуры. Плоскость, проходящая через все шнуры, обозначит в натуре про-

ектный уклон и будет отстоять от проектного положения головки рельсов на расстоянии d .

При углах наклона выработки свыше 5° задание направления осуществляют с помощью теодолита (рис. VIII.3, б). Для этого теодолит устанавливают под маркшейдерской точкой или над репером, высотная отметка которого известна. Затем трубу теодолита ориентируют по направлению оси выработки и на вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают угол δ_1 , соответствующий проектному углу наклона выработки, а направление визирного луча фиксируют верхней головкой отвеса на створных точках. Таким образом, линия, проходящая через верх головки каж-

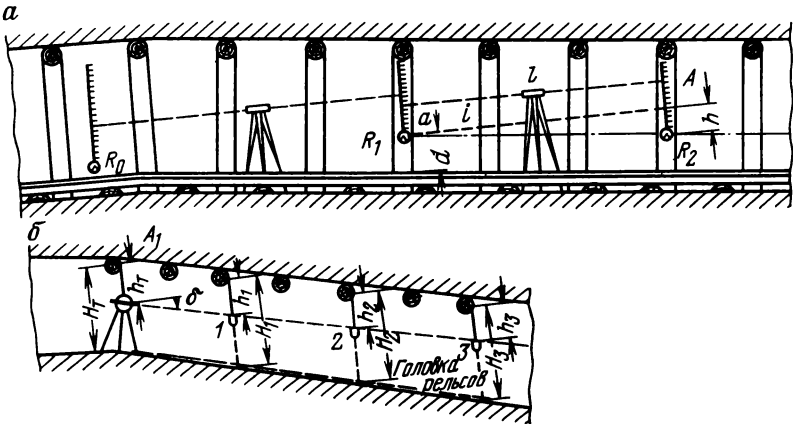


Рис. VIII.3. Задание уклона выработки:

а — боковыми реперами; б — осевыми реперами

дого отвеса, обозначит в натуре проектный уклон выработки. Так как в процессе проходки выработки отвесы должны убираться, а при необходимости снова опускаться, то производят измерение расстояния от точки подвеса до верха головки отвеса. Результаты измерения заносят в журнал теодолитной съемки. Эти отвесы могут быть использованы и для задания направления горной выработки в горизонтальной плоскости.

Задание направления проходческим щитам и комбайнам. В Советском Союзе создана серия приборов с использованием указателей направления с обычными источниками света. Среди них указатель направления световой УНС, малогабаритный взрывобезопасный световой указатель МСУ, световые отвесы СО-1, СО-2, СО-3. В последнее время находит широкое использование серия лазерных указателей направления: ЛВ-1, ЛВ-2, ЛВ-5, ЛУН-1, ЛУН-3 и многие другие, которые помимо решения задач задания направления при проходке подземных горных выработок применяются при задании и контроле отметок рабочих площадок, контроле прямолинейности и вертикальности сооружений, монтаже

промышленных и жилых зданий, башенных шахтных копров, теле- и радиобашен, контроле створа при прокладке водопроводных, канализационных и газовых трубопроводов, рытье траншей, строительстве дорог.

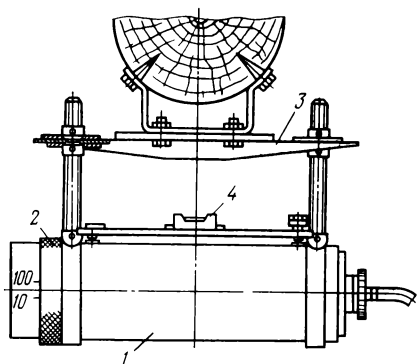


Рис. VIII.4. Указатель направления световой УНС-2

Указатель направления световой УНС-2 (рис. VIII.4), разработанный во ВНИМИ, представляет собой проекционный прибор, состоящий из оптической трубы 1, внутри которой размещены объектив, диафрагма с крестообразной щелью, электролампа и конденсатор; кольца 2 для фокусирования объектива; установочной доски 3 для крепления УНС-2 к верхнякам крепи и накладного уровня 4. Указание

направления осуществляется проектированием на забой яркого светового знака в виде двух перекрещивающихся световых полос.

В рабочем положении прибор крепится к верхняку крепи выработки на расстоянии 10—12 м от забоя и ориентируется по трем маркшейдерским точкам, которые предварительно выносятся с помощью теодолита. По одной из этих точек прибор центрируется, а по двум другим направляется с помощью светового луча. Угол наклона задается с помощью накладного уровня прибора. По мере подвигания забоя прибор переносят через каждые 70—100 м в зависимости от видимости светового знака.

При проведении выработки комбайном световой указатель УНС-2 закрепляют в 10 м от машины так, чтобы его ось была параллельна оси выработки и совпадала с осью экрано-линзового устройства, закрепленного на комбайне. Специальное экрано-линзовое ориентирное устройство состоит из плоского экрана в передней части машины, и двояковыпуклой линзы, прикрепляемой к задней части машины. Фокусное расстояние линзы должно быть равно расстоянию между экраном и линзой. На лицевую сторону экрана, покрытую белой краской, наносят горизонтальный и вертикальный штрихи. При закреплении экрано-линзового устройства на машине его линия, соединяющая центр линзы с перекрестием штрихов экрана, должна быть параллельна про-

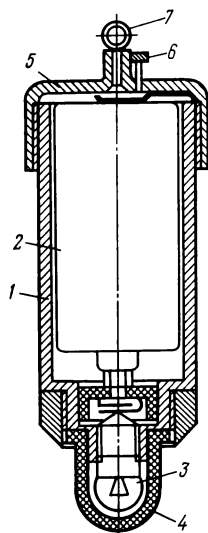


Рис. VIII.5. Разрез светящегося отвеса

дольной оси машины. Если при проходке на экране машины перекрестие экрана, яркий световой кружок и перекрестие световой марки совпадают, то машина идет по заданному направлению. При задании направления выработке в вертикальной плоскости прибором УНС используют накладной уровень, расположенный на кожухе оптической трубы, с помощью которого устанавливают ось УНС по заданному уклону или подъему с точностью $\pm 0,001$.

Световой отвес ОС-1 (рис. VIII.5). Для указания направления применяют электрифицированные проходческие отвесы

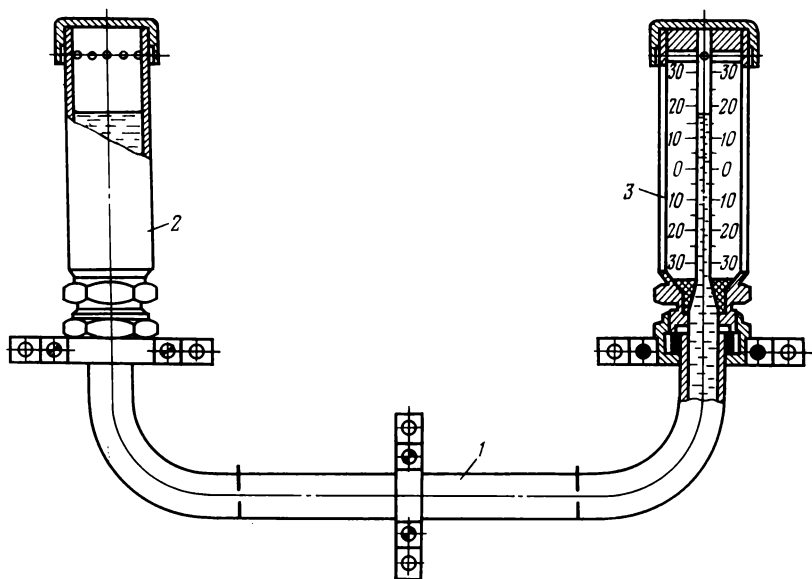


Рис. VIII.6. Уклономер УСС

типа ОС-1 в виде фонарика. В цилиндрическом корпусе 1 помещен сухой элемент 2, а с нижней стороны корпуса — электролампочка 3, закрытая прозрачным колпачком красного или зеленого цвета. В верхней части корпуса находится хвостовик 5 с выключателем 6 и ушком для подвески его на шнуре 7.

При задании направления отвесы вывешивают в створе заданного направления и регулируют их подвеску так, чтобы линия электролампочек располагалась под заданным уклоном или горизонтально. Для указания направления движения проходческой машины отвесы подвешивают на том же расстоянии от продольной оси выработки, что и визирное устройство на машине. Во время движения машины машинист постоянно следит за створностью отвесов и визирного устройства. Видимость светящегося отвеса невооруженным глазом в среднем составляет 60 м.

Уклономер УСС (рис. VIII.6). С помощью уклономера УСС, представляющего собой два сосуда, соединенных металличе-

ской трубкой 1, направляют проходческий щит или комбайн по заданному уклону. Для этого трубку уклономера прикрепляют к вертикальной перегородке проходческого комбайна, большой напорный сосуд 2 и малый сосуд 3 со шкалой прикрепляют соответственно к передней части машины у пульта управления. Затем заливают сосуды жидкостью и устанавливают уровень ее по шкале малого сосуда в зависимости от заданного уклона. Цена деления шкалы соответствует 0,005. При движении машины машинист постоянно следит за заданным значением отсчета по шкале прибора.

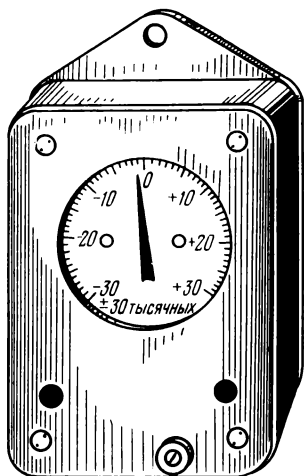


Рис. VIII.7. Уклономер УЦ

Уклономер УЦ (рис. VIII.7). Циферблатный уклономер УЦ используют при проведении выработок проходческими щитами по заданному уклону. Чувствительным элементом уклономера служит маятник, имеющий две степени свободы, который через двухступенчатую зубчатую передачу соединен со стрелкой, фиксирующей на циферблате величину наклона уклономера, прикрепленного к щиту. Машинист, наблюдая за положением стрелки, регулирует направление щита в вертикальной плоскости.

Автоматический стабилизатор уклона АСУ применяют для автоматического направления комбайнов и щитов по заданному уклону. Автоматическая стабилизация уклона во время движения комбайна достигается путем удержания оси вращения рабочего органа под определенным углом наклона к горизонту с помощью электрического датчика, ионного реле и электромагнитного сервопривода. Во время движения щита или комбайна электродатчик занимает положение, соответствующее заданному уклону. В случае отклонения машины от заданного уклона электродатчик подает сигнал ионному реле, который, срабатывая, включает анодную цепь. При этом сервопривод переводит золотник домкрата до такого положения, пока электродатчик не займет первоначального положения, а машина — заданного угла наклона.

Лазерные указатели направления серии ЛУН в настоящее время находят широкое применение при проходке горных выработок. В приборах этого типа вместо лампы накаливания установлен газовый лазер ЛГ-56 с блоком питания, а также имеется телескопическая система, уменьшающая угол расхождения светового пучка. Серия указателей направления ЛУН-1, ЛУН-3 (рис. VIII.8) разработана во ВНИМИ во взрыво-

безопасном исполнении и имеет приспособление для установки приборов на штативе и для крепления к шахтной крепи.

Лазерные указатели направления серии УНЛ, разработанные в ВЮГЕМе, предназначены для задания направления при обычных способах проходки горных выработок и визуального определения положения проходческих щитов, горнопроходческих комбайнов относительно проектной оси. Лазерный указатель этой серии представляет собой светопроекционный прибор, источником света которого является серийно

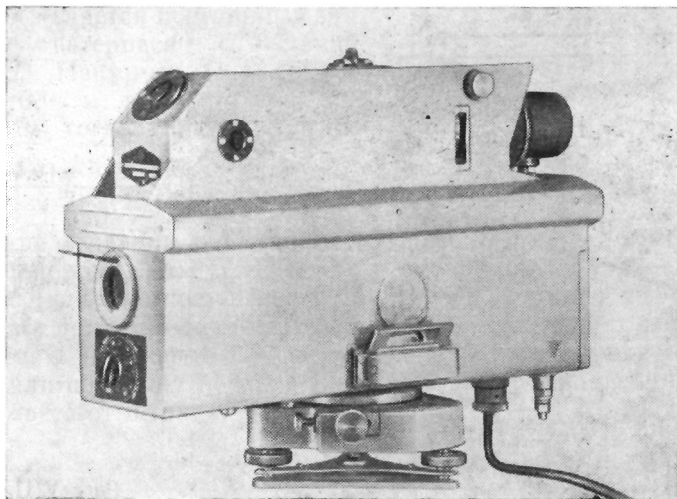


Рис. VIII.8. Лазерный указатель направления ЛНУ-3

выпускаемый лазер ЛГ-56. В комплект прибора, например УНЛ-1, входят излучатель, блок питания, штатив или подставка, экран. Излучатель состоит из ОКГ ЛГ56, коллиматора, отсчетной системы, трегера. Коллиматор снабжен устройством, имеющим специальную шкалу глубины резкости, которая позволяет фокусировать лазерный пучок на экране, расположенном на известном расстоянии. Блок питания СБП-6 смонтирован в отдельном корпусе, на лицевой панели которого размещены контрольные приборы. Подвеска — металлическая, штатив — деревянный или металлический раздвижной. Экран — обычно металлический с нанесенной на его поверхность координатной сеткой.

УНЛ-1 устанавливается на специальной подвеске, закрепленной на крепи свода выработки за технологической платформой щитового комплекса. Приемник луча (экран) устанавливается на щите в районе переднего опорного кольца выше горизонтальной перегородки. Луч указателя и экран при этом должны распола-

гаться на равном расстоянии от вертикальной плоскости, проходящей через проектную продольную ось тоннеля. Машинист щита при передвижке комплекса следит за тем, чтобы луч указателя находился на экране и имел заданные маркшейдером координаты. В случае отклонения щита от заданного направления (экран относительно луча будет смещен) машинист путем включения или выключения определенной группы домкратов при следующей передвижке добивается совмещения на экране точки с заданными координатами с лучом прибора УНЛ-1. Прибор УНЛ-2 в отличие от

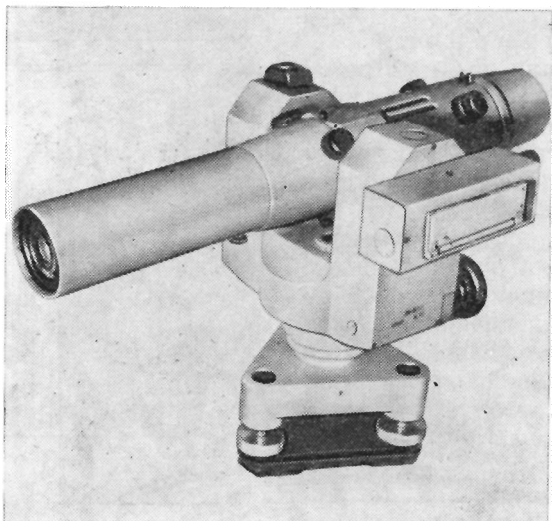


Рис. VIII.9. Лазерный визир ЛВ-5

УНЛ-1 снабжен дистанционным управлением, позволяющим на расстоянии включать и фокусировать прибор.

Л а з е р н ы й в и з и р ЛВ-5 (ЛВ-5М) (рис. VIII.9) предназначен для задания направления и контроля вождения горнопроходческих комбайнов, щитов и т. д. Кроме того, он может применяться для геодезических работ на строительных объектах, метрического и тригонометрического нивелирования, задания вертикальных и горизонтальных углов. Диапазон измерения вертикальных углов $\pm 10^\circ$. Прибор обеспечивает нормальную работу при температуре $\pm 30 - 40^\circ \text{C}$, влажности воздуха до 80% и атмосферном давлении 760 ± 100 мм рт. ст. Дальность действия прибора — свыше 200 м. Диаметр луча в зависимости от расстояния увеличивается и составляет для расстояния 200 м 20 мм, 500 м — 50 мм, 1000 м — 100 мм и 2000 м — 200 мм.

Проходка выработок с соблюдением заданного уклона производится также с помощью шаблона с уровнями, отвесами или с подвижной шкалой. Наибольшее распространение на практике полу-

чил ватерпас с отвесом (рис. VIII.10), состоящий из двух взаимно перпендикулярных соединенных деревянных брусков — длинного 1 длиной 2 м и короткого 2; отвеса 3, подвешенного к гвоздю короткого бруска, штриха 5, который должен совпадать с отвесом при горизонтальном положении длинного бруска; металлической или деревянной «подушек» 4 и 6 различной высоты (соответственно H_1 и H_2) для обеспечения заданного уклона. Отношение $\frac{H_1 - H_2}{l}$ определяет величину заданного уклона и является постоянным для данного ватерпаса (l — длина бруска 1). Например, $H_1 = 0,03$ м и $H_2 = 0,02$ м, а длина бруска 1 равна 2 м, тогда уклон равен

$$\frac{0,03 - 0,02}{2} = 0,005.$$

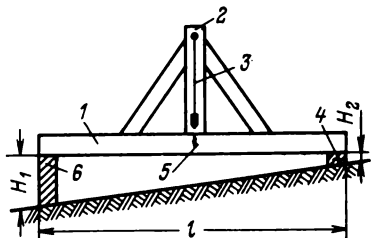


Рис. VIII.10. Ватерпас с отвесом

При пользовании ватерпасом предварительно очищают выработку от породы, кладут на почву ровную доску и ставят на нее ватерпас меньшей подушкой H_2 в сторону подъема выработки. Если отвес при этом совместится со штрихом, то проектный уклон соблюден, в противном случае необходимо будет произвести зачистку или подсыпку почвы в зависимости от направления отклонения отвеса от штриха.

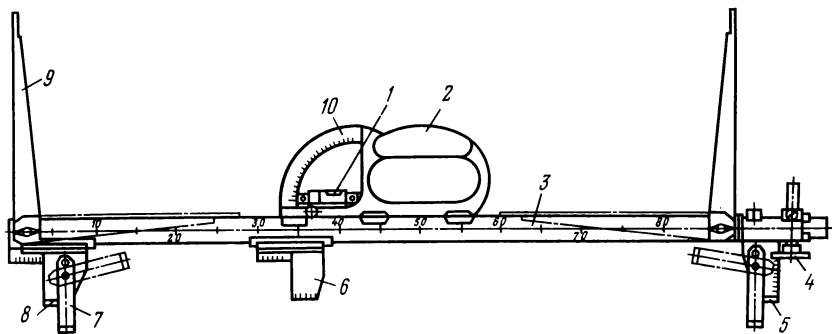


Рис. VIII.11. Проходческий шаблон ПШТ

Наиболее совершенным и удобным в работе при задании уклона и укладки путей по проектному уклону является проходческий шаблон ПШТ (рис. VIII.11), который состоит из трубчатой штанги 3, крайней 8 и средней 6 губок, откидной пружины 7, подвижной губки 5 с выдвигаемым упором 4, двух откидных визирных стоек 9, скобы 2 для переноски, квадрата 10 с градусной шкалой и уровня 1.

При настилке путей шаблон устанавливают на рельс губками 8 и 5 так, чтобы губка 5 была обращена в сторону подъема, и закрепляют его пружинами 7. Затем передний конец рельса перегибают в вертикальной плоскости до тех пор, пока пузырек уровня не займет среднее положение (предварительно уровень шаблона с помощью специального устройства устанавливают на проектный уклон пути).

Контроль правильности проведения выработки по заданному уклону осуществляют путем геометрического нивелирования 2 разряда по уложенному рельсовому пути или с помощью автомата-профилографа ВНИМИ.

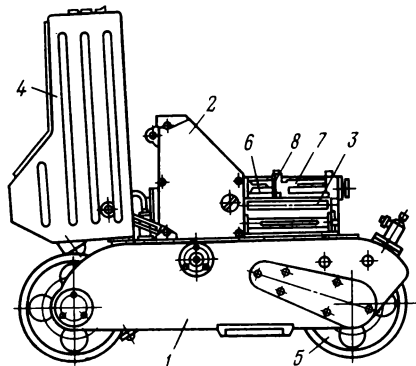


Рис. VIII.12. Автомат-профилограф:
1 — тележка; 2 — счетный механизм; 3 — лентопротяжный механизм; 4 — кожух;
5 — колесо; 6 — ходовой винт; 7 — гайка;
8 — карандаш

Геометрическое нивелирование 2 разряда ведется по пикетам через 10—20 м, при этом рейки устанавливаются на головке шахтных рельсов. Нивелирные ходы 2 разряда должны опираться на пункты нивелирования 1 разряда. Допустимая невязка хода при этом не должна превышать $30\sqrt{L}$, мм. По результатам нивелирования рельсов вычерчивают профиль выработки, по которому определяют места выемки или подсыпки почвы с тем, чтобы выдержать проектный уклон.

Автоматическое нивелирование осуществляют профилографом конструкции ВНИМИ (рис. VIII.12), представляющим собой тележку со счетным и лентопротяжным механизмами. Измерение и передача на ленту углов наклона пути производится с помощью маятника, который при наклоне тележки, оставаясь в отвесном положении, смещает ведомый диск фрикциона. Далее смещение передается карандашу, который на движущейся ленте вычерчивает профиль пути в горизонтальном масштабе 1 : 1000 и вертикальном 1 : 50.

Важное значение имеет контроль за соблюдением проектных сечений, особенно откаточных выработок, так как занижение сечений может привести к уменьшению допустимых зазоров между габаритами подвижного состава и контурами горной выработки. Это обстоятельство может послужить причиной аварий и несчастных случаев.

Для автоматической регистрации минимальных зазоров между габаритами подвижного состава и контурами горной выработки во ВНИМИ разработаны специальные зазормеры: механический АГ-1 и фотозлектрический ФЗ-1. Механический зазормер

(рис. VIII.13) выполнен во взрывобезопасном исполнении и состоит из тележки 1, телескопического устройства 4 с шарнирным рычагом 5, самописца 3 и цепи 2. При движении тележки зазор измеряется подвижным рычагом, поворот которого пропорционален измеряемому расстоянию. Движение рычага через тросик передается на подвижной рычаг самописца, механизм которого приводится в действие с помощью цепи от звездочки, надетой на ось пары ведущих колес тележки. Самописец фиксирует результаты измерений зазора иглой на ленте в масштабе 1 : 25 или

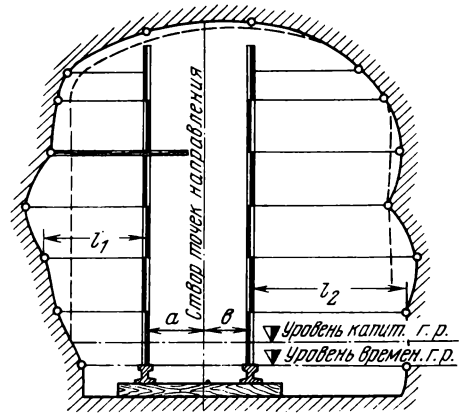
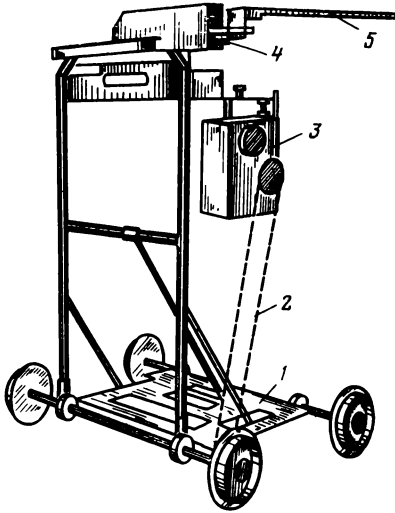


Рис. VIII.13. Зазормер АЗ-1

Рис. VIII.14. Съёмка сечения выработки двумя рейками

1 : 40. Точность измерения ± 2 см. Пределы регистрации расстояний от оси путей составляют 600—1860 мм.

Фотоэлектрический зазормер ФЗ-1, основанный на фотоэлектрическом принципе, может применяться только в шахтах не опасных по пыли или газу.

Контроль правильности проведения горных выработок осуществляют посредством замеров их поперечного сечения. В зависимости от формы поперечного сечения существует несколько способов проверки поперечных сечений выработок: легкими рейками; отвесами, перемещаемыми по шнуру вдоль стенки; полярным способом; способом линейных засечек; непосредственным измерением ширины и высоты выработки и др.

Способ съёмки сечений двумя легкими рейками (рис. VIII.14) в основном применяется при наличии в горной выработке временных путей. При этом от точки направления через 1—5 м производят разбивку пикетов на всем участке, подлежащем проверке. На каждом пикете по почве выработки

отмечают створ направления и от него измеряют расстояния a и b до головки рельсов, на которую устанавливают вертикальную рейку с дециметровыми делениями. Второй рейкой с сантиметровыми делениями через каждые 0,3—0,5 м снизу вверх измеряют расстояния l_1 и l_2 от вертикально установленной рейки до соответственно левой и правой стенок выработки. При этом вертикальную рейку устанавливают на каждом пикете левой и правой ниток откаточных путей. Результаты съемки наносят на поперечные сечения выработки в масштабе 1 : 20 или 1 : 50. Абсолютные отметки временной головки рельсов берут с профиля выработки.

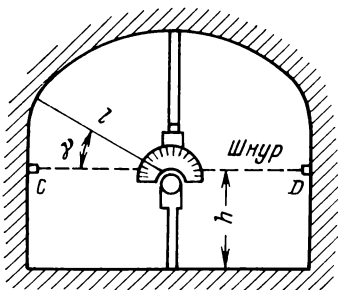


Рис. VIII.15. Съемка сечения выработки транспортом и рулеткой

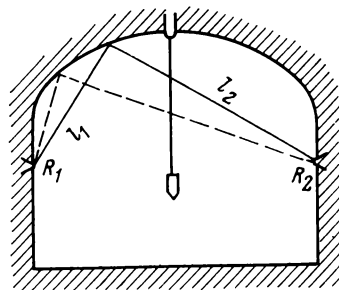
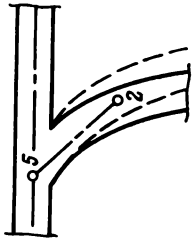


Рис. VIII.16. Съемка сечения выработки способом линейных засечек

Способ контроля передвижными ответами применяется в случаях проверки только контура стенок выработки. Для этого в своде выработки на расстоянии 15—20 см от фактического положения стенок выработки через каждые 30—40 м закрепляют кронштейны напротив точек теодолитного хода по правой и левой стенкам выработки. Затем между двумя смежными кронштейнами вдоль левой и правой стенок выработки натягивают шнуры, с которых опускают легкие отвесы. Перемещая отвесы по шнуру, измеряют расстояния от нити отвеса до стенки выработки по всей ее высоте. Результаты измеренных расстояний между точками теодолитного хода и кронштейнами, а также между отвесами и стенкой отработки заносят в полевой журнал для последующего построения сечений выработки в соответствующем масштабе.

П о л я р н ы й способ в основном используется для проверки сводовой части горной выработки с помощью транспорта и рулетки. Для этого по оси выработки или в створе точек заданного направления устанавливают распорную стойку, на которой с помощью муфты и зажима крепят транспортер и рулетку (рис. VIII.15). Затем рулеткой измеряют расстояния l от центра транспорта до характерных точек контура выработки и по транспортеру фиксируют каждый раз значение угла γ наклона рулетки в различных ее положениях. Зная высоту центра транспорта h и значения величин l и γ , на предварительно заготовленном про-

Т а б л и ц а VIII.1

Дата записей	Эскизы и пояснительный текст	Предполагаемые мероприятия по исправлению	Решение главного инженера	Отметка об исполнении
05.05.78	<p>Южный квершлаг</p>  <p>Квершлаг пройден на участке 5 м с отклонением от проектного положения на 0,6 м</p>	<p>Раскосить левую стенку и затянуть правую на участке 5 м Маркшейдер Иванов</p>	<p>Начальнику участка тов. Петрову произвести раскоску и забутовку квершлага согласно эскизу Главный инженер Сидоров</p>	<p>Распоряжение главного инженера выполнено 08.05.78 г. Маркшейдер Иванов</p>

ектном поперечном сечении выработки можно легко построить фактический контур. Отклонения в контурах не должны превышать величин, предусмотренных нормативными документами.

С п о с о б л и н е й н ы х з а с е ч е к заключается в измерении расстояний l_1 , l_2 и т. д. от съемочных точек или стенных реперов R_1 и R_2 (рис. VIII.16) до характерных точек фактического контура выработки. По полученным результатам измерений строят фактическое сечение выработки и совмещают его с проектным. Ре-

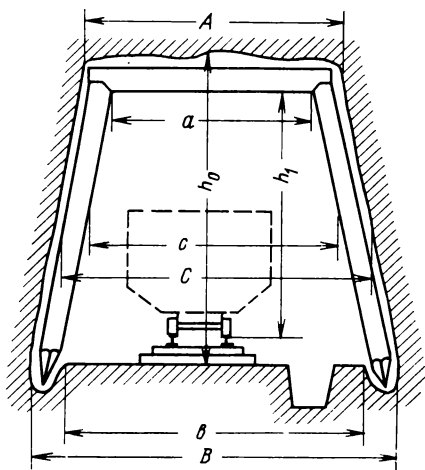


Рис. VIII.17. Съемка сечения выработки трапецидальной формы

зультаты сопоставления позволяют установить правильность проходки и крепления выработки.

С п о с о б н е п о с р е д с т в е н н о г о и з м е р е н и я применяется при проходке выработок трапецидального или прямоугольного поперечного сечения. Сечение выработки замеряют вчерне и в свету на закрепленных участках. При этом измеряют (рис. VIII.17) высоту h_0 от кровли до почвы выработки и h_1 от верхняка до головки рельсов; ширину A вчерне и ширину a в свету по верхняку; ширину C вчерне и c в свету на уровне верха вагонетки; ширину B вчерне и b в свету по почве выработки. Кроме того, измеряют расстояния между стойками и верхом вагонетки, крепью и стенками выработки, головкой рельсов и контактным проводом, глубину и ширину по верху и дну водосточной канавки и т. д.

Результаты маркшейдерского контроля проходки и крепления горных выработок, проверки направления, уклона и сечения заносятся в специальную книгу маркшейдерских указаний. В этой книге даются письменные пояснения с эскизами к отклонениям от проекта, которые установлены маркшейдером, предложения маркшейдера по устранению выявленных отклонений, решение главного инженера шахты по существу сделанных маркшейдером предложений. Об исполнении решения главного инженера маркшейдером в книге делается специальная отметка. Форма записи представлена в табл. VIII.1.

§ 36. Маркшейдерские работы при проведении выработок встречными забоями

Задание направления встречным забоям является ответственной задачей. В процессе проведения выработок встречными забоями маркшейдер должен с особой ответственностью отнестись

к производству своих работ с тем, чтобы исключить появление грубых погрешностей как в период маркшейдерских съемок, отдельных измерений, так и в процессе камеральных работ. Неправильное или недостаточно точное решение задачи может привести к расхождению забоев, что принесет серьезный материальный ущерб, замедление или остановку горных работ на отдельных участках шахты и другие отрицательные последствия. Поэтому маркшейдер должен предусмотреть такой порядок работ, который бы дублировал измерительные и вычислительные работы различными и независимыми способами.

Для каждой сбойки устанавливается предельная погрешность смыкания встречных забоев. Поэтому маркшейдер, исходя из этой погрешности, намечает тип маркшейдерских инструментов и методику измерений, а также производит предрасчет ожидаемой погрешности смыкания забоев, которая не должна превышать установленной величины.

Задачи маркшейдера при проведении выработок встречными забоями сводятся к выполнению следующих маркшейдерских работ:

1) составление схемы выработок и установление места смыкания забоев;

2) оценка точности смыкания забоев по ответственному направлению в точке предполагаемой встречи и сравнение ее с допустимым отклонением;

3) выбор инструментов и методики выполнения каждого вида маркшейдерских работ;

4) установление ожидаемой предельной погрешности (допуска) смыкания забоев;

5) производство маркшейдерских съемок в строгом соответствии с принятой в предрасчете методикой измерений;

6) вычисление горизонтальных углов, расстояний, отметок и других элементов для задания направления;

7) задание направления в натуре;

8) производство контрольных съемок с целью проверки соблюдения заданных направлений;

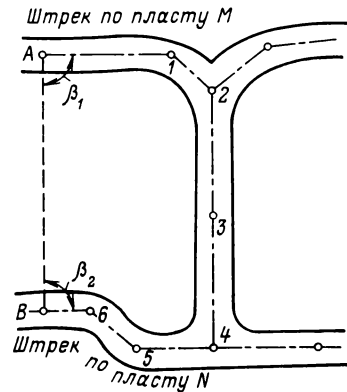
9) определение фактической погрешности смыкания встречных забоев после их сбойки путем замыкания съемок в горизонтальной и вертикальной плоскостях и сравнение фактической погрешности с вычисленной по предрасчету.

Все виды сбоек классифицируют на с б о й к и п о п р о в о д н и к у, когда выработки проводят, придерживаясь паспортного положения висячего или лежачего бока пласта, и с б о й к и б е з п р о в о д н и к а. Сбойки без проводника подразделяют на три типа: с б о й к а г о р и з о н т а л ь н ы х и л и н а к л о н н ы х в ы р а б о т о к о д н о й ш а х т ы, с б о й к а в ы р а б о т о к, н е с о о б щ а ю щ и х с я в ш а х т е, с б о й к а в е р т и к а л ь н ы х в ы р а б о т о к.

Сбойка выработки, проводимой в пределах одной шахты. Пример сбоек этого типа может быть проведение квершлага АВ

между штреками, пройденными по пластам M и N одной и той же шахты (рис. VIII.18). Для проведения квершлага встречными забоями необходимо определить направление движения забоев в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для задания направления квершлага в горизонтальной плоскости необходимо предварительно произвести подготовительные и вычислительные работы. Подготовительные работы включают двукратную прокладку теодолитного хода между точками A и B . По результатам измерений углов и длин сторон полигонометрического хода вычисляются дирекционные углы всех его сторон и координаты вершин, в том числе дирекционные углы $(A1)$ и $(B6)$ и координаты x_A, y_A и x_B, y_B . Вычислительные работы включают вычисление дирекционного угла направления оси квершлага по координатам точек A и B по формуле



$(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$.

Для контроля дирекционный угол (AB) вычисляют по формулам

$$\operatorname{tg} [45^\circ + (AB)] = \frac{\Delta x + \Delta y}{\Delta x - \Delta y};$$

$$\Delta x = x_B - x_A;$$

$$\Delta y = y_B - y_A.$$

Рис. VIII.18. Схема маркшейдерских работ при проведении встречными забоями квершлага между двумя штреками

Горизонтальные углы β_1 и β_2 при точках A и B определяют из выражений:

$$\beta_1 = (AB) - (A1); \quad \beta_2 = (B6) - (BA).$$

Для задания направления квершлага в точках A и B последовательно устанавливают теодолит и откладывают вычисленные горизонтальные углы β_1 и β_2 . По направлению визирной оси трубы теодолита закрепляют три маркшейдерские точки с отвесами, обозначающими в натуре ось квершлага.

Для определения направления выработки в вертикальной плоскости между точками A и B прокладывают нивелирный ход и определяют z_A и z_B отметки почвы (головки рельсов) в точках A и B . По отметкам почвы (головки рельсов) в точках A и B вычисляют уклон квершлага по формулам:

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{z_B - z_A}{l}; \quad l = \frac{y_B - y_A}{\sin (AB)} = \frac{x_B - x_A}{\cos (AB)}.$$

Уклон задают с помощью ватерпаса или ственных реперов. Контроль за соблюдением уклона осуществляют геометрическим нивелированием почвы.

Сбойка горизонтальных и наклонных выработок, не сообщающихся в шахте. Характерным примером данного типа сбойки яв-

ляется сбойка квершлага между двумя вертикальными шахтными стволами, один из которых пройден до проектного горизонта и имеет околоствольный двор, а второй находится в проходке (рис. VIII.19). Для задания направления сбойки производят определение проектной отметки рассечки околоствольного двора и величину углубки второго ствола. После того, как второй ствол будет углублен до проектного горизонта и околоствольный двор рассечен не менее двух раз, производят ориентирование по каждому стволу. В результате проведенных ориентировок определяют координаты пунктов A, B, C шахты № 1 и D, E, F шахты № 2. Пункты C и F закладываются на оси сбойки квершлага, затем по координатам пунктов C и F вычисляются дирекционный угол оси сбойки (CF) и углы направления β_1 и β_2 :

$$\beta_1 = (CF) - (CB);$$

$$\beta_2 = (FC) - (FE).$$

Маркшейдер устанавливает теодолит в точках C и F и откладывает вычисленные углы β_1 и β_2 . Заданное горизонтальное направление

он закрепляет тремя точками и указывает проходчикам направление оси встречных забоев квершлага. Направление уклона может быть задано с помощью ственных реперов. Контроль за направлением квершлага в вертикальной плоскости осуществляется нивелированием почвы выработки.

Сбойка вертикальных выработок имеет место при проходке ствола шахты встречными забоями или при углубке ствола в направлении снизу вверх или сверху вниз. В качестве примера сбойки рассмотрим маркшейдерские работы при проходке ствола № 2 снизу вверх с горизонта 100 м до горизонта 200 м (рис. VIII.20, а). Основной задачей маркшейдера в этом случае является определение на горизонте 100 м точки C , лежащей на одной вертикали с центром C' ствола, пройденного с поверхности. Для этого определяют фактические координаты центра и дирекционного угла оси ствола на горизонте 200 м. Затем прокладывают теодолитный ход по горным выработкам между стволами № 1 и 2 на горизонтах 200 и 100 м, не менее двух раз производят ориентирование маркшейдерских съемок горизонта 100 м с горизонта 200 м. Зная координаты центра ствола на горизонте 200 м, а также координаты точки точки K и дирекционный угол стороны (MK) на горизонте 100 м, вычисляют угол β и расстояние d от точки K до центра ствола C на этом горизонте по формулам:

$$\operatorname{tg}(KC) = \frac{y_C - y_K}{x_C - x_K}; \quad d = \frac{y_C - y_K}{\sin(KC)} = \frac{x_C - x_K}{\cos(KC)};$$

$$\beta = (KC) - (KM).$$

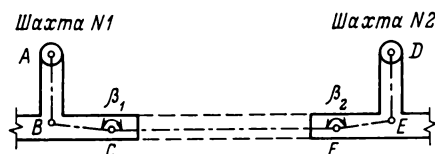


Рис. VIII.19. Схема сбойки квершлага между разными шахтами

Получив эти данные, маркшейдер устанавливает в точке K теодолит и откладывает угол β (рис. VIII.20, б), по направлению визирной оси откладывает расстояние d и отмечает точку C .

Сбойка вертикальных выработок требует высокой точности. Поэтому все маркшейдерские работы должны выполняться особенно тщательно с надежным контролем работ и проверкой исходных данных. Для уменьшения вредных последствий от возмож-

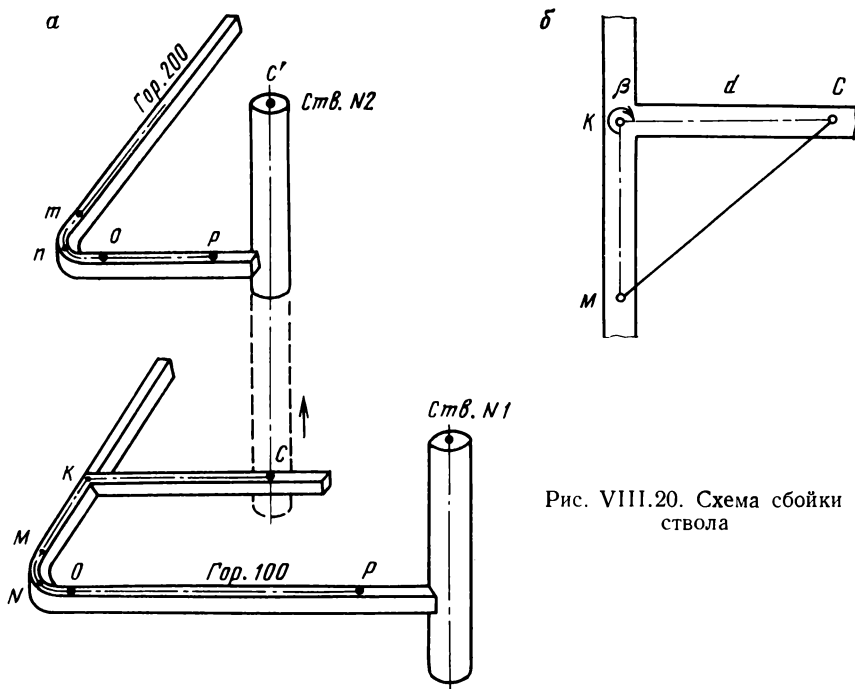


Рис. VIII.20. Схема сбойки ствола

ных погрешностей сбиваемых стволов сначала ствол проходят неполным сечением, а расширение его до проектных размеров производят только после сбойки.

Проверка соблюдения поперечного сечения и вертикальности ствола осуществляется с помощью проходческих отвесов, размещение которых зависит как от формы сечения ствола, так и от размещения отделений (породных, лестничных и др.) в стволе. При прямоугольном сечении выработки опускают два отвеса по углам и два по середине, а при круглом — два отвеса. От них способом линейных засечек в забое выносят центр ствола. По мере продвижения забоя отвесы переносят через каждые 5—10 м.

Все виды маркшейдерских съемок по обеспечению проходки выработок встречными забоями должны выполняться в соответствии с результатами предрасчета погрешности смыкания встречных забоев.

Для исключения грубых погрешностей все маркшейдерские работы (как полевые, так и камеральные) должны выполняться различными способами и разными исполнителями не менее двух раз. В процессе выполнения работ необходимо сопоставить фактическую точность результатов измерений с точностью, принятой в предрасчете. В случае превышения фактической средней погрешности принятой предрасчетом маркшейдерские съемки должны быть произведены повторно.

Контрольные съемки в горизонтальных и наклонных выработках, проводимых встречными забоями, должны производиться не реже чем через 300 м подвигания забоев. Окончательно направление на сбойку корректируется по координатам x , y и z конечных пунктов в забое выработки, когда расстояние между встречными забоями остается равным около 50 м. При расстоянии между забоями 20 м маркшейдер должен в письменном виде сообщить начальнику участка о расстоянии до сбояки между забоями для принятия им должных мер по обеспечению безопасности работ и поставить в известность об этом главного инженера предприятия. Последующие предписания начальнику участка маркшейдер делает при расстояниях между встречными забоями 7 и 3 м.

После смыкания встречных забоев маркшейдер обязан замерить фактическое расхождение осей забоев, замкнуть ход и вычислить невязку, а результаты сбояки и полученных измерений занести в журнал вычисления координат.

§ 37. Предварительная оценка точности смыкания забоев

При проведении выработок встречными забоями до начала работ маркшейдер должен выполнить предварительную оценку точности смыкания забоев для каждого ответственного направления. Для этого составляется проект маркшейдерских работ по обслуживанию проходки с пояснительной запиской, в которой указываются методика выполнения маркшейдерских работ и перечень маркшейдерско-геодезических инструментов, которые будут использованы при маркшейдерских съемках. Кроме того, маркшейдерская служба должна иметь согласованные с руководством предприятия величины допустимых расхождений выработок по ответственным направлениям.

Предварительная оценка точности смыкания забоев включает: оценку точности смыкания забоев по ответственному направлению отдельно по каждому из источников, определяющих общую погрешность смыкания забоев; вычисление общей средней погрешности смыкания забоев по ответственному направлению; вычисление ожидаемой погрешности смыкания забоев и сопоставление ее с установленным допуском. Предварительную оценку точности заканчивают в том случае, когда полученная ожидаемая погрешность не превысит установленного допуска. В противном случае необходимо повторить расчет ожидаемой общей погрешности смы-

кания, принимая более точные методы маркшейдерских работ и инструменты. При необходимости надо увеличить число наблюдений для тех видов работ, которые в основном определяют величину ожидаемой общей погрешности.

При проведении выработок встречными забоями различают три направления: по оси сбойки (ось y'); перпендикулярное оси сбойки (ось x') и направление в вертикальной плоскости (ось z') (рис. VIII.21). Каждое из этих направлений может быть ответственным или свободным. Ответственным направлением считается то направление, по которому точность маркшейдерских измерений повышена и которое обеспечивает установленный допуск погрешности смыкания встречных забоев. Так, например, в сбойке горизонтальной выработки, проводимой по проводнику, ответственным будет только одно направление — в вертикальной плоскости по оси z' ; два других направления в горизонтальной плоскости по осям x' и y' будут свободными. В сбойке наклонных выработок, проводимых по проводнику, ответственным направлением является направление по оси x' ; направления по осям y' и z' будут свободными. Свободные направления позволяют применять более простую методику при маркшейдерских съемках. Так, например, при

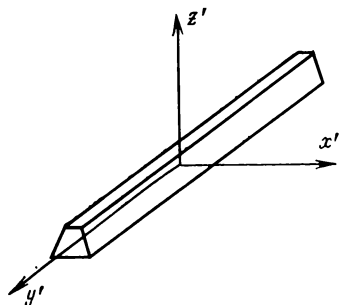


Рис. VIII.21. Условные направления сбойки

сбойке горизонтальной выработки, проводимой по проводнику, для обеспечения качественной сбойки необходимо проложить нивелирный ход повышенной точности между точками, с которых дано направление на сбойку, и систематически контролировать направление проводимой выработки в вертикальной плоскости. Горизонтальные съемки при этом выполняются обычными способами согласно требованиям Технической инструкции по производству маркшейдерских работ.

До начала проведения выработки встречными забоями устанавливают допустимую погрешность смыкания забоев, которая имеет важное практическое значение, так как в зависимости от ее величины определяется методика маркшейдерских съемок и измерений. Допустимая погрешность сбойки устанавливается техническим руководством шахты в зависимости от назначения выработки, ее вида, рода откатки и других факторов. После получения утвержденного значения допустимого расхождения осей встречных забоев маркшейдер рассчитывает необходимую и достаточную точность маркшейдерских измерений, которые обеспечили бы погрешность сбойки, не превышающую допустимую.

Предрасчет ожидаемой погрешности сбойки сводится к определению погрешности положения смыкания забоев только для не-

свободных (ответственных) направлений. Расчет необходимой точности маркшейдерских измерений проводится методом последовательного приближения. В этом случае применяются определенные значения средних квадратических погрешностей каждого вида измерений и вычисляется погрешность положения точки сбойки. Если общая ожидаемая погрешность положения точки сбойки по ответственному направлению окажется больше установленного допуска, то принимают методику отдельных видов измерений повышенной точности и вычисления повторяются.

Предварительная оценка точности смыкания забоев наклонной выработки, проходимой без проводника (рис. VIII.22). В рассматри-

ваемом типе сбойки ответственными являются два направления: по оси x' — перпендикулярное оси сбойки и по оси z' — в вертикальной плоскости. Точность смыкания забоев по ответственному направлению в плане зависит от погрешностей ориентирования шахт и измерения углов, а также длин сторон в полигонометрических ходах. Точность смыкания забоев по высоте зависит от погрешностей передачи высотной отметки через шахтный ствол, геометрического нивелирования на поверхности, геометрического и тригонометрического нивелирования в шахте.

Пусть точка K — предполагаемая точка встречи забоев. Проведем через эту точку оси: y' — направленную по оси выработки и x' — перпендикулярную ей. В данном случае ответственными направлениями будут: в плане — ось x' и по высоте — ось z' .

Среднюю погрешность смыкания забоев, зависящую от погрешности ориентирования через один шахтный ствол, определяют по формуле

$$m_{x_0} = \frac{1}{\rho''} M_0 R_{y_0},$$

где M_0 — средняя погрешность ориентирования, с; R_{y_0} — проекция на ось y' расстояний от точки встречи забоев до начальной точки хода, м (значения R_{y_0} определяют графически по плану).

Среднюю погрешность смыкания забоев от погрешности измерения углов в висячих полигонометрических ходах, проложенных дважды, определяют по формуле

$$m_{x_{\beta_i}} = \pm \frac{1}{\rho''} \sqrt{\frac{\sum R_{y_i}^2 m_{\beta_i}^2}{2}},$$

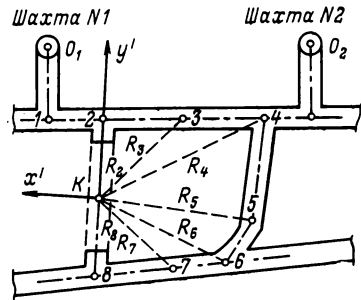


Рис. VIII.22. Схема предрасчета погрешности сбойки наклонной выработки

где m_{β_i} — средняя погрешность измерения углов; R_{y_i} — проекция на ось y' расстояний от точки смыкания забоев до вершин полигона, m (значения R_{y_i} определяют графически по плану).

Среднюю погрешность смыкания забоев, зависящую от погрешности измерения длины сторон, в полигонометрических ходах при двукратном выполнении измерительных работ определяют по формуле

$$m_{x_i} = \pm \sqrt{\frac{\mu^2 \sum l_i \cos^2 \alpha_i}{2} + \lambda^2 L \cos^2 \nu},$$

где μ — коэффициент влияния случайных погрешностей измерения длины сторон (при прокладывании теодолитного хода I разряда по горизонтальным выработкам с углом наклона до 15° $\mu = 0,0005$, по наклонным выработкам с углом наклона более 15° $\mu = 0,0015$); λ — коэффициент влияния систематических погрешностей измерения длины сторон (для горизонтальных выработок $\lambda = 0,00005$, для наклонных $\lambda = 0,0001$); l_i — длина стороны полигонометрического хода, m ; L — проекция замыкающей хода на ось x' (расстояние между начальными точками полигонометрических ходов в шахте); α_i — угол между стороной полигонометрического хода и ответственным направлением (определяется графически по плану); ν — угол между замыкающей стороной и ответственным направлением (определяется по плану).

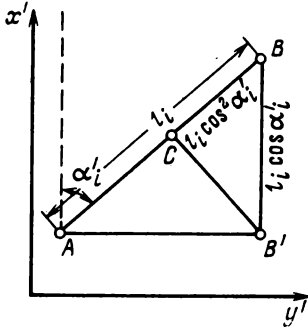


Рис. VIII.23. Графическое определение величины $l_i \cos^2 \alpha_i$

Величина $l_i \cos^2 \alpha_i$ равняется нулю, если направление данной стороны хода совпадает с направлением оси выработки, проводимой встречными забоями, т. е. при $\alpha_i = 90^\circ$ или $\alpha_i = 270^\circ$; если направление стороны хода совпадает с направлением оси x' , то эта величина равняется длине самой стороны. Когда сторона хода составляет с осью x' или y' острый угол, превышающий $5-7^\circ$, величина $l_i \cos^2 \alpha_i$ определяется графически двойным проектированием по плану (рис. VIII.23).

Общую среднюю погрешность смыкания забоев по ответственному направлению в плане вычисляют по формуле

$$M_x = \pm \sqrt{m_{x_{0_1}}^2 + m_{x_{0_2}}^2 + m_{x_{\beta_{ш}}}^2 + m_{x_{\beta_{п}}}^2 + m_{x_{t_{ш}}}^2 + m_{x_{t_{п}}}^2}.$$

Предельная (ожидаемая) погрешность смыкания встречных забоев в плане равняется утроенной средней погрешности

$$M_{ож} = 3M_x.$$

Предельная погрешность смыкания забоев по высоте зависит от погрешностей передачи высотной отметки через шахтный ствол, геометрического нивелирования на поверхности, геометрического и тригонометрического нивелирования в шахте.

Предельную погрешность смыкания забоев по высоте от погрешности передачи высотной отметки через шахтный ствол определяют по формуле

$$m_{h_{\text{ст}}} = \pm \frac{\Delta h}{\sqrt{2}},$$

где $\Delta h = 10 + 0,2H$ — предельное расхождение между двумя независимыми определениями глубины шахтного ствола, мм; H — глубина шахтного ствола, м.

Погрешность смыкания забоев по высоте от погрешности хода геометрического нивелирования на земной поверхности

$$m_{h_{\text{п}}} = \pm 20 \sqrt{L}, \text{ мм},$$

где L — длина хода, км.

Погрешность смыкания забоев по высоте от погрешности геометрического нивелирования в шахте

$$m_{h_{\text{ш}}} = \pm 50 \sqrt{L}, \text{ мм}.$$

Погрешность смыкания забоев по высоте от погрешности тригонометрического нивелирования

$$m_{h_{\text{т}}} = \pm \frac{\Delta h}{\sqrt{2}},$$

где $\Delta h = \pm 10 \sqrt{n_1 + n_2}$ — предельное расхождение между двумя независимыми определениями превышения начальной точки хода относительно конечной, мм; n — число сторон в одном и другом ходах тригонометрического нивелирования.

Общую среднюю погрешность смыкания забоев по высоте с учетом погрешностей от различных источников при двукратном выполнении измерительных работ определяют по формуле

$$M_z = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m_{h_{\text{ст}}}^2 + m_{h_{\text{п}}}^2 + m_{h_{\text{ш}}}^2 + m_{h_{\text{т}}}^2}{2}}.$$

Ожидаемую погрешность сбойки по высоте определяют из выражения

$$M_{\text{ож}} = \pm 3M_z.$$

Предварительную оценку точности смыкания встречных забоев вертикальных выработок произведем для примера углубки ствола (рис. VIII.24). При таком типе сбойки маркшейдер должен в натуре произвести выноску точки K на горизонт 100 м, которая должна находиться на одной отвесной линии с центром ствола № 2 на горизонте 200 м.

Величины m_{l_i} при двукратном измерении длины стороны полигона

$$m_{l_i} = \pm \sqrt{\frac{\mu^2 l_i^2 + \lambda^2 l_i^2}{2}},$$

где l_i — длина стороны полигонометрического хода, м; μ и λ — коэффициенты случайных и систематических погрешностей (соответственно равны 0,0005 и 0,00005).

Средняя погрешность смыкания встречных забоев, зависящая от погрешности ориентирования съезок нижнего горизонта,

$$M_0 = \pm \frac{1}{\rho} m_0 \hat{R}_0,$$

где m_0 — средняя погрешность ориентирования; R_0 — расстояние между центрами стволов (определяется графически по плану).

Общая погрешность смыкания встречных забоев

$$M = \pm \sqrt{M_{\beta}^2 + M_l^2 + M_0^2}.$$

Ожидаемое расхождение центров встречных забоев стволов

$$M_{\text{ож}} = 3M.$$

§ 38. Маркшейдерские замеры горных выработок и складов полезного ископаемого

Оперативный учет добычи полезного ископаемого — это учет добычи по числу и массе шахтных вагонеток, скипов, железнодорожных вагонов или по данным взвешивания полезного ископаемого, поступающего из горных выработок за смену, сутки, месяц. При наличии в шахте весов добычу полезного ископаемого определяют путем суммирования разностей между массами загруженных и порожних вагонеток. При отсутствии шахтных весов количество тонн добытого полезного ископаемого определяется путем умножения числа выданных из шахты на поверхность вагонеток или скипов на среднюю массу полезного ископаемого в вагонетке или скипе. Добычу полезного ископаемого за отчетный период в тоннах определяют из выражения

$$Q = Q_1 - Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 — количество тонн полезного ископаемого, отправленного потребителям и израсходованного на собственные нужды шахты (по данным бухгалтерского учета); Q_2 и Q_3 — остатки полезного ископаемого соответственно на начало и конец отчетного периода на складах, в бункерах, в железнодорожных вагонах, не проведенных по расходу.

Величина Q_1 определяется непосредственно взвешиванием на весах при отгрузке и берется по данным бухгалтерского учета,

а значения величин Q_2 и Q_3 определяются по маркшейдерским замерам на складах, в бункерах и других местах хранения добытого полезного ископаемого. Учитывая незначительную величину остатков полезного ископаемого в местах хранения на начало и конец месяца, которая значительно меньше месячной добычи, погрешности определения ископаемого на складах существенно не сказываются на относительной погрешности определения месячной добычи шахты.

Помимо замера складов производят съемку и замеры горных выработок, которые используются для контроля оперативного учета добычи полезного ископаемого. Маркшейдерские замеры горных выработок выполняются с целью определения фактической длины и сечений подготовительных и нарезных выработок, их подвигания, средней длины линии очистного забоя, данных для детализации маркшейдерских планов, учета потерь полезного ископаемого в недрах, характеристики структуры пластов и т. д.

При замерах подготовительных и нарезных выработок маркшейдер производит измерения длины выработки и определяет величину ее подвигания за отчетный период, измеряет поперечное сечение выработки и сопоставляет его с проектным, определяет длину линии очистного забоя, мощность пласта и производит зарисовку структуры пласта полезного ископаемого в забое.

Маркшейдерские замеры горных выработок являются упрощенными и выполняются рулетками от ближайших точек подземной полигонометрии до забоя выработки. В обуренных забоях выборочно измеряют длину шпуров. Если забой будет взорван до конца последней смены отчетного периода, то подвигание выработки принимают с учетом длины шпуров. Величина подвигания забоя за отчетный период определяется разностью результатов измерений на конец и начало отчетного периода.

Замеры проведения криволинейных горных выработок производятся по их оси или вдоль обеих стенок выработки до точек полигонометрического хода. Длина пройденной криволинейной выработки определяется как среднее арифметическое из двух замеров вдоль обеих стенок. Подвигание забоя выработки определяют по крепи l_k , по породе l_n и по полезному ископаемому l_y . Для подсчета попутной добычи из капитальных, подготовительных и нарезных выработок используют величину подвигания забоя выработки по полезному ископаемому.

Маркшейдерские замеры выполняются с целью определения фактического положения проходческих работ на конец отчетного периода для пополнения графической документации, объема горнопроходческих работ, соответствия выполненных работ проектной документации и календарному плану проходки. Замеры производятся на первое число каждого месяца. В процессе работы маркшейдер должен документировать в специальной замерной книжке фактическое состояние горных выработок, все выявленные нарушения и отступления геометрических размеров от проектных.

Эта книжка является первичным документом по маркшейдерскому замеру и поэтому все записи и зарисовки в ней должны быть аккуратными и четкими. Страницы должны быть пронумерованы. При приемке объемов проведения горных выработок к оплате маркшейдер проверяет выдержанность выработки по направлению и уклону, соблюдение заданного (проектного) сечения в проходке и в свету, правильность установки крепи и отставание ее от забоя, соблюдение проекта при настилке постоянного рельсового пути, трапа, проходке водосточной канавки, возведении крепи и армировании стволов шахт. Работы, принятые маркшейдером, заносятся в книгу месячных замеров в графу «Подлежит оплате», а работы, отнесенные к полному или частичному браку, заносятся в книгу в графу «Не подлежит оплате». При этом учет выполненных работ ведется только по графе «Подлежит оплате», а объемы горнопроходческих работ, занесенные в графу «Не подлежит оплате», не включаются в объемы выполненных работ до исправления брака.

При замерах горных выработок возможны случаи, когда в выработке оставлена порода или полезное ископаемое. В этом случае маркшейдер производит соответствующие зарисовки и записи. При незаконченной разработке сечения выработки замер производят приближенно, а при последующем замере вносятся коррективы. Если при проходке выработки производились ликвидация последствий обрушения пород (выдача обрушенной породы, забутовка вывала, восстановление крепи и т. д.) или устранение ошибок, допущенных при проходке, то эти работы замеряются отдельно, актируются и не включаются в общие работы.

Объем произведенных горных работ учитывается в единицах готовой выработки по ее конструктивным элементам.

Готовой выработкой считается та, которая принята по проекту направлению с соблюдением размеров, предусмотренных проектом. Перевод объема выполненных за отчетный период работ в единицы готовой выработки производится по условным переводным коэффициентам, указанным в СНиП производства и приемки работ. Сумма всех переводных коэффициентов должна быть равна единице. Например, выработка проводится по проекту, предусматривающему установку деревянной крепи, устройство водосточной канавки и укладку постоянного рельсового пути. Пусть пройдено за месяц при проектном сечении l м и закреплено l_1 м выработки, водосточная канавка и постоянные пути отсутствуют. Обозначим через K_1 — переводный коэффициент по проходке с полным сечением, через K_2 — переводный коэффициент по креплению, через K_3 — коэффициент по оборудованию канавки и через K_4 — коэффициент по настилке постоянного пути. Тогда месячный объем работ в единицах готовой выработки будет равен

$$L = (lK_1 + lK_2) (1 - K_3K_4).$$

Строительными нормами и правилами числовые значения переводных коэффициентов принимаются равными $K_1 = 0,6$; $K_2 = 0,3$; $K_3 = 0,03$; $K_4 = 0,07$ для горных выработок, в которых проектом предусмотрены водосточная канавка и постоянные рельсовые пути. Если проектом не предусмотрены водосточная канавка и постоянные пути, то числовые значения переводных коэффициентов принимаются равными: $K_1 = 0,6$; $K_2 = 0,4$.

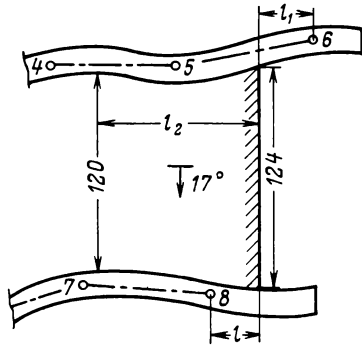


Рис. VIII.25. Замеры в очистном забое

Замеры в очистных забоях производятся с целью получения данных для пополнения планов контроля паспорта крепления очистного забоя, подсчета добычи, потерь полезного ископаемого и т. д. При прямолинейной форме и небольшой длине линии очистного забоя замер его производится с помощью рулетки путем измерения расстояний от точек подземной полигонометрии на обоих штреках, между которыми располагается очистной забой, до забоя (рис. VIII.25). Подвигание забоя лавы за отчетный период в этом случае определяется как среднее из разностей расстояний от замерных точек до забоя на конец и начало отчетного периода. При значительной длине линии очистного забоя ее конфигурация определяется путем съемки угломерами, подвесной буссолью и полукругом. По результатам съемки положение очистного забоя наносится на план горных выработок, по которому определяют среднюю длину линии очистного забоя L_{cp} по формуле

$$L_{cp} = \frac{F}{D_{cp}},$$

где F — площадь выемки, m^2 ; D_{cp} — среднее подвигание забоя за отчетный период, m ;

$$F = \frac{S}{\cos \delta},$$

где S — площадь выемки, измеренная планиметром по плану; δ — угол падения пласта, градус.

При измерении очистных забоев составляют эскиз деталей очистного пространства, положение точек, от которых производится замер, местоположение и размеры оставленных целиков полезного ископаемого или бутовых штреков и полос при поддержании выработанного пространства, измеряют элементы крепи с целью контроля паспорта крепления, углы падения, мощность и структуру пласта, местоположение и элементы залегания тектонических нарушений, пережимов пласта и т. д.

Во многих случаях угольные пласты имеют неоднородное строение и включают прослойки породы, которые разделяют пласт на отдельные пачки. Поэтому при измерении мощности пласта выделяют полную мощность m пласта от почвы до кровли со всеми породными прослойками и полную полезную мощность m_n , равную сумме мощностей всех пачек l_i полезного ископаемого в пласте $m_n = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_i$. Мощность пласта измеряют тесьмой рулеткой по нормали к напластованию. Сначала измеряют мощность каждой пачки полезного ископаемого отдельно, а затем всю мощность пласта.

Результаты замеров в виде эскизов, зарисовок и цифровых записей сразу же на месте заносят в рабочие книжки простым карандашом. На основании данных книжек в журнале замера горных выработок производят подсчет добычи полезного ископаемого, делают эскизы подготовительных и очистных выработок и пополняют маркшейдерские планы горных работ. На эскизах показывают положение замерных точек, расстояние от них до забоев выработок на начало и конец отчетного периода, местоположение и размеры целиков, размеры сечений выработок, зарисовки структуры пластов и другие детали, подлежащие документации при замерах. В журналах замера горных работ записывают величину подвигания забоев выработок, их сечения, площади выемки, плотность полезного ископаемого, производительность пласта, объем выемки и массу добытого за отчетный период полезного ископаемого по каждой подготовительной и очистной выработке.

Данные в журнале замера горных выработок позволяют определить объем выполненных горных работ по отдельным выработкам, участкам и шахте в целом, определить длину линии действующих и резервных забоев, подсчитать добычу полезного ископаемого, пополнить основные и замерные (рабочие) планы очистных выработок. Замерные планы составляют в более крупном масштабе для каждой очистной выработки и пополняют по мере развития горных работ по данным замеров. На этих планах показывают конфигурацию линии забоя на начало и конец отчетного периода, целики полезного ископаемого, числовые значения мощности и углов падения залежи, структурные колонки и другие геологические элементы.

Количество Q добытого полезного ископаемого за отчетный период по той или иной выработке определяется по формуле

$$Q = vd - P_0,$$

где v — объем выемки полезного ископаемого, m^3 ; d — плотность полезного ископаемого в массиве, t/m^3 ; P_0 — потери отбитого полезного ископаемого, t .

Количество товарного полезного ископаемого Q_T , добытого за отчетный период, определяется по формуле

$$Q_T = vd - P_0 + Q' \text{ или } Q_T = (vd - P_0)rk_B,$$

где Q' — количество породы, попавшей при добыче в полезное ископаемое, т; r — коэффициент, учитывающий засорение полезного ископаемого пустыми породами; $k_{в}$ — коэффициент влажности полезного ископаемого.

Коэффициент r на угольных месторождениях определяется по формуле

$$r = \frac{A_{п}^c - A_{у}^c}{A_{п}^c - A_{т}^c},$$

где $A_{п}^c$, $A_{у}^c$, $A_{т}^c$ — соответственно зольность засоряющих уголь пород, чистых пачек угля и товарного угля.

Коэффициент

$$k_{в} = \frac{100 - B_0}{100 - B},$$

где B_0 — влажность полезного ископаемого при определении плотности; B — влажность товарного полезного ископаемого.

Остатки полезного ископаемого на складах замеряют ежемесячно по состоянию на конец последней смены отчетного месяца. В зависимости от формы и размеров штабелей и отвалов объем полезного ископаемого определяют рулеточным замером, способом профилей или тахеометрической съемкой.

Рулеточный замер применяется в том случае, когда отвалы или штабели имеют правильную форму и небольшие размеры. В этом случае для определения объема отвала или штабеля рулеткой производят измерения высоты, ширины, длины, диаметра основания и т. д. Подставляя эти величины в известные геометрические фигуры, вычисляют объем с погрешностью ± 6 —14% в зависимости от правильности формы и размеров штабеля. При определении объемов больших штабелей неправильной формы пользуются тахеометрической съемкой, а при вытянутой форме штабелей — способом профилей. В этом случае на участке земли, предназначенной для складирования полезного ископаемого в отвалы, предварительно производят топографическую съемку и в крупном масштабе составляют план участка в горизонталях. При съемке штабеля способом профилей производят нивелирование поверхности штабеля по характерным направлениям, перпендикулярным оси отвала. По разности отметок изолиний основания и точек поверхности штабеля вычерчивают поперечные сечения штабеля (рис. VIII.26), площади которых определяют планиметром.

Объем штабеля

$$v = \frac{S_1 + S_2}{2} l_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} l_2 + \dots + \frac{S_n + S_{n+1}}{2} l_n,$$

где S_1, S_2, \dots, S_n — площади профильных сечений штабеля; l_1, l_2, \dots, l_n — расстояния между профильными линиями.

Этот способ позволяет определить объем с погрешностью до $\pm 3,5\%$.

При тахеометрическом способе производят тахеометрическую съемку поверхности отвала полезного ископаемого. Результаты съемки наносят на план площади склада в масштабе $1:200$ и по ним строят изолинии поверхности отвала (рис. VIII.27). Объем отвалов по планам горизонталей определяют способом параллельных (вертикальных или горизонтальных) сечений или объемной палетки. Площади сечений определяют планиметром. В этом случае объем полезного ископаемого определяют с погрешностью $\pm 1,5-4\%$ в зависимости от размера штабеля.

Для определения количества полезного ископаемого на складе найденный объем должен быть умножен на плотность полезного ископаемого в штабеле. Плотность полезного ископаемого в штабеле определяют по результатам взвешивания полезного ископаемого в железнодорожных вагонах, объем которых предварительно вычисляют по их размерам. Разделив массу полезного ископаемого в вагоне на его объем, получают плотность $\gamma_{ш}$ полезного ископаемого в штабеле. При определении плотности с помощью ящика берут полезное ископаемое из различных мест отвала и засыпают его в ящик размером $1 \times 1 \times 1$ м для рядового угля или $2 \times 2 \times 1$ м для крупного грохоченого угля. Затем полезное ископаемое взвешивают на хорошо выверенных десятичных весах, а объем определяют путем промеров высоты, длины и ширины ящика выверенной стальной рулеткой. Значение плотности при каждом определении получают делением массы полезного ископаемого на объем ящика.

На величину плотности полезного ископаемого $\gamma_{ш}$ оказывают влияния качественный состав полезного ископаемого, содержание

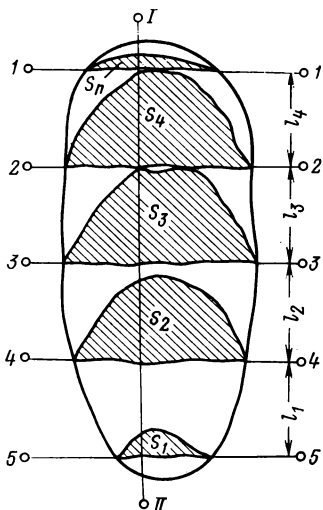


Рис. VIII.26. Определение объема отвала способом профилей

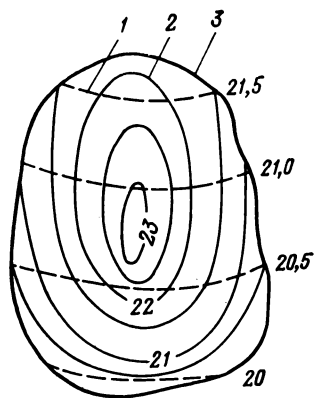


Рис. VIII.27. Определение объема отвала по результатам тахеометрической съемки:

1 — горизонталь площадки склада; 2 — горизонталь поверхности отвала; 3 — контур отвала

различных примесей, крупность кусков полезного ископаемого, влажность его, длительность хранения и размер отвалов, определяющих степень их уплотнения.

Для контроля правильности полученного результата и повышения точности в определении плотности необходимо производить несколько вычислений плотности. К полученному значению плотности следует вводить поправку за уплотнение отвала, величина которой определяется эмпирическим путем. Ориентировочно плотность γ_n насыпного полезного ископаемого (в разрыхленном состоянии) можно определить по формуле

$$\gamma_n = \frac{\gamma_m}{K_p},$$

где γ_m — плотность полезного ископаемого в массиве; K_p — коэффициент разрыхления.

Плотность полезного ископаемого и пород в массиве определяют способом пробной вырубki, лабораторным и лабораторно-аналитическим способами.

Способ пробной вырубki применяют для сравнительно слабых трещиноватых, пористых полезных ископаемых или пород, поддающихся вырубке без применения взрывчатых веществ. Для определения плотности этим способом в горной выработке после тщательного выравнивания поверхности забоя производят вырубку полезного ископаемого в форме ниши или шурфа. Затем вычисляют объем вырубki по результатам измеренных величин: ширины, длины и глубины вырубki. Все извлеченное из вырубki полезное ископаемое взвешивают на десятичных весах и полученную массу делят на объем вырубki, получая при этом плотность полезного ископаемого в массиве. Прослойки пустой породы из объема вырубki и взвешивания полезного ископаемого должны быть исключены.

Определение плотности лабораторным способом основано на использовании метода гидростатического взвешивания образцов полезного ископаемого. Для опыта образцы полезного ископаемого массой 200—250 г после соответствующей обработки взвешивают на технических весах, насыщают водой в процессе кипячения, снова взвешивают, а затем погружают их в воду и взвешивают второй раз в воде. Плотность определяют по формуле

$$\nu = \frac{P_1}{P_3 - P_2},$$

где P_1 — масса образца до насыщения водой, г; P_2 — масса образца в воде, г; P_3 — масса образца после насыщения водой, г.

Так поступают с пористыми и неразрушающими образцами. Образцы, слабо впитывающие влагу, для насыщения их водой не обязательно кипятить, а достаточно погрузить на 3—5 мин в воду комнатной температуры. Плотность пористых или размокаю-

щих в воде полезных ископаемых определяют с помощью парафинирования образцов. В этом случае плотность ν образца

$$\nu = \frac{P_1}{P_2 - P_3 - \frac{P_2 - P_1}{\Delta}},$$

где P_1 — масса образца до парафинирования; P_2 — масса образца после парафинирования; P_3 — масса запарафинированного образца в погруженном в воду состоянии; Δ — плотность парафина.

Лабораторно-аналитический способ основан на вычислении плотности в зависимости от содержания компонентов и примесей, оказывающих наибольшее влияние на плотность. Плотность при этом способе определяют из выражения, предложенного Д. А. Казаковским,

$$\nu_m = \nu_r + k (A_B^c - A_{Br}^c),$$

где ν_r — среднее значение плотности образца по данным гидростатического взвешивания при естественной влажности; k — коэффициент, характеризующий изменение плотности при изменении содержания внутренней золы на 1%; A_B^c — средний процент содержания в угле внутренней золы на участках, подлежащих разработке; A_{Br}^c — средний процент содержания внутренней золы в образцах, использованных для гидростатического взвешивания.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТ

§ 39. Общие сведения

Строительство современных шахт включает три периода: подготовительный, сооружение стволов шахт, проходка и оснащение околоствольных и других капитальных и подготовительных выработок.

В подготовительный период выполняются: работы по устройству на промплощадке подземных коммуникаций и дорог; строительство зданий и сооружений, необходимых для ведения горных работ; монтажные работы и сооружения устья ствола.

В период сооружения стволов шахт производят проходку стволов с приствольными камерами и сопряжениями, возведение крепи, гидроизоляционные работы и армирование ствола.

Третий период осуществляется после окончания сооружения шахтного ствола и его переоснастки.

Наиболее ответственным процессом во всем комплексе горных работ при строительстве шахт является сооружение стволов — главных транспортных и вентиляционных магистралей горного предприятия.

На долю шахтных стволов приходится 20—25% общего объема горных выработок. Продолжительность их сооружения в зависимости от глубины занимает 35—60% общего времени строительства шахты.

В сложных горно-геологических условиях сооружение шахтных стволов осуществляют специальными способами, из которых наибольшее распространение получили искусственное замораживание, цементация пород, бурение и кессон.

Выбор специального способа зависит от большого числа факторов, наиболее важными из которых являются: гидрогеологические и физико-механические свойства пород, величина напора подземных вод и их приток, глубина залегания пород со сложными условиями. Строительство шахты производится на основе проекта, являющегося частью утвержденного комплексного проекта разработки месторождения.

Основные задачи маркшейдерской службы в период строительства шахты:

- 1) подробное изучение рабочих чертежей проекта и проверка числовых значений расстояний и углов с их размерами на проекте;

2) перенесение в натуру элементов геометрической схемы за-проектированных поверхностных и подземных сооружений;

3) осуществление маркшейдерского контроля за соблюдением геометрической схемы, переносимой в натуру в процессе строительства и проведения горных выработок;

4) инструментальная съемка и составление исполнительной графической документации фактического положения сооружений и горных выработок.

Перенесение в натуру запроектированных зданий и сооруже-ний заключается в указании на местности соответствующих точек и линий, от которых в процессе строительство определяют положение элементов сооружаемых объектов.

Основными документами для разбивочных работ являются планы, вертикальные разрезы и рабочие чертежи деталей с указа-нием всех размеров, необходимых для разбивки.

При разбивочных работах маркшейдер переносит в натуру горизонтальный угол, горизонтальное расстояние; точку, задан-ную координатами, точку с заданной высотной отметкой, гори-зонтальные и наклонные линии; горизонтальные кривые.

Методика измерений и необходимые инструменты определя-ются маркшейдером в зависимости от необходимой и достаточной точности выноски отдельных элементов сооружения.

Исходными точками при перенесении проектных параметров в натуру могут служить пункты триангуляции всех классов, аналитической сети, полигонометрии, осевые пункты и высотные реперы.

Перед производством разбивочных работ маркшейдер должен выписать значения координат, дирекционных углов и высотных отметок исходных пунктов и убедиться в сохранности последних.

При значительных расстояниях от опорных пунктов до строи-щегося объекта необходимо сгущение геодезического обоснова-ния методом триангуляции, полигонометрии, прокладкой тео-долитных ходов или прямыми и обратными засечками. При этом места для пунктов выбирают на площадях, не подлежащих за-стройке постоянными или временными сооружениями, с обеспе-чением необходимой видимости как между собой, так и на другие пункты.

Перенесение в натуру горизонтального угла. При перенесе-нии в натуру заданного проектом горизонтального угла марк-шейдерские работы сводятся к отысканию на местности второй стороны угла. Для этого теодолит устанавливают в точке B , от исходного направления AB (рис. IX.1, а) при двух положениях трубы откладывают величину заданного угла и на расстоянии l отмечают при $KП$ и $KЛ$ две точки C_1 и C_2 . В том случае, если они не совпадают, отрезок C_1C_2 делят пополам и отмечают новую точку C , которая определяет направление стороны BC угла β_c . Для контроля измеряют угол β_c и сопоставляют его с заданным углом в проекте. Если разность между заданным и измеренным

углами окажется больше погрешности измерений, то по этой разности определяют линейную поправку Δl (рис. IX.1, б), на которую смещают точку C в положение точки C_3 . Поправку Δl вычисляют по формуле

$$\Delta l = \frac{l \Delta \beta}{\rho''},$$

где l — горизонтальное расстояние между теодолитом и точкой C ; $\Delta \beta$ — разность между проектным значением угла β и измеренным углом ρ_c ; $\rho = 206265''$.

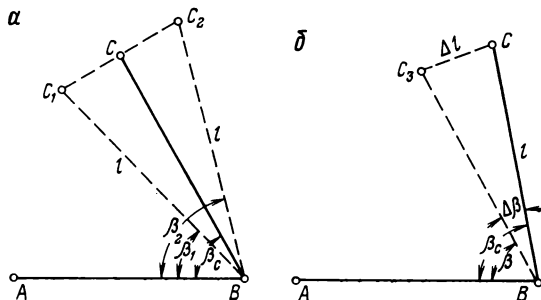


Рис. IX.1. Схема разбивки горизонтального угла:

а — с точностью, меньшей точности инструмента; б — с точностью, большей точности инструмента

После закрепления точки C вновь измеряют перенесенный угол и сопоставляют его с проектным.

Перенесение в натуру заданного горизонтального расстояния.

При расстоянии не более длины мерного прибора и относительно ровной местности откладывание проектной длины производят следующим образом.

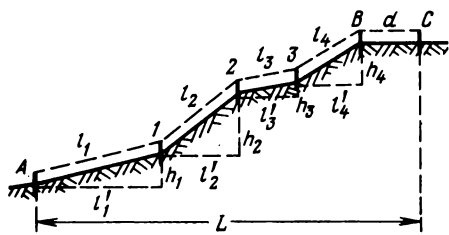


Рис. IX.2. Схема разбивки заданного расстояния на пересеченной местности

Теодолит устанавливают в исходной точке и по заданному направлению выставляют вежу, на которой отмечают высоту инструмента. Затем измеряют угол наклона δ и вычисляют наклонное расстояние l по формуле

$$l = \frac{L_0}{\cos \delta},$$

которое и откладывают в натуре (здесь L_0 — проектная горизонтальная длина с учетом поправок за температуру и компарирование).

В случае сложного рельефа и относительно большом проектном расстоянии откладывание заданного в проекте горизонтального расстояния начинают с установки в точке A (рис. IX.2) теодолита и по дальномеру по заданному направлению отмечают точку B в непосредственной близости с будущей точкой C , после чего провешивают направление AB , закрепляя его кольями 1, 2 и 3

в точках изменения уклонов местности. Расстояния между кольями не должны превышать длины мерного прибора. Далее производят измерение длин каждого наклонного участка l_i и определяют превышения h_i между концами отрезков. После введения в измеренные наклонные расстояния поправок за компарирование Δl_k , температуру Δl_t и наклон Δl_n вычисляют горизонтальные расстояния между смежными парами колея.

Затем вычисляют сумму измеренных горизонтальных расстояний $\sum l_i$ и величину домера $d = L - \sum l_i$ от точки B и закрепляют точку C . Если числовое значение домера получится отрицательным, то его величину откладывают назад от точки B . Для контроля производят повторное измерение расстояния AC и вычисление его горизонтального положения.

Перенесение в натуру точек по заданным координатам производят полярным способом, способами прямоугольных координат, прямой угловой засечки, линейной и створной засечек, микротриангуляции, полигонометрии или проектного полигона.

Полярный способ. Если координаты точки B и дирекционный угол направления AB (рис. IX.3) опорной сети известны, то точку C по заданным координатам переносят в натуру следующим образом.

Вычисляют дирекционный угол линии BC по формуле

$$\text{tg}(BC) = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B},$$

угол направления на точку C из выражения

$$\beta = (BC) - (BA)$$

и горизонтальное расстояние L между точками B и C

$$L = \frac{y_C - y_B}{\sin(BC)} = \frac{x_C - x_B}{\cos(BC)}.$$

В точке B устанавливают теодолит, откладывают вычисленное значение угла β и по заданному направлению откладывают горизонтальное расстояние L , отмечая на местности точку C .

При перенесении точек полярным способом следует особенно тщательно центрировать теодолит, так как влияние погрешности центрирования на положение вынесенной точки возрастает с увеличением расстояния от этой точки до теодолита.

Способ прямоугольных координат целесообразно применять для определения на местности точек, расположенных вблизи сторон опорной разбивочной сети. Его сущность заключается

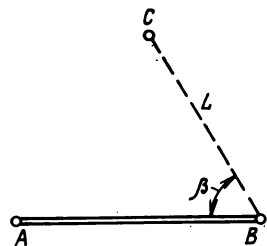


Рис. IX.3. Схема выноса в натуру точки полярным способом

в том, что, используя стороны опорной сети OA и OB (рис. IX.4), закрепляют точку C . Для этого вначале по плану определяют координаты x и y точки C , затем на стороне OA откладывают абсциссу x и находят точку M , от которой по перпендикуляру откладывают ординату y точки C . Правильность перенесения точки C контролируют измерением расстояний от точки C до других перенесенных точек. Погрешность перенесения точки C зависит от погрешности откладывания абсцисс и ординат, а также от погрешности построения перпендикуляров, фиксирующих точку C .

Способ прямой угловой засечки (рис. IX.5) применяют при перенесении точек в натуру, расположенных на большом расстоянии от опорных пунктов. Если на местности имеется две точки A

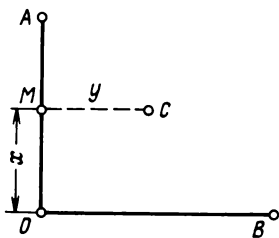


Рис. IX.4. Схема перенесения в натуру точки способом прямоугольных координат

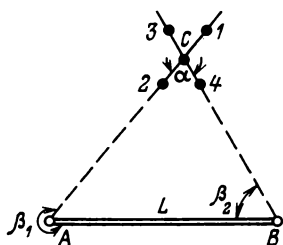


Рис. IX.5. Схема выноса точки способом угловой засечки

и B с известными координатами, то решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы (AC) и (BC) , а по их разности вычисляют углы β_1 и β_2

$$\beta_1 = (AC) - (AB); \quad \beta_2 = (BC) - (AB) \pm 180^\circ.$$

Вычисленные значения углов β_1 и β_2 откладывают на местности из точек A и B и по заданным направлениям закрепляют кольца в месте перенесения этих направлений. При пересечении натянутых шнуров между кольями 1—2 и 3—4 находят искомую точку C . Правильность перенесения точки C контролируют засечкой с трех и более опорных пунктов.

Способ линейной засечки. При этом способе определяют расстояние от исходных точек до искомой точки решением обратной задачи по известным координатам. Затем радиусами, равными вычисленным расстояниям, прочерчивают дуги и в месте пересечения их отмечают искомую точку. Для контроля применяют многократную линейную засечку.

Данный способ используют при условии, когда вычисленные расстояния не превышают длину мерного прибора.

Способ створной засечки применяют, когда искомые точки расположены на пересечении двух створных линий. Обычно искомую точку получают визированием по створам двумя теодолитами,

установленными в точках створных линий, или натянутыми по створам шнурами, пересечение которых определит положение точки.

Способ микротриангуляции. При этом способе вблизи искомой точки закрепляют вспомогательную точку и определяют ее координаты методом микротриангуляции. Затем по проектным координатам искомой и полученным координатам вспомогательной точки вычисляют поправки. Далее от вспомогательной точки откладывают вычисленные поправки и отмечают искомую точку.

Способ полигонометрии, или проектного полигона, применяют при разбивке трасс подъездных путей, тоннелей, подземных трубопроводов и т. д. Сущность способа заключается в отыскании на

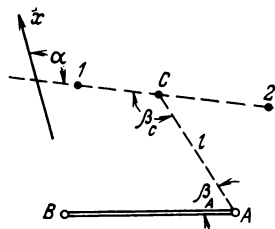


Рис. IX.6. Схема перенесения в натуру прямых линий

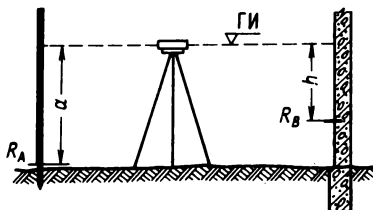


Рис. IX.7. Схема выноса репера с заданной отметкой

местности точек трассы последовательным применением полярного способа. Для контроля вдоль трассы прокладывают повторный полигонометрический ход. Проектный полигон обычно строят вытянутым с приблизительно равными сторонами. Положение пунктов полигона исправляют по результатам уравнивания. Поправку δ_i для i -го пункта хода вычисляют по формуле

$$\delta_i = -\frac{f}{p} \sum_1^i L,$$

где f — невязка хода; p — периметр хода; L — длина стороны.

Перенесение в натуру прямых линий. Перенесение в натуру осей ствола шахты, зданий, подъездных путей, линий электропередач, горных выработок и других сооружений требует производства, разбивок прямых линий, которые бы совпадали с проектным положением оси.

Способ перенесения осей зависит от наличия исходных данных. Если в проекте ось задана точкой C с известными координатами x_C и y_C и дирекционным углом α (рис. IX.6), а на местности имеются точки опорной сети A и B с известными координатами x_A, y_A и x_B, y_B , то из решения обратной геодезической задачи по координатам точек A и C определяют дирекционный угол (AC) и длину линии l . Затем по разности дирекционных углов (AC) и (AB) вычисляют угол направления β_A , а по разности дирекцион-

ных углов α и (CA) вычисляют угол направления оси β_C . Теодолитом, установленным в точке A , откладывают от направления AB угол β_A , расстояние l и закрепляют точку C . Далее теодолит устанавливают в точке C , откладывают угол β_C и по направлению визирного луча закрепляют точку 1 . Затем, отложив угол $\beta_C + 180^\circ$, по направлению визирного луча закрепляют точку 2 . При необходимости в створе точек $1, C, 2$ закрепляют дополнительные точки.

При строительстве наземных зданий и сооружений, а также при проходке горных выработок возникает необходимость в перенесении в натуре репера с заданной отметкой.

Пусть в натуре имеется репер R_A с известной абсолютной отметкой H_A (рис. IX.7). В стене здания требуется закрепить репер R_B с заданной в проекте высотной отметкой H_B . Для этого нивелир устанавливают в середине расстояния между репером R_A и стеной здания. На репер R_A устанавливают нивелирную рейку, берут по ней отсчет a и вычисляют горизонт инструмента по формуле

$$ГИ = H_A + a.$$

На стене, где должен быть заложен репер R_B , отмечают проекцию визирного луча $ГИ$. Затем вычисляют превышение h между отметкой заданного репера R_B и горизонтом инструмента по формуле

$$h = H_B - ГИ.$$

Полученную величину h откладывают с помощью рулетки или линейки от проекции визирного луча на стене вверх или вниз в зависимости от знака h , после чего репер R_B тщательно закрепляют в стене. Для контроля положения вынесенного репера все измерения повторяют в той же последовательности при измененном горизонте инструмента.

Репер с заданной отметкой может быть вынесен с помощью нивелирной рейки. Для этого на исходном репере берут отсчет по рейке, затем вычисляют горизонт инструмента и его превышение h над проектным репером. Далее нивелирную рейку устанавливают в месте закладки репера так, чтобы отсчет по ней был равен величине h . Основание рейки отмечают в натуре репером и производят контрольное нивелирование от исходного репера.

§ 40. Маркшейдерские работы на промышленной площадке шахты

Расположение на промышленной площадке зданий и сооружений определяется координатами шахтных стволов и направлением их осей. Строительство шахты начинается с выноски и закрепления в натуре центра ствола и его осей.

Осями вертикального ствола являются оси симметрии его горизонтального сечения, причем одна из осей параллельна, дру-

гая перпендикулярна основным расстрелам. Точка пересечения осей определяет центр ствола.

Место заложения шахтного ствола при проектировании выбирается с учетом горно-геологических факторов и рельефа местности, а направление его осей определяется элементами залегания полезного ископаемого. Исходными данными для перенесения в натуру центра вертикального ствола и разбивки его осей являются проектные координаты центра ствола, дирекционный угол его оси, координаты пунктов геодезического обоснования, генеральный план промышленной площадки и рабочие чертежи поперечных сечений ствола.

Перенесение центра вертикального ствола, разбивку и закрепление его осей производят от пунктов маркшейдерской опорной сети, удаленных от местоположения ствола не более чем на 300 м, по координатам центра ствола и дирекционному углу его оси.

Центр ствола шахты в натуру переносят одним из способов, изложенных в § 39. Так, при выносе точки C (центра ствола) на местность полярным способом (рис. IX.8) решением обратной задачи вычисляют дирекционный угол направления AC и горизонтальное расстояние l между точками A и C , а затем по разности дирекционных углов (AC) и (AB) определяют угол β_1 . Отложив в натуре угол β_1 и расстояние l , закрепляют точку C . Для контроля центр ствола переносят независимо два раза, как правило, разными способами с новых пунктов геодезической основы.

При этом расхождение в положении центра ствола из двукратного определения не должно превышать 0,5 м. За центр ствола шахты в натуре принимают ту точку, которая перенесена с большей точностью. Вынесенный центр ствола закрепляют деревянным колышком, а точку C на колышке обозначают гвоздем.

При выносе осей ствола вычисляют горизонтальный угол $\beta_0 = \alpha_0 - (\angle CA)$ (α_0 — дирекционный угол оси ствола), который переносят в натуру, и по направлению визирного луча закрепляют временные точки 1, 2, 3. Затем под углом $\beta_0 + 180^\circ$ закрепляют точки 4, 5, 6 первой оси ствола. Под углом 90° к первой оси ствола разбивают вторую ось, которую также закрепляют временными колышками 7, 8, ..., 12. По створу временных точек закрепляют постоянные осевые пункты, конструкция которых должна соответствовать климатическим и грунтовым условиям местности.

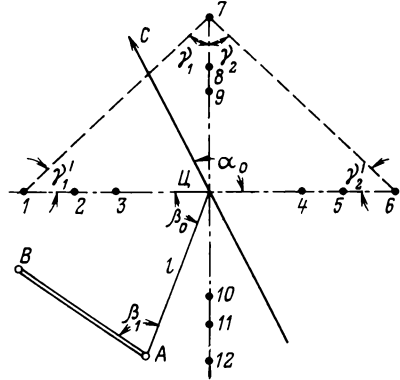


Рис. IX.8. Схема выноса центра ствола и разбивки осей

На каждой полуоси ствола закрепляют минимум по три постоянных осевых пункта. Места закладки постоянных пунктов должны обеспечивать их долговременную сохранность, взаимную видимость между пунктами и расстояния между смежными пунктами не менее 10—15 м.

После закрепления осей ствола постоянными пунктами проверяют перпендикулярность осей путем измерения углов γ_1 и γ'_1 , γ_2 и γ'_2 . Сумма углов $\gamma_1 + \gamma'_1$ и $\gamma_2 + \gamma'_2$ не должна превышать величину, равную $90^\circ \pm 45''$. Кроме того, производят промер расстояний от центра ствола до каждого осевого пункта и вычисляют координаты всех пунктов. Погрешности перенесения в натуре центра ствола не должна превышать $\pm 0,5$ м. Дирекционный угол оси ствола, закрепленный в натуре, не должен отличаться от заданного в проекте более чем на $\pm 5'$. Угловая погрешность разбивки главной оси ствола не должна превышать $\pm 3'$. Погрешность перенесения в натуре центра ствола, связанного с технологическим комплексом существующей шахты, не должна превышать $\pm 0,1$ м, а угловая погрешность разбивки главной оси ствола не должна быть более $\pm 1'30''$. В этом случае перенесение центра ствола и разбивку его осей производят с пунктов, использованных при ориентировании выработок, или с осевых пунктов существующего шахтного ствола. После окончания работ по выносу центра ствола и разбивке его осей вычисляют координаты осевых пунктов, составляют схемы расположения, привязки и закрепления осевых пунктов. Разбивочные работы на промышленной площадке должны производиться с точностью, обеспечивающей нормальную работу технологического комплекса.

В подготовительный период на промышленной площадке сооружают все постоянные коммуникации и значительную часть постоянных зданий, которые в основном размещают в центральной части промышленной площадки, что исключает возможность сохранять пункты на осях ствола. Поэтому для обеспечения разбивочных работ строят специальную сеть в виде прямоугольников со сторонами, параллельными осям ствола. Разбивочную сеть создают из основных и дополнительных пунктов. Последние закладывают в створах между основными пунктами, расположенными на расстоянии не менее 80 м друг от друга.

Перенесение разбивочной сети на местность осуществляют по предварительно вычисленным проектным координатам пунктов в условной системе. Исходными данными для вычисления координат пунктов разбивочной сети являются координаты центров стволов (главного или вспомогательного), дирекционные углы осей, а также высотные отметки устьев стволов или головок рельсов железнодорожных путей.

Центр ствола принимают за начало условной системы координат промышленной площадки, а оси ствола — за координатные оси Ox и Oy .

Так как характерные точки проекта даны в условной системе координат, а перенесение их в натуру осуществляют непосредственно от точек геодезического обоснования, возникает необходимость перехода от условной к общегосударственной системе координат, для чего используются известные формулы преобразования координат.

На промышленной площадке для осуществления строительства зданий и сооружений маркшейдер производит вертикальную планировку, которая включает: разбивку контура промышленной площадки; создание в натуре системы опорных пунктов; определение абсолютных отметок точек опорной сети, проектных и рабочих отметок опорных пунктов; проектный и фактически выполненный объем земляных работ.

Разбивку контура полезной площади на промышленной площадке производят по указанным в техническом проекте углам и длинам сторон разбивочной сети. Угловые точки контура после их выноса надежно закрепляют деревянными кольями и производят контрольные измерения с последующим вычислением координат углов контура.

Перед созданием на местности системы опорных пунктов маркшейдер на топографическом плане намечает исходный опорный пункт с указанием координат и начальное направление с указанием дирекционного угла. В зависимости от рельефа, конфигурации и застроенности контура промышленной площадки систему опорных пунктов создают в виде сетки квадратов, радиальной сетки, продольной трассы с поперечниками или произвольным расположением пунктов.

Расположение пунктов по вершинам квадратов применяют на участке со спокойным рельефом. При этом длину сторон квадратов принимают равными 20—30 м. Разбивку сети квадратов в натуре производят теодолитом так, чтобы крайние точки сети находились за пределами планируемого контура. После окончания разбивки вершины квадратов закрепляют деревянными кольями со сторожками, на которых отмечают номер точки и ее рабочую отметку.

На отдельных участках промышленной площадки, где проектом предусмотрены конусообразные поверхности, пункты опорной сети располагают по радиальной сетке с помощью теодолита, установленного в центре участка.

На участках застройки объектов незначительной ширины, но вытянутых в длину опорные пункты для планировки площадки создают в виде продольной трассы с поперечниками.

В случае сложного рельефа или застроенности площадки опорные пункты располагают в произвольном порядке,

После окончания работ по закреплению вершин опорной сети высотную отметку передают на одну из вершин и по всем вершинам производят геометрическое нивелирование с последующим вычислением их высотных отметок. Затем в крупном масштабе

(1 : 500) по отметкам составляют план рельефа участка с сечением горизонталей через 0,25—0,5 м.

Если планировку участка поверхности ведут под горизонтальную площадку, то отметка каждой вершины опорной сети должна соответствовать отметке, заданной в проекте. При планировке участка под наклонную площадку производят вычисление заложения $d = \frac{h}{i}$ (здесь i — уклон, h — высота сечения

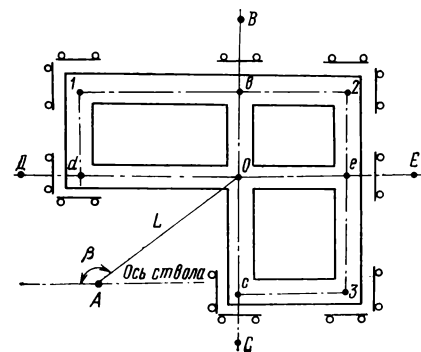


Рис. IX.9. Схема разбивки осей здания

и вычерчивают горизонтали наклонной плоскости с указанием их проектных отметок. Проектные отметки вершин опорной сети определяют интерполированием по горизонталям наклонной плоскости.

Рабочие отметки каждой вершины опорной сети определяют по разности проектной и фактической отметок. Рабочие отметки с соответствующими знаками записывают у вершин квадратов. Отрицательный знак у вычисленной отметки указывает на величину выемки грунта, положительный — насыпки.

Подсчет объема земляных работ производят отдельно по насыпке и выемке с учетом коэффициентов уплотнения и разрыхления по формуле

$$V = S(h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n),$$

где S — площадь квадрата сетки; h — рабочие отметки центров квадратов.

Маркшейдерская проверка выполненных земляных работ сводится к восстановлению на местности точек обоснования, определению их отметок и сопоставлению фактической формы спланированного участка местности с заданной в проекте.

После окончания работ по вертикальной планировке приступают к детальной разбивке зданий и сооружений на промышленной площадке. Дальнейшая разбивка включает геодезические работы по перенесению и закреплению на местности основных осей и размеров зданий, а также высотных отметок в соответствии с проектом.

Наиболее распространенными способами детальной разбивки являются полярный, прямоугольных координат, угловых, линейных и створных геодезических засечек.

Разбивку зданий и сооружений начинают с выноски осей, от которых ведут разбивку отдельных деталей сооружений. Так, при разбивке здания (рис. IX.9) от оси ствола шахты по

заранее известным углам и линейным элементам выносят и закрепляют на местности основные оси здания *BC* и *DE*, от которых разбивают вспомогательные оси. Для этого в пересечении основных осей закрепляют точку *O*, в которой устанавливают теодолит, с помощью рулетки по направлению основных осей здания откладывают расстояния, соответствующие рабочему чертежу, и закрепляют их точками *d*, *b*, *e*, *c* на осях стен здания. Далее теодолит устанавливают последовательно в точках *d*, *b*, *e*, *c* и под прямым углом к основным осям разбивают оси стен, закрепляя их точками 1, 2, 3 на обноске, представляющей собой два столба, зарытых в землю с поперечной доской.

На обноске, устанавливаемой на расстоянии 3—5 м от внешнего контура здания, отмечают внутренние и внешние контуры стен или фундамента.

Вертикальную разбивку элементов здания производят от реперов, закрепленных на столбах обноски. Контроль отметок дна котлована, верхней плоскости фундамента и других элементов осуществляют методом геометрического нивелирования.

Положение угловых точек фундамента или стен здания контролируют отвесами, опущенными в точках пересечения шнуров, натянутых между соответствующими метками на обноске.

Погрешность перенесения осей на дно котлована не должна превышать 20 мм на 100 м фундамента, возводимого из железобетона, и 10 мм на 100 м фундамента, сооружаемого из сборных конструкций. Высотную отметку репера, заложенного на дне или в стене котлована, определяют с точностью ± 10 мм.

§ 41. Маркшейдерские работы при монтаже оборудования рудничной подъемной установки

Рудничная подъемная установка включает подъемное оборудование (подъемные машины, канаты и др.) и горнотехнические сооружения (погрузочный бункер, приемную площадку, ствол шахты, копер, приемный бункер и др.). Подъемная установка может быть представлена металлическими копрами с подъемными машинами, установленными на некотором от них расстоянии, или башенными копрами с многоканатными подъемными машинами, которые монтируются на перекрытиях копра.

Взаимное положение геометрических осей рудничной подъемной установки определяется проектом. Поэтому задача маркшейдера при монтаже подъемной установки сводится к перенесению в натуру основных геометрических осей оборудования и контролю расположения геометрических элементов подъема в соответствии с проектом.

К основным геометрическим элементам подъемной установки (рис. IX.10) относятся центр подъема, ось подъема, центр вала подъемной машины, высота копра и подъема, длина струны каната, осевая плоскость направляющего шкива, ось вала шкива,

углы наклона подъемных канатов и отклонения (девиации) струны каната на направляющих шкивах и барабанах подъемной машины.

Ось подъема вертикального ствола — прямая, перпендикулярная оси главного вала подъемной машины, проходящая через среднюю точку, расположенную между двумя отвесными подъемными канатами. Ось подъема, как правило, не совпадает с глав-

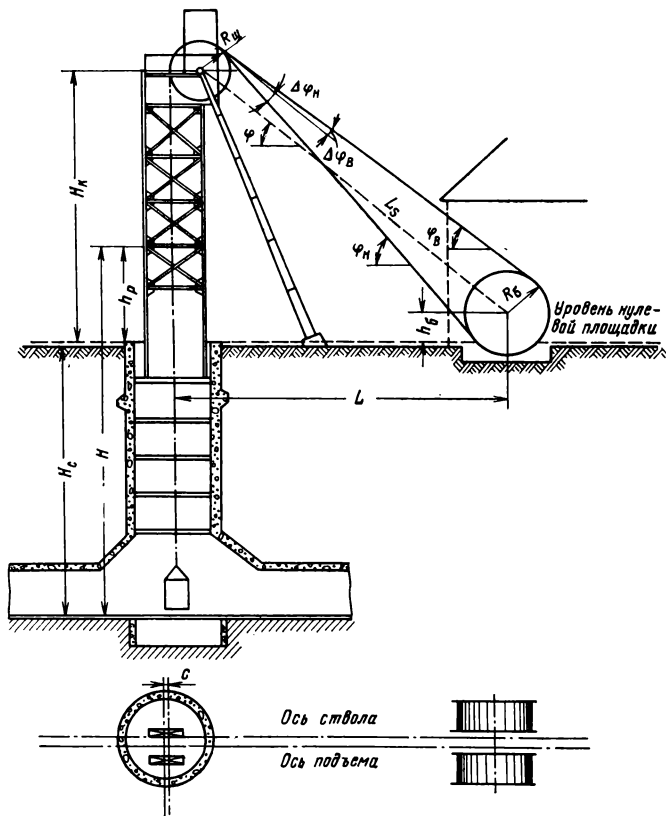


Рис. IX.10. Схема рудничной подъемной установки

ной осью ствола, а проходит параллельно ей и отстоит от нее на расстоянии, установленном проектом.

Центр подъема — точка пересечения оси подъема и прямой, проходящей через оси двух отвесных подъемных канатов при двухконцевом подъеме. При одноконцевом подъеме центр подъема совпадает с проекцией оси каната (в отвесном положении) на горизонтальную плоскость.

Центр вала подъемной машины — точка, расположенная на оси главного вала машины по середине между внутренними сторонами ребр барабана (в однобарабанной машине) или по

середине между внутренними сторонами внешних реборд барабанов (в двухбарабанной машине).

Осевая плоскость направляющего шкива — плоскость, проходящая посередине между внутренними гранями реборд шкива перпендикулярно оси его вала.

Ось вала шкива — прямая линия, проходящая через центр вала шкива перпендикулярно к осевой плоскости шкива.

Высота подъема H — расстояние по вертикали между одной и той же точкой подъемного сосуда, находящегося в самом нижнем положении (момент загрузки) и в самом верхнем положении (момент разгрузки на поверхности).

Для клетевой подъемной установки высота подъема H определяется из выражения

$$H = H_c + h_p,$$

где H_c — глубина ствола шахты; h_p — высота разгрузки.

Высота копра H_k — вертикальное расстояние между осью вращения направляющего шкива и нулевой площадкой устья ствола.

Длина струны каната L_s — расстояние между точкой схода подъемного каната с барабана подъемной машины и начальной точкой касания каната на направляющем шкиве. Длина струны нижнего каната несколько больше верхней длины струны. Это происходит за счет того, что точка схода нижнего каната с барабана подъемной машины находится на диаметрально противоположной стороне барабана, а начальные точки касания канатов на шкиве почти совпадают. За длину струны условно принимают расстояние между осями вращения шкива и барабана, которое определяют по формуле

$$L_s = \frac{H_k - h_6}{\sin \varphi} = \frac{L - c - R_{ш}}{\cos \varphi}$$

или

$$L_s = \sqrt{(L - c - R_{ш})^2 + (H_k - h_6)^2},$$

где φ — угол наклона струны каната; L — расстояние между осью главного вала подъемной машины и центром ствола; h_6 — высота оси барабана над нулевой площадкой; $R_{ш}$ — радиус шкива; c — расстояние между проекциями центра ствола и оси каната на вертикальную плоскость, проходящую через ось подъема.

Углы наклона струн канатов:

$$\varphi_n = \varphi + \Delta\varphi_n; \quad \varphi_v = \varphi - \Delta\varphi_v,$$

где φ_n — угол наклона нижней струны каната; φ_v — угол наклона верхней струны каната; $\Delta\varphi_v$, $\Delta\varphi_n$ — углы наклона соответственно верхней и нижней струн канатов относительно линии, соединяющей оси вращения барабана и шкива.

Углы φ , $\Delta\varphi_n$ и $\Delta\varphi_b$ вычисляются из выражений:

$$\Delta\varphi_b = \frac{R_6 - R_{ш}}{L_s} \rho; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{H_k - h_6}{L - c - R_{ш}}; \quad \Delta\varphi_n = \frac{R_6 + R_{ш}}{L_s} \rho;$$

где R_6 — радиус барабана.

Органами навивки каната подъемной машины служат цилиндрические, конические, цилиндроконические и другие барабаны. Наибольшее распространение в практике шахтного строительства получили подъемные машины с цилиндрическими барабанами.

В зависимости от назначения отдельных участков подъемного каната строительную ширину L_6 (расстояние между внутренними гранями реборд барабана) цилиндрического барабана условно подразделяют на ряд зон (рис. IX.11).

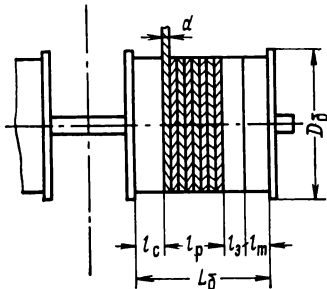


Рис. IX.11. Зоны цилиндрических барабанов

Зона рабочих витков l_p , ширина которой зависит от высоты подъема,

$$l_p = \frac{H(d+e)}{\pi D_6 m}, \text{ мм},$$

где d — диаметр каната; D_6 — диаметр барабана; e — зазор между смежными витками каната; H — высота подъема; m — запас прочности каната.

Зона запасных витков l_3 , ширина которой необходима для наращивания рабочей части каната по мере уменьшения его в процессе испытаний,

$$l_3 = \frac{l \left(\frac{d+e}{m} \right)}{\pi D_6}, \text{ мм},$$

где $l = 30\text{--}40$ м — отрезок каната, необходимый для его испытаний.

Зона витков трения l_r , ширина которой зависит от числа витков каната, обеспечивающих надежное закрепление его на барабане,

$$l_r = n_r \frac{d+e}{m}, \text{ мм},$$

где $n_r = 3\text{--}5$ — число витков трения.

Зона свободной части барабана l_c зависит от того, насколько строительная ширина барабана соответствует высоте подъема. Ее ширина вычисляется по формуле

$$l_c = L_6 - \left(\frac{H+l}{\pi D_6} + n_r \right) \frac{d+e}{m}, \text{ мм}.$$

При движении подъемных сосудов в стволе канат на барабане подъемной машины перемещается по рабочей части, в ре-

зультате чего происходит изменение углов отклонения (девиации) каната на барабане и шкиве. При крайних положениях струны каната углы девиации достигают максимальных величин. Для обеспечения нормальной работы подъема и минимального износа подъемного каната предельное значение углов девиации не должно превышать $1^{\circ} 30'$.

Углы девиации каната на барабане подъемной машины — углы, образованные струной каната и вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси главного вала подъемной машины.

Наружный и внутренний углы девиации (рис. IX.12) расположены в наклонной плоскости канатов и вычисляются по формулам:

$$\alpha_n = \frac{b_1 - a}{L_n} \rho'; \quad \alpha_b = \frac{a - b_2}{L_n} \rho',$$

где a — расстояние от оси подъема до плоскости шкива по его оси; b_1 , b_2 — расстояния от оси подъема соответственно до дальней и ближней границ рабочей части барабана (включая зоны запасных витков).

Углы девиации каната на шкиве — углы β_n и β_b , образованные струной каната и осевой плоскостью шкива. Равенство углов девиации $\beta_n = \beta_b$ достигается установкой осевой плоскости шкива в направлении центра рабочей части барабана подъемной машины.

При расположении осевой плоскости шкива параллельно оси подъема углы девиации каната на шкиве и барабане будут равны между собой:

$$\alpha_n = \beta_n, \quad \alpha_b = \beta_b.$$

Когда осевая плоскость шкива не параллельна оси подъема, углы девиации каната на шкиве определяют по формулам:

$$\beta_n = \alpha_n - \gamma \cos \varphi; \quad \beta_b = \alpha_b + \gamma \cos \varphi,$$

где $\gamma = \frac{a_1 - a_2}{D_{ш}} \rho'$ — горизонтальный угол поворота шкива относительно оси подъема (здесь a_1 и a_2 — расстояния от оси подъема до осевой плоскости шкива; $D_{ш}$ — диаметр шкива; $\rho' = = 3438'$; φ — угол наклона струны каната).

Нормальная работа шкивов и исключение одностороннего износа футеровки в результате трения каната о реборду шкива

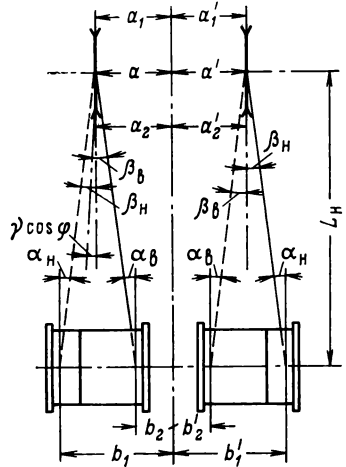


Рис. IX.12. Углы отклонения (девиации) канатов

достигается наличием равенства углов девиации $\beta_n = \beta_b$ на шкиве. Это равенство будет иметь место тогда, когда

$$\gamma = \frac{\alpha_n - \alpha_b}{2 \cos \varphi}.$$

Подставив в это выражение значения α_n , α_b и γ , получим формулу

$$a_2 - a_1 = \frac{b_n + b_b - 2a}{2L_s \cos \varphi},$$

позволяющую в каждом отдельном случае определить величину $a_2 - a_1$, на которую следует развернуть шкив с тем, чтобы его осевая плоскость была направлена на середину рабочей части барабана.

Монтаж укосных стальных копров производят путем предварительной сборки его на специальной площадке с последующим подъемом и установкой на подкопровой раме или последовательным наращиванием отдельных его звеньев непосредственно на подкопровой раме. В обоих случаях первоначально собирают и закрепляют в устье ствола подкопровую раму и сооружают фундаменты под укосину.

Разбивка фундаментов укосины копра. Основными геометрическими элементами фундамента укосины являются оси фундаментов, проходящие через точку пересечения оси копровой ноги с горизонтальной плоскостью нулевой отметки и оси опорной пяты, проходящей через точку пересечения оси ноги копра с верхней гранью фундамента укосины. Оси фундамента и пяты параллельны между собой, но их проекции на горизонтальную плоскость не совпадают.

Детальную разбивку фундаментов под укосину маркшейдер выполняет по размерам, указанным в рабочих чертежах проекта. Так как на рабочих чертежах привязка фундаментов дается относительно осей подъема, а положение отдельных деталей — от осей пяты копровой ноги, то при разбивках целесообразно пользоваться осями пяты.

Разбивочные работы и контрольные измерения при сооружении фундаментов укосины маркшейдер производит от оси ствола с помощью теодолита и рулетки.

После разработки котлована с помощью нивелира и рейки проверяют соответствие отметки дна его проектному значению. Результаты измерений маркшейдер фиксирует в специальном журнале и дает разрешение на бетонирование нижней части фундамента — «подушки», верхняя поверхность которой должна быть горизонтальной.

После схватывания бетона в подушке фундамента по осям пяты, вынесенным на обноску, натягивают шнуры, от которых с помощью отвесов на бетонную подушку фундамента укладывают опалубку и геометрическим нивелированием точки пересечения

осей пяты контролируют положение ее верхней грани. После тщательной проверки правильности установки опалубки и надежного закрепления ее в котловане маркшейдер дает разрешение на заливку бетона до горизонта головок анкерных болтов. Затем от осей пяты, закрепленных на обноске, шаблоном размечают и устанавливают деревянные короба под анкерные болты и производят дальнейшее бетонирование фундамента. Верхнюю часть фундамента бетонируют на 5—10 см ниже проектной с тем, чтобы обеспечить возможность производить расклинку или подливку бетона при установке укосин. После схватывания бетона деревянные короба извлекаются, а в образовавшиеся колодцы устанавливают по специальному шаблону анкерные болты, бетонирование которых в колодцах производят после окончательной выверки укосины и станка копра.

Расстояния от центра ствола до осей пяты фундамента, а также расстояния между осями опорных пят не должны отличаться от проектных более чем на ± 10 мм.

Измерительные работы при монтаже копра. Монтаж металлических копров осуществляется путем последовательного наращивания отдельных звеньев непосредственно на подкопровой раме или путем предварительной его сборки на специальной монтажной площадке с последующим подъемом его с помощью мачт или надвижкой на подкопровую раму и фундаменты.

В первом случае маркшейдер контролирует правильность установки каждого наращиваемого звена копра, а во втором случае перед подъемом копра он размечает на подшкивной площадке осевые точки, которые при правильной установке должны лежать на осях ствола, вынесенных на подшкивную площадку при двух положениях трубы теодолита, установленного на одном из осевых реперов. Выноску осей на подшкивную площадку можно осуществлять с помощью отвесов.

В случае, когда искривленность копра не позволяет установить подшкивную площадку в проектное положение, производят профильную съемку станка копра. Для этого на расстоянии 30—80 м от копра в створе двух угловых его стоек устанавливают теодолит так, чтобы была обеспечена видимость на обе стойки по всей высоте копра. Затем у основания стойки станка перпендикулярно направлению визирного луча прикрепляют рейку с миллиметровыми делениями. Визируя поочередно на точки стойки каждого звена станка, проектируют их на рейку и измеряют отклонения этих точек от вертикали. Измерения производят дважды при двух положениях трубы теодолита, принимая за окончательное среднее значение из двух отсчетов. По средним значениям составляют профиль и определяют искривление стоек станка копра. Аналогичным методом проверяют профиль других стоек, причем каждую стойку следует проверять в двух взаимно перпендикулярных направлениях. По результатам проверки составляют профили стоек.

После закрепления копра и вынесения осей ствола и подъема на подшивную площадку приступают к установке копровых шкивов, плоскость которых должна быть расположена на заданном расстоянии от оси ствола или оси подъема. Вал шкива должен быть горизонтальным, а осевая плоскость — вертикальной.

Для установки и проверки фактического положения шкива вдоль оси ствола (подъема) на подшивной площадке натягивают шнур (рис. IX.13), от которого измеряют расстояния l_1, l'_1, l_2 и l'_2

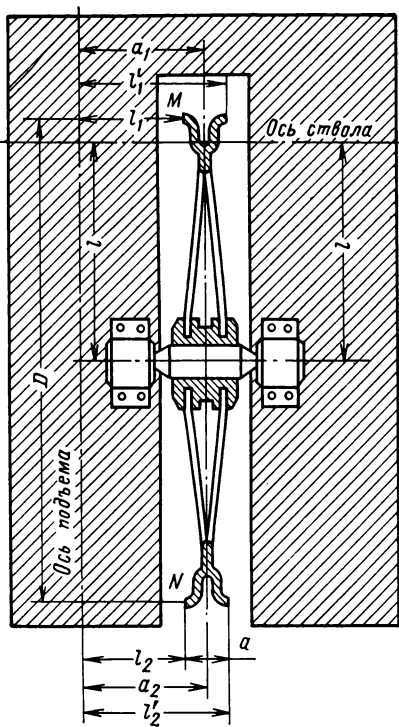
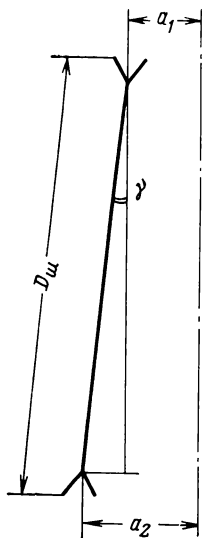


Рис. IX.13. Проверка положения шкива в плане



до ребры шкива (по краям его горизонтального диаметра). Повернув шкив на 180° , все измерения повторяют. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из двух измерений

$$a_1 = \frac{l_1 + l'_1}{2}; \quad a_2 = \frac{l_2 + l'_2}{2}.$$

Расстояния от ребры шкива до разбивочной оси не должны отличаться от проектных: для шкивов диаметром до 6 м — более чем на ± 10 мм и для шкивов диаметром 6 м и выше — более чем на ± 15 мм.

Если расстояния a_1 и a_2 не равны между собой, то угол между плоскостью шкива и осью подъема, на который следует развернуть или сместить шкив, определяют по формуле

$$\gamma = \frac{a_1 - a_2}{D_{\text{ш}}} \rho',$$

где $D_{\text{ш}}$ — диаметр шкива; $\rho' = 3438'$.

После смещения шкива контрольные измерения повторяют.

Положение оси вала шкива проверяют от оси направления перпендикулярного к оси подъема, измерением расстояний l .

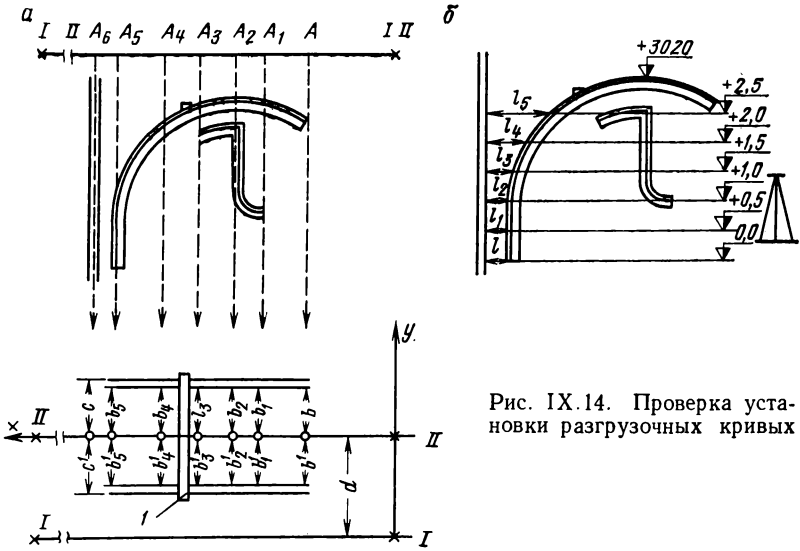


Рис. IX.14. Проверка установки разгрузочных кривых

Горизонтальность вала копрового шкива проверяют с помощью рамного уровня с ценой деления не более $20''$, шланговым нивелиром или нивелиром с автоматической стабилизацией визирной оси, позволяющими определять превышения концов вала с точностью до 1 мм. Наклон вала шкива не должен превышать 1:1000 его длины.

Проверка разгрузочных кривых. Оснащение подъема опрокидными подъемными сосудами требует установки разгрузочных кривых на приемной площадке копра. Плоскости кривых должны быть параллельны оси подъема, расстояния от проводников до соответствующих точек кривых должны быть равны проектным, а соответствующие точки кривых должны располагаться на одном уровне и разность отметок их не должна превышать 10 мм.

Для проверки разгрузочных кривых на горизонт их установки выносят и отмечают насечками ось подъема I—I (рис. IX.14), от которой откладывают расстояние d , заданное проектом. Затем разбивают линию II—II (ось симметрии) и натягивают шнур,

на который подвешивают подвижной отвес. Перемещая отвес по шнуру, через каждые 20÷30 см измеряют перпендикулярно линии II—II расстояния b и b' , b_1 и b'_1 , b_2 и b'_2 и т. д. от отвеса до кромки разгрузочных кривых. Затем отвес перемещают в точку A и измеряют расстояния c и c' от отвеса до проводников. Отклонения от проекта не должны превышать ± 10 мм.

Для проверки проектного расстояния от проводников до соответствующих точек кривых на площадке приемного бункера устанавливают нивелир и через 0,5 м по высоте с помощью рейки отмечают одинаковые горизонты на разгрузочных кривых и проводниках. Затем рулеткой измеряют расстояния l_1 , l_2 , l_3 и т. д., которые не должны отличаться от проектных более чем на ± 10 мм. Проверку положения точек кривых по высоте выполняют с помощью накладного уровня.

Работы при монтаже подъемной машины. Детальная разбивка при монтаже подъемной машины заключается в перенесении в здание подъемной машины осей подъема и главного вала, разбивке фундаментов и отдельных элементов машины. Разбивку начинают с перенесения в натуру и закрепления точки пересечения осей ствола и главного вала подъемной машины. Затем на обноску выносят оси фундаментов подъемной машины, анкерных болтов, фундаментов здания и т. д. Вблизи фундаментов здания закладывают высотный репер, пользуясь которым проверяют глубину котлованов, высоту подушки и отметку верхней поверхности фундаментов.

Правильность установки опалубки фундаментов и расположения гнезд под анкерные болты проверяют с помощью отвесов, опущенных со шнура, натянутого между соответствующими метками на обноске. Особое внимание при этом маркшейдер должен уделять правильности установки опалубки под колодцы анкерных болтов и проемы для барабанов подъемных машин. Правильность установки опалубки по высоте проверяют геометрическим нивелированием верха опалубки и дна колодцев под анкерные болты и проемов под барабаны. Опалубка должна устанавливаться вертикально, что проверяется с помощью отвесов. Отклонение ее от вертикали не должно превышать ± 20 мм.

Когда стены здания подъема при возведении их достигают высоты 1—1,5 м над уровнем земли, внутрь здания теодолитом переносят ось ствола (подъема) и ось главного вала подъемной машины.

После возведения стен здания закладывают второй ряд скоб (монтажные скобы) на 0,5—1 м ниже верхнего перекрытия и с помощью отвеса или теодолита переносят на них метки оси подъема. Внутри здания закрепляют также высотный репер.

Если в натуре закреплена ось ствола, а не ось подъема, то ось подъема в здании восстанавливают путем откладывания от оси соответствующего проектного расстояния. Положение оси подъема фиксируют насечками на монтажных скобах.

После возведения фундамента подъемной машины должно быть проверено положение гнезд анкерных болтов, измерением расстояния от оси подъема и главного вала подъемной машины до центра каждого гнезда.

При установке основной рамы подъемной машины маркшейдер контролирует горизонтальность и правильность расположения рамы относительно оси подъема и оси главного вала подъемной машины. Установку рамы по высоте проверяют нивелированием угловых точек рамы, а положение ее относительно осей контролируют с помощью отвесов, опущенных с проволок, натянутых между осевыми скобами. Отклонение рамы в горизонтальной плоскости от ее проектного положения не должно превышать ± 10 мм, а по высоте ± 100 мм. Максимальная разность отметок между точками углов рамы не должна превышать ± 15 мм.

После установки, проверки и закрепления основной рамы производят контроль установки подшипников главного вала. По высоте они контролируются нивелированием нижних точек внутренней их поверхности (рис. IX.15), а в горизонтальной плоскости — по отвесам, опущенным с проволоки, натянутой между осевыми скобами оси главного вала подъемной машины. Отклонение подшипников в плане и по высоте от проектного положения не должно превышать ± 1 — 2 мм.

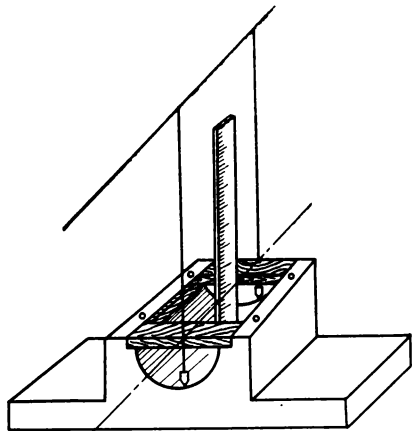


Рис. IX.15. Контроль установки подшипников главного вала подъемной машины

Контроль установки главного вала подъемной машины осуществляют так же, как и при установке подшипников. При этом среднее значение дирекционного угла разбивочной оси вала машины не должно отличаться от проектного более чем на $\pm 2'$. Угол между закрепленными осью подъема и осью вала машины не должен отличаться от прямого более чем на $\pm 1'$ а расстояние от центра створа до вала машины не должно отличаться более чем на ± 100 мм. Смещение точки пересечения оси вала и оси подъема в боковом направлении не должно быть более ± 50 мм. Высотная отметка вала не должна отличаться от проектной более чем на ± 100 мм.

После окончания монтажа барабана проверяют его положение относительно оси подъема. Контроль осуществляется двумя отвесами, от которых измеряют расстояния до реборды барабана. Соответствие измеренных расстояний проектным указывает на

правильность установки барабанов. Окончательную проверку подъема осуществляют путем определения углов девиации на барабанах подъемной машины и на шкивах.

Проверка действующего подъемного комплекса. После окончания монтажа подъемной установки окончательно проверяют горизонтальность осей вала подъемной машины и копровых шкивов, положение осей подъемных канатов относительно проводников на уровне нулевой площадки и углы девиации подъемных канатов на барабанах и шкивах.

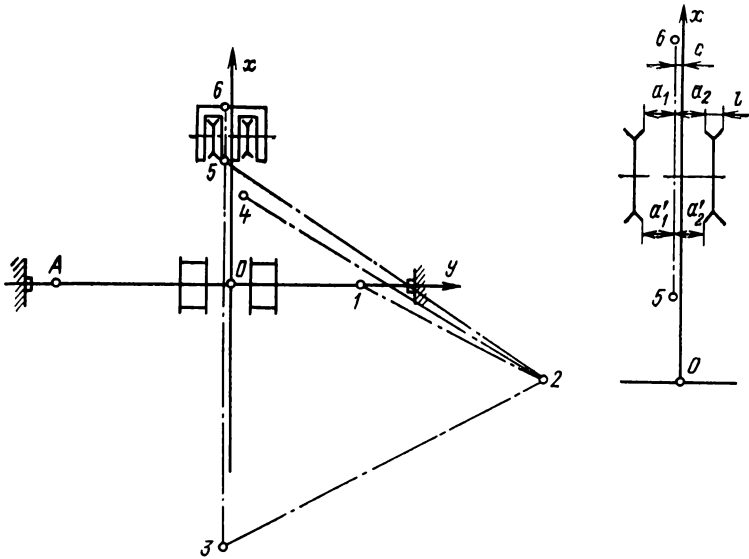


Рис. IX.16. Схема проверки соотношения геометрических элементов подъемной установки

Для проверки правильности взаимного положения геометрических элементов подъемной установки от разбивочной оси главного вала подъемной машины прокладывают теодолитный ход (рис. IX.16). Для этого примерно на оси подъема закрепляют точку 3 теодолитного хода $A-1-2-3-5$ на расстоянии 40—100 м от ствола и точку 4 вблизи нулевой площадки. На точке 3 откладывают угол $2-3-5$ (от стороны $3-2$), предварительно вычисленный с таким условием, чтобы направление $3-5$ было перпендикулярно оси вала машины. Затем выносят это направление на подшивную площадку, фиксируя его проволокой $5-6$. На подшивной площадке измеряют расстояния a_1 , a_1' , a_2 и a_2' от проволоки до внешних граней реборд шкивов на концах горизонтального диаметра, а также расстояние l между внешними гранями реборд шкива. В здании подъемной машины измеряют расстояния между внутренними гранями реборд барабанов,

ширину свободной части, ширину рабочей части и общую ширину зон витков трения и запасных витков.

Для определения положения подъемных канатов относительно проводников на уровне нулевой площадки и горизонтальной проекции линии, соединяющей оси вала подъемной машины и копровых шкивов, на точке 4 производят инструментальную съемку проводников и подъемных канатов (в момент, когда подъемный сосуд опущен на нижний горизонт). Горизонтальность вала подъемной машины и направляющих шкивов проверяют с помощью нивелира. Далее производят вычисление координат, высотных отметок и углов девиации.

По результатам инструментальной съемки вычисляют координаты x и y осей канатов и проводников. Среднее значение из полусуммы ординат (абсцисс) осей двух парных проводников и ординат оси каната не должны отличаться между собой более чем на ± 20 мм. Для каждого каната вычисляют два максимальных угла девиации на барабанах подъемной машины (α_n — наружный и α_b — внутренний) и два угла девиации на шкиве (β_n — наружный, β_b — внутренний) по соответствующим формулам, указанным выше.

Расстояния a и a' для двух барабанных подъемных установок определяются по формулам:

$$a = 0,5(a_1 + a_2) + 0,5l \pm c,$$
$$a' = 0,5(a'_1 + a'_2) + 0,5l \pm c,$$

где c — расстояние между вынесенным направлением и осью O_x , равное ординате точки 5.

Знак перед c находится положением проволоки 5—6 относительно оси O_x .

Наклонное расстояние L (струны каната)

$$L = \sqrt{L_0^2 + \Delta h^2},$$

где $L_0 = x_k - \frac{D_{ш}}{2}$ — горизонтальное положение (здесь x_k — абсцисса каната в принятой системе координат; $D_{ш}$ — диаметр шкива); Δh — превышение оси вала шкива относительно оси вала машины.

Особенности маркшейдерских работ при сооружении башенного копра. Башенные копры сооружают в виде башни цилиндрической формы. Их возводят из монолитного железобетона с помощью передвижной опалубки или в виде прямоугольной башни, сооружаемой из сборного стального каркаса и сборных железобетонных панелей.

При строительстве башенных копров в подготовительный период в натуре переносят проектные отметки и контур площадки вокруг копра, разбивают оси сооружения системы водоотвода

от будущего котлована и контур котлована под фундамент. После отрывки котлована на его дно переносят оси ствола, от которых разбивают места установки внутренней и внешней опалубок фундамента и его подушки. Смещение осей опалубки относительно проектного положения в плане не должно превышать ± 15 мм, а плоскости опалубки от вертикали ± 20 мм. После окончания бетонирования фундамента и его перекрытия нивелированием производят проверку горизонтальности перекрытия. Оси ствола переносят на скобы, забетонированные с наружной стороны фундамента и в балках перекрытия.

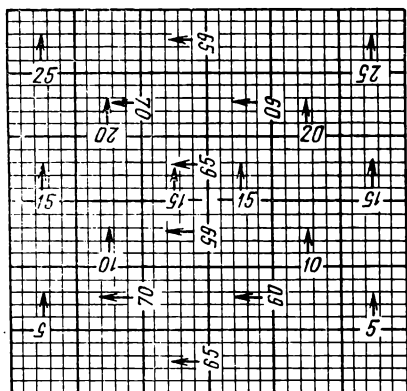


Рис. IX.17. Визирная марка: 5, 10, 15, 20, 25 — оцифровка малой шкалы марки; 60, 65, 70 — оцифровка большой шкалы марки

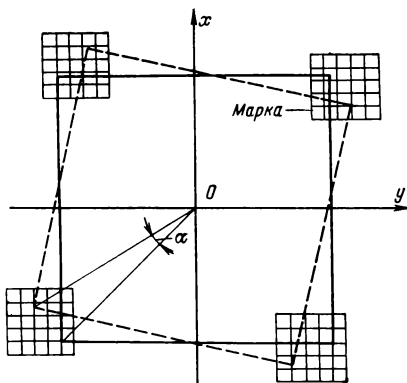


Рис. IX.18. Схема совмещенных сечений башенного копра

При возведении башни копра в передвижной опалубке маркшейдер проверяет размеры, форму и положение опалубки, собираемой на фундаментной плите. Вначале проверяют правильность сборки опалубки измерением расстояний от осей ствола, вынесенных на опалубку, до плоскости каждого щита, разделяющего опалубку на секции. С помощью нивелира контролируют горизонтальность рабочего пола в углах секций.

После возведения стен на высоту 1,5—2 м оси ствола закрепляют скобами с наружной и внутренней сторон копра. Теодолитом или отвесом проверяют совпадение в одной вертикальной плоскости точек на скобах с осевыми пунктами, закрепленными вблизи ствола. В процессе возведения копра положение опалубки контролируют зенит-прибором или отвесами. Зенит-прибором наблюдают за визирными марками, представляющими сетку квадратов на прозрачном материале (рис. IX.17).

Одновременно с плановым положением опалубки определяют высоту рабочего пола с помощью контрольных реек с дециметровыми делениями, прикрепленных к углам как шахтной, так и

наружной части башенного копра. По мере подъема опалубки контрольные рейки систематически наращивают. Кроме того, через каждые 20 м подвигания опалубки маркшейдер определяет высоту рабочего пола. Если высота рабочего поля по контрольным измерениям расходится с показаниями контрольных реек более чем на 20 мм, то отсчеты на рейке исправляют.

Результаты наблюдений за положением опалубки оформляют в виде плана совмещенных сечений копра (рис. IX.18), позволяющего своевременно установить отклонение стен копра от вертикали, растяжение, сжатие и угол поворота опалубки α . Отклонения каждой стенки башенного копра от вертикали не должны превышать величины, равной 0,002 от высоты копра, но не более 100 мм.

§ 42. Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов

Основная задача маркшейдерской службы при сооружении стволов — обеспечение проектного положения ствола и его осности, которое осуществляется разбивочными работами и контрольными измерениями при сооружении устья ствола, замерами и определением объемов работ по проходке и креплению, выполнением геологической и гидрогеологической съемок в стволе, контролем за возведением крепи ствола и его профильной съемки, а также контрольными измерениями при установке расстрелов и навеске проводников в процессе армирования ствола, составлением соответствующей документации маркшейдерских работ и журнала проходки ствола.

Основой маркшейдерских работ являются: стройгенплан промышленной площадки; координаты центра ствола и дирекционный угол его главной оси; высотные отметки устья ствола и сопряжений с околоствольными выработками; рабочие чертежи устья ствола с указанием проемов, опорных венцов, сечений ствола на разных горизонтах, расположения проходческого оборудования и элементов армировки; проектный геологический разрез по стволу и т. д.

При проходке ствола специальными способами кроме перечисленных материалов маркшейдер руководствуется также специальным проектом на замораживание или цементацию пород, на проходку ствола бурением и т. д.

Проходку ствола начинают с сооружения устья после установки и проверки рамы-шаблона. От временного центрального отвеса, который закрепляют на раме-шаблоне, проверяют вертикальность стенок устья ствола, его сечение и правильность возведения временной и постоянной крепи.

Рама-шаблон служит для обозначения в натуре контура поперечного сечения ствола, ее размеры и форма должны строго соответствовать проектному сечению ствола.

После проверки маркшейдером размеров рамы-шаблона укладывают ее на тщательно выровненную площадку в районе сечения ствола и центрируют относительно центра и осей ствола. С помощью нивелира проверяют горизонтальность рамы-шаблона, смещение которой относительно проектного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должно превышать ± 20 мм.

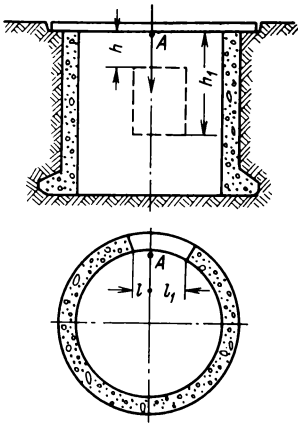


Рис. IX.19. Схема привязки проемов в шейке ствола

в 8 точках. Положение опалубки под опорный венец проверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях за мерами радиусов от центрального отвеса до наружной поверхности опалубки и за мерами расстояний от рамы-шаблона до кружальных ребер.

В процессе возведения постоянной крепи устья ствола определяют место закладки проемов для каналов и ходков с привязкой их по высоте от рамы-шаблона и в плане от осевого отвеса (рис. IX.19).

После возведения крепи, раму-шаблон заменяют на основную проходческую раму (рис. IX.20), которую устанавливают на постоянную крепь устья ствола и проверяют ее в плане и по высоте относительно центра и осей ствола. Ее смещение не допускается более ± 20 мм. На проходческую раму с помощью теодолита переносят центр ствола с пунктов оси ствола и закрепляют направляющий блок отвеса так, чтобы ось троса отвеса не была смещена относительно центра ствола более чем на ± 5 мм. В крепи на глубине ствола 0,7—1 м ниже проема канала или ходка за-

После проходки устья ствола до проектной отметки проверяют фактический геологический разрез. При соответствии геологического разреза проектному дается разрешение на разделку первого кольцевого вруба для опорного венца, в противном случае требуется согласование с проектной организацией. Горизонтальность вруба проверяют рулеточными промерами расстояний от рамы-шаблона до подошвы вруба по периметру сечения не менее чем

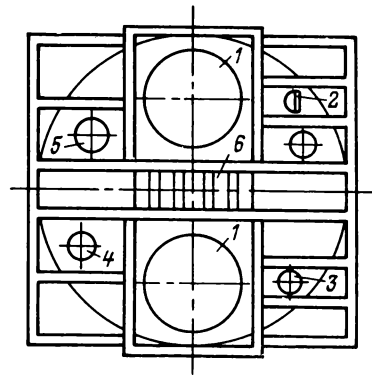


Рис. IX.20. Основная проходческая рама:

1 — проем для бадьи; 2 — спасательная лестница; 3 — вентиляционный став; 4 — бетонопровод; 5 — став сжатого воздуха; 6 — центральный отвес

крепляют четыре осевые скобы, на которые переносят направление осей ствола и передают высотную отметку. На нулевой раме направление осей ствола фиксируют специальными осевыми планками, которые располагают на расстоянии 150—200 мм от постоянной крепи устья ствола. Контроль за проходкой ствола при его сооружении осуществляют от центрального и боковых проходческих отвесов, закрепленных соответственно в центре или на осевых планках основной проходческой рамы. Проходческие отвесы не должны касаться стенок ствола и оборудования.

В настоящее время коллектив ВНИМИ разрабатывает для вертикальных стволов эффективный и надежный указатель отвесного направления — прибор с лазерным источником излучения (ЛУН), который должен заменить устаревшую конструкцию проходческого отвеса.

При проходке ствола производят съемку стенок его путем замеров радиусов от центрального проходческого отвеса до стенок ствола через каждые 3—4 м по высоте. По результатам измерений определяют фактическую площадь F_{ϕ} сечения ствола, которая должна соответствовать проектной площади сечения $F_{п}$ или превышать ее не более чем на 5%, т. е. $F_{\phi} = F_{п}$ или $F_{\phi} = 1,05F_{п}$ (где 1,05 — коэффициент, учитывающий увеличение проектного сечения на 5% за счет неровностей стенок ствола).

Установлено, что большие переборы боковых пород при сооружении ствола являются следствием неудовлетворительного ведения буро-взрывных работ и разметки шпуров в забое (особенно оконтуривающих), которые определяют проектный контур сечения ствола. Поэтому способ разметки шпуров и применяемые для этой цели проходческие шаблоны (рис. IX.21) должны находиться под систематическим маркшейдерским контролем.

Положение, направление и глубину пробуренных шпуров маркшейдер проверяет выборочно. При этом особое внимание уделяется оконтуривающим шпурам, смещение которых относительно паспорта не должно превышать ± 50 мм по окружности и ± 30 мм по радиусу. Маркшейдерские работы и контроль за возведением постоянной крепи стволов определяются технологической схемой производства работ.

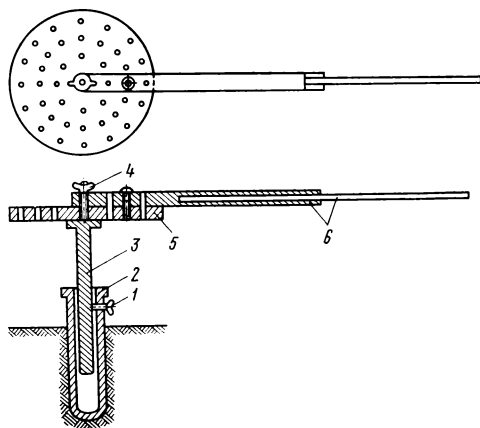


Рис. IX.21. Шаблон для разметки шпуров:
1 — зажимной винт; 2 — труба; 3 — центральный стержень; 4 — зажимная гайка; 5 — диск; 6 — телескопические штанги

При последовательной схеме проходки ствола работы по выемке породы и возведению крепи производят без совмещения этих процессов во времени. Ствол оснащают подвесным двухэтажным проходческим полком, к которому подвешивают металлическую передвижную опалубку.

После проходки ствола с применением временной крепи на величину заходки (20—40 м) приступают к возведению постоянной крепи в направлении снизу вверх от опорного венца, который устанавливают непосредственно на забое.

Расстояния между кольцами временной крепи не должны превышать проектное расстояние более чем на ± 50 мм, а диаметр собранного кольца не должен отличаться от проектного более чем на ± 30 мм. Правильность установки временной крепи проверяют по радиусам от проходческого отвеса или по расстояниям от боковых проходческих отвесов.

Опалубку под опорный венец устанавливают относительно центрального отвеса с точностью 2—3 см, а горизонтальность кружильных ребер и кругового поддона опалубки определяют по шланговому нивелиру или уровню. В каждом опорном венце закладывают осевые скобы для боковых отвесов, на которые передают высотные отметки с помощью стальной компарированной рулетки или длиномера. В дальнейшем эти скобы используют как высотные реперы для задания и контроля горизонта кольцевого вруба под опорный венец, замера объема выполненных работ по стволу, контроля расположения лунок под расстрелы армировки, а также для задания направления рассечкам околоствольных выработок и других ответственных разбивок в стволе.

В процессе крепления ствола маркшейдер периодически замеряет фактическую толщину стенок постоянной крепи, определяет местоположение и размеры вывалов, а также материалы и полноту забутовки. Отклонение стенок крепи от проектного радиуса ствола не должно быть более ± 30 мм, уменьшение толщины крепи против проектной допускается в пределах также 30 мм.

При возведении тюбинговой крепи для установки нижнего соединительного кольца необходимо прежде всего вычислить расстояние между устанавливаемыми нижним и верхним кольцами. Затем от верхнего соединительного кольца компарированной рулеткой откладывают расстояние, равное величине заходки. На забое ствола забивают металлический штырь, уровень головки которого должен соответствовать уровню нижнего соединительного кольца. Установку нижнего кольца по высоте маркшейдер тщательно проверяет путем измерения расстояния между верхним и нижним кольцами. Измеренная длина не должна отличаться от вычисленной на ± 50 мм, так как в противном случае не произойдет смыкания тюбинговой колонны или пикотажный шов будет настолько увеличен, что затруднит его качественную заделку.

При параллельной схеме проходки выемку породы и возведение крепи ствола выполняют одновременно. При этом под защитой предохранительного натяжного полка ведут работы по выемке породы и возведению временной крепи, а в верхнем участке ствола с подвесного проходческого полка возводят постоянную крепь с помощью передвижной металлической опалубки, проверку установки которой в вертикальной плоскости осуществляют шланговым нивелиром, а в горизонтальной — измерением от центрального или боковых проходческих отвесов до опалубки.

Превышение диаметально противоположных точек верхней кромки опалубки при отношении ее диаметра к высоте $d : h \geq 2$ не должно быть более ± 30 мм, а при $d : h \geq 1,5$ не должно быть более ± 20 мм и при отношении $d : h < 1,5$ не должно превышать ± 15 мм.

При совмещенной схеме проходки ствола работы по выемке породы и возведению постоянной крепи производят непосредственно в призабойном пространстве ствола без применения временной крепи. Обычно применяют монолитную бетонную постоянную крепь, возводимую с помощью передвижной забойной опалубки, или тьюбинговую крепь. Контроль за возведением крепи осуществляют так же, как и при параллельной схеме проходки.

При возведении тьюбинговой крепи независимо от принятой технологической схемы проходки ствола после окончания проходки устья разделявают башмак и на проектной отметке устанавливают первое тьюбинговое кольцо. Для этого забой выравнивают, укладывают деревянное кружало по диаметру тьюбингового кольца. Погрешность в установке кружала в горизонтальной плоскости не должна превышать ± 5 мм. Высотную отметку кружала определяют рулеточным промером от верха нулевой рамы устья ствола до верха уложенного кружала. При этом фактическая высотная отметка кружала не должна отличаться от проектной более чем на ± 50 мм.

Ориентировка по оси ствола стыка первого тьюбинга в кольце определяется проектом с учетом расположения элементов армировки. Если в проекте стык первого тьюбинга ориентирован по оси ствола, то с закрепленных осевых скоб в шейке ствола опускают боковой отвес, который служит ориентиром стыка не только первого тьюбингового кольца, но и остальных колец крепи в последующих заходках. Если стык первого тьюбинга ориентирован в проекте не по оси ствола, то маркшейдер производит вынос и закрепление ориентирной точки на нулевой площадке и подвешивают боковой отвес.

Установку первого тьюбингового кольца производят по шаблону на деревянном кружале, уложенном на забое ствола. Для этого шаблон вставляют в болтовые отверстия тьюбингов (рис. IX.22) и от центрального отвеса устанавливают два нормальных тьюбинга, стык которых должен совпадать с направлением бокового ориентирного отвеса. Чередую установку последующих тьюбингов

в кольце в обе стороны от нормального тубинга, контролируют каждый тубинг шаблоном и замыкают кольцо.

Установленное первое тубинговое кольцо должно отвечать следующим требованиям:

1) расстояния от центра ствола до внутренних граней тубингов должны соответствовать проекту с точностью ± 20 мм;

2) тубинговое кольцо должно быть ориентировано относительно оси ствола с точностью ± 30 мм;

3) вертикальные стыки тубингов в кольце должны располагаться по отвесной линии;

4) высотная отметка положения тубингового кольца не должна превышать проектную более чем на ± 50 мм.

После установки опорного тубингового кольца производят возведение постоянной крепи в заходке по принятой технологической схеме.

Контроль положения тубингового кольца в плане производят замерами расстояния от центрального отвеса до угловых точек на стыках тубингов в кольце, а горизонтальность проверяют через каждые 5—8 колец тубингов с дополнительным измерением толщины стенок постоянной крепи, мест вывалов породы и

Рис. IX.22. Схема установки тубингов по шаблонам:

1 — тубинг; 2 — боковой ориентирный отвес; 3 — шаблон; 4 — центральный отвес

регистрацией способа забутовки пустот. При отклонении тубинговой колонны от проектного вертикального положения на величину более ± 30 мм производят исправление.

Для определения глубины пройденной части ствола в постоянной крепи закладывают реперы (обычно в опорном башмаке). Места закладки выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить их сохранность и доступ к ним при контрольно-измерительных работах в стволе. Передачу высотной отметки производят рулеткой от реперов, заложенных в вышележащих опорных башмаках. При значительной глубине ствола во избежание накопления погрешности от последовательной передачи высотной отметки рулеткой на глубоко расположенные реперы контрольную передачу отметки с поверхности производят дальномером ДА-2

При проведении гидроизоляционных работ маркшейдер постоянно контролирует качество их выполнения, составляет развертку тубинговой колонны с указанием мест затампонированных зон и объема закачанного раствора. После завершения гидроизоляционных работ маркшейдер совместно с геологом составляет акт на остаточный приток воды в ствол и прикладывает его к акту сдачи ствола. При проходке ствола прямоугольного сечения и возведении деревянной крепи проходческие отвесы опускают в четырех точках на расстоянии 20—30 см от стенок ствола.

Все результаты маркшейдерских съемок и замеров при проходке ствола заносят в журнал проходки ствола, который регулярно заполняется маркшейдером участка и является основным первичным исполнительным документом.

Гидрогеологическая съемка. Приток воды в ствол при проходке обычно определяют по производительности насоса или путем замера объема воды, поступающей в мерный сосуд в единицу времени.

Водоприток в перекачную камеру ствола определяют путем заполнения мерного сосуда известной вместимости водой, поступающей через шланг или трубу из водоуправляющего кольца. Такие измерения проводятся маркшейдером не менее 3—5 раз. По результатам определяют среднее арифметическое значение времени наполнения мерного сосуда.

Водоприток в перекачную камеру определяют по формуле

$$V = \frac{60v}{t}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где v — вместимость мерного сосуда, м^3 ; t — среднее время наполнения мерного сосуда, мин.

Водоприток в забое ствола может быть определен путем замера уровня воды. Для этого в забое ствола устанавливают специальную рейку, отмечают уровень воды в забое и отключают забойный насос на 10—20 мин. Зная площадь сечения ствола и высоту подъема уровня воды, вычисляют водоприток по формуле

$$V = \frac{Fh60}{t_1}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — площадь сечения ствола, м^2 ; h — высота подъема уровня воды, м; t_1 — время подъема уровня воды, мин.

Однако этот способ не является достаточно точным, так как площадь сечения ствола имеет погрешности из-за неровности контура забоя ствола.

Наиболее точным является способ, при котором на забое ствола в нескольких точках устанавливают фиксаторы уровня воды. Воду из забоя насосом откачивают в бадью, вместимость которой предварительно определяют с необходимой точностью. После заполнения бадьи водой отмечают время, за которое уровень воды в забое поднимается к фиксатору, т. е. количество воды в забое увеличится на вместимость бадьи. Число подобных измерений должно быть не менее трех в одном цикле. В этом случае приток воды в забое ствола определяют по формуле

$$V_3 = \frac{60v_6}{t_2}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где v_6 — вместимость бадьи, м^3 ; t_2 — среднее время наполнения бадьи, мин.

Армирование ствола. После окончания проходки ствола производится его армирование. Основной задачей маркшейдера в про-

цессе армирования ствола является своевременный контроль за установкой элементов армировки в соответствии с проектом.

Проект производства маркшейдерских работ составляется маркшейдерской службой строительного управления и согласовывается с главным маркшейдером строительного треста.

Проект производства маркшейдерских работ на армирование ствола включает маркшейдерские работы подготовительного периода, текущий контроль в процессе армирования ствола, окончательную проверку точности установки элементов армировки и вопросы техники безопасности.

В подготовительный период маркшейдерская служба должна произвести выборочную проверку линейных размеров элементов армировки; составить проект расположения и закрепления армировочных отвесов с указанием расстояний между ними и до контролируемых точек элементов армировки; подготовить эскизы конструкции шаблонов и проконтролировать точность их изготовления; провести инструктаж с горным надзором о работе с шаблонами в процессе монтажа яруса армировки и навески проводников; составить перечень и количество необходимого оборудования, материалов и инструментов для маркшейдерских работ при армировании ствола; проверить контрольный стенд для сборки ярусов армировки на поверхности; произвести установку контрольного яруса расстрелов в стволе; перенести на контрольный ярус точки подвески армировочных отвесов и составить журнал армирования ствола.

Перед началом армирования ствола маркшейдер производит контрольную профилировку крепи с целью проверки минимальных зазоров между крепью и наиболее выступающей частью подъемных сосудов, а также выявления возможных искривлений стенок ствола. При необходимости профилирование крепи ствола осуществляют от отвесов, опущенных с поверхности до забоя ствола, путем измерения расстояний от центрального или боковых отвесов. Боковые отвесы опускают в местах минимальных зазоров между крепью ствола и подъемными сосудами. Профилирование следует вести с бадьи по интервалам глубины, равным шагу армирования.

При составлении проекта производства маркшейдерских работ по армированию ствола оптимальное число армировочных отвесов определяют в зависимости от технологической схемы армирования, расположения элементов армировки и размещения подвесного оборудования в стволе.

Взаимное расположение отвесов в каждом конкретном случае выбирают с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить соответствующую точность установки всех элементов яруса армировки. Отвесы располагают на одинаковых расстояниях (50—100 мм) от проектного положения боковой грани расстрелов вблизи лежек так, чтобы не затруднять навеску проводников.

При определении числа армировочных отвесов и выборе мест их расположения рекомендуется руководствоваться технической инструкцией по производству маркшейдерских работ.

Установку первого контрольного яруса расстрелов начинают с разметки положения лунок в крепи ствола. Для этого между осевыми скобами, закрепленными в шейке ствола, натягивают проволоку, подвешивают на ней боковые отвесы с легкими грузами и выполняют разметку лунок. После разработки лунок до проектных размеров в них заводят концы расстрелов контрольного яруса, правильность установки которых проверяют путем измерения расстояний от осей ствола до концов каждого расстрела, лежек и мест сочленения расстрелов между собой, а также путем нивелирования концов каждого расстрела. Горизонтальность полки каждого расстрела в поперечном направлении проверяют с помощью уровня или парного отвеса. При этом смещение лежек относительно проектного положения в плане не должно превышать ± 3 мм, превышение концов расстрелов не должно быть более 5 мм, а наклон поперечной оси расстрела должен быть не более $\pm 20'$.

Согласно принятой схеме расположения армировочных отвесов на расстрелах укрепляют пластины с отверстиями, через которые пропускают армировочный трос диаметром 3 мм с грузом, обеспечивающим необходимое натяжение троса.

При армировании ствола по нисходящей схеме грузы отвесов должны постоянно находиться над верхним этажом подвесного армировочного полка и опускаться по мере движения полка.

При армировании ствола по восходящей схеме возникает необходимость установки второго контрольного яруса на горизонте околоствольного двора. В этом случае с первого (верхнего) контрольного яруса опускают отвесы с облегченными грузами до места положения второго (нижнего) контрольного яруса. После успокоения отвесов с перекрытия зумпфовой части ствола или с этажа подвесного полка устанавливают расстрелы второго контрольного яруса по домерам от армировочных отвесов. При выключенном вентилаторе наблюдают колебания каждого троса отвесов и фиксируют его среднее положение. После фиксации всех отвесов рулеткой измеряют расстояния между ними. Если эти расстояния не превышают соответствующие расстояния на поверхности более чем на ± 5 мм, то устанавливают расстрелы контрольного яруса и приваривают к ним лежки. Затем на расстрелах контрольного яруса закрепляют планки-ограничители, заводят в прорези ограничителей трос отвесов и фиксируют его скобами.

В процессе армирования ствола для уменьшения амплитуды колебания отвеса ограничители колебаний переносят по глубине через каждые 60—100 м. Закрепление ограничителей на расстрелах производят после контрольного измерения расстояний между всеми отвесами. При этом измеренные расстояния не должны отличаться от соответствующих измерений на верхнем (контрольном) ярусе более чем на ± 5 мм.

Контрольно-измерительные работы при установке расстрелов и проводников включают: разметку шаблоном (рис. IX.23) лунок под расстрелы и опорные стулья; проверку дистанционным шабло-

ном (рис. IX.24) взаимного положения расстрелов по высоте; контрольные измерения расстояний между отвесами; проверку отвесов правильности установки расстрелов, проводников и опорных ступень; контроль взаимного положения расстрелов и проводников в ярусе; измерение минимальных зазоров между крепью ствола и выступающей частью подъемных сосудов, которые будут навешены в стволе. Результаты контрольных измерений по каждому ярусу армировки заносят в журнал армирования ствола.

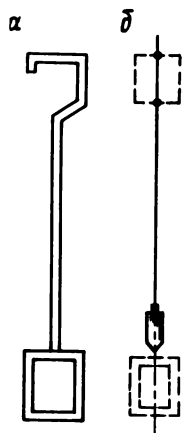


Рис. IX.23. Вертикальные шаблоны:
а — жесткий; б — гибкий

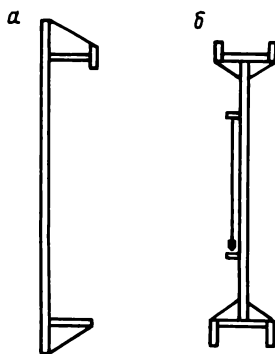


Рис. IX.24. Дистанционные шаблоны
для подвески на расстреле (а); для
установки на расстреле (б)

При выполнении армировочных работ должны быть соблюдены следующие требования: отклонения расстояний между ярусами от проектных не должны превышать ± 10 мм при навеске проводников прямоугольного профиля; ± 15 мм — при навеске рельсовых проводников и ± 50 мм — при навеске деревянных проводников.

Расхождения расстояний от отвесов до соответствующих точек расстрелов или проводников (лежек) на рабочем горизонте и на контрольном ярусе не должны отличаться более чем на ± 5 мм при металлической армировке и ± 10 мм при деревянной. Отклонения проводников не должны превышать по ширине колен ± 5 — 8 мм для металлических и ± 10 мм для деревянных проводников. Отклонения расстрелов от вертикальной плоскости оси расстрелов на двух смежных ярусах должны быть не более ± 5 мм для металлических расстрелов и ± 10 мм для деревянных. Отклонение одного проводника относительно другого в плоскости проекции, параллельной расстрелом, не должно превышать 10 мм для металлических и 20 мм для деревянных проводников. Превышение между концами расстрелов не должно быть более 1 : 200 длины расстрела. Общее отклонение всей системы армировки от проектного (вертикального) положения не должно превышать 1 : 20 000 глубины

ствола. На стыках проводники должны точно совмещаться торцами без каких-либо выступов. Окончательную проверку правильности установки расстрелов и навески проводников осуществляют контрольной профилировкой, которую производят способом непосредственных линейных измерений с использованием отвесов, расположенных вблизи проводников на расстоянии 20—30 см, оптическим способом с использованием проектира направления ПН-1м или ПН-1 и длиномера ДА-2 или автоматическим способом с использованием измерительной станции типа СИ.

Наиболее совершенным способом является автоматический, который обеспечивает непрерывность и высокую точность измерений.

Углубка вертикального ствола. При углубке ствола горнопроходческие работы ведутся в условиях эксплуатации подъема в стволе. В зависимости от направления ведения горнопроходческих работ углубку ствола производят сверху вниз, снизу вверх или одновременно сверху вниз и снизу вверх.

Работы по углубке сверху вниз производят по нескольким технологическим схемам: под искусственным предохранительным полком; через углубочный ходок предохранительного породного целика, оставленного под зумпфом ствола; через вспомогательные выработки, пройденные вне ствола.

При углубке ствола сверху вниз восстановление центра и осей углубляемой части ствола под искусственным предохранительным полком (рис. IX.25) производят путем определения положения направления осей ствола по элементам крепи и армировки в зумпфовой части ствола ниже места установки предохранительного искусственного полка, которое фиксируют насечками на скобах. После сооружения предохранительного полка между скобами натягивают проволоки и определяют фактическое положение центра ствола в точке пересечения проволок, который закрепляют в нижней части предохранительного полка и подвешивают в нем центральный проходческий отвес. Дальнейшие маркшейдерские работы при углубке аналогичны работам при сооружении ствола с поверхности.

При углубке ствола через углубочный ходок (рис. IX.26) предохранительного породного целика восстановление центра и осей углубляемой части ствола производят с помощью двух отвесов *A* и *B*, опущенных с действующего горизонта через углубочный ходок в камеру под целиком.

На действующем горизонте методом съемки определяют координаты центра ствола, дирекционный угол главной оси ствола, координаты отвесов и дирекционный угол створа отвесов. Под целиком в кровле камеры закрепляют точку *K*, устанавливая под ней теодолит и визируют трубой теодолита на отвесы *A* и *B*. На продолжении визирного луча *KA* и *KB* отмечают на стенках камеры соответственно точки *a* и *b*. По результатам примыкания к отвесам определяют координаты точек *K*, *a*, *b* и дирекционные

углы (KA) и (KB), которые соответственно будут равны дирекционным углам (Ka) и (Kb). Решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционный угол и расстояние l между точкой K и центром ствола $Ц$, а по известным дирекционным углам ($KЦ$), (Ka), (Kb) определяют горизонтальные углы при точке K по формулам:

$$\beta_1 = (KЦ) - (Ka);$$

$$\beta_2 = (KЦ) - (Kb).$$

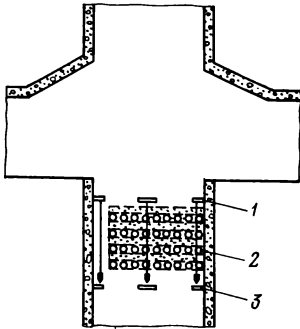


Рис. IX.25. Выноска центра и осей ствола под искусственный предохранительный полком:

1 — осевые скобы над полком; 2 — предохранительный полком; 3 — осевые скобы под полком

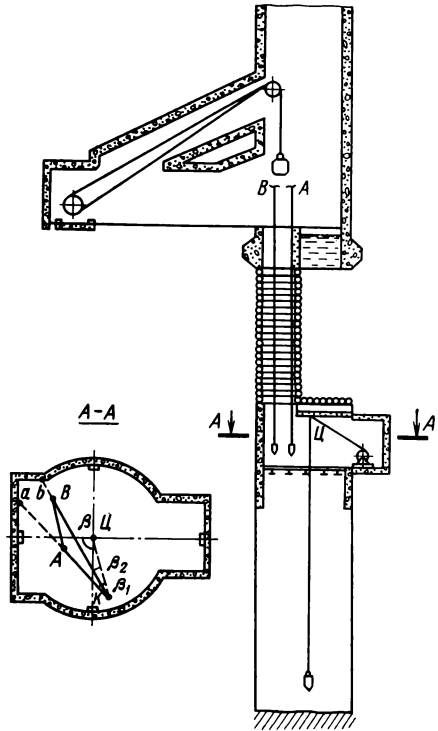


Рис. IX.26. Схема восстановления центра и осей углубляемой части ствола через углубочный ходок с помощью отвесов и теодолита

Затем теодолитом откладывают эти углы в натуре и по направлению визирного луча от точки K на расстоянии l отмечают и закрепляют точку $Ц$. По известному дирекционному углу $\alpha_{Ц}$ главной оси ствола и дирекционному углу ($KЦ$) вычисляют угол направления главной оси ствола β по формуле

$$\beta = \alpha_{Ц} - (KЦ).$$

Далее устанавливают теодолит в точке $Ц$ и от направления $KЦ$ откладывают углы β ; $\beta + 90^\circ$; $\beta + 180^\circ$; $\beta + 270^\circ$, по направлению которых закрепляют осевые скобы и отмечают на них положение оси ствола. После навески центрального проходческого отвеса

производят углубку ствола, при которой маркшейдерские работы выполняют в обычном порядке.

Углубка ствола через вспомогательные выработки (гезенки, слепые стволы или наклонные выработки), пройденные за пределами ствола, требует дополнительных маркшейдерских работ,

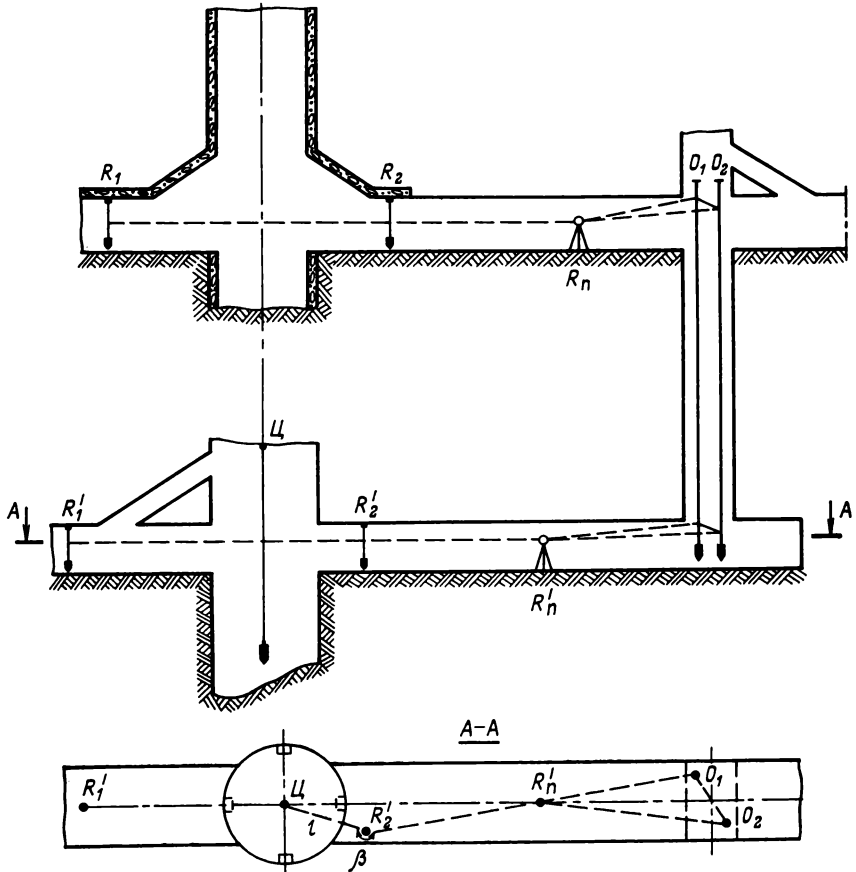


Рис. IX.27. Выноска центра и осей в углубляемой части ствола через гезенк

связанных с проложением полигометрии от ствола на действующем горизонте через вспомогательную выработку в камеру, расчеченную под стволом.

Для выноска центра ствола в камеру под целик через гезенк (рис. IX.27) определяют координаты центра ствола и дирекционный угол одной из осей ствола на действующем горизонте от точек подземной полигометрии R_1 и R_2 . Затем от этих же точек прокладывают полигометрию до гезенка и производят ориентирование через гезенк с последующим определением дирекционного

угла (R'_n , R'_2) и координат точек R'_n и R'_2 , закрепленных в камере под стволом. По известным координатам центра ствола и точки R'_2 решением обратной геодезической задачи определяют дирекционный угол (R'_2C) и длину линии l . Угол направления β в точке R'_2 вычисляют из разности дирекционных углов (R'_n , R'_2) и (R'_2C).

Горизонтальным углом β и расстоянием l определяются положение центра ствола в камере. Далее по разности дирекционных углов (R'_2C) и оси ствола вычисляют углы направления β' , $\beta' + 90^\circ$, $\beta' + 180^\circ$ и $\beta' + 270^\circ$, по которым производят разбивку осей ствола и закрепление их осевыми скобами на стенках камеры.

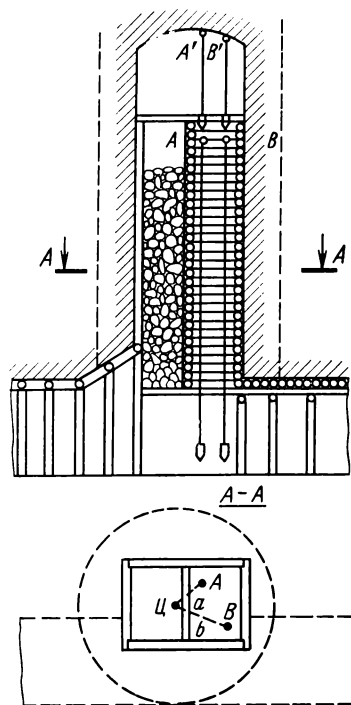


Рис. IX.28. Схема углубки ствола снизу вверх

При углубке ствола снизу вверх порядок маркшейдерских работ по выноске центра и осей ствола на горизонте углубки аналогичен очередности работ по углубке ствола сверху вниз через вспомогательные выработки. При этом под забойным полком на скобах временной крепи в лестничном отделении закрепляют два проходческих отвеса A и B (рис. IX.28). Положение отвесов A и B относительно центра ствола проверяют на горизонте углубки промежутками расстояний a и b . В забое центр ствола определяют линейной засечкой или с помощью шаблонов от легких вспомогательных отвесов A' и B' , которые предварительно центрируют над основными отвесами A и B . Пере-

несение скоб для основных отвесов производят через каждые 5—10 м, а через каждые 30 м по высоте положение отвесов контролируют от оси ствола на горизонте углубки.

После проходки восстающего с действующего горизонта опускают центральный отвес до горизонта углубки, производят расширение восстающего сверху вниз до проектного сечения ствола и возводят постоянную крепь.

§ 43. Маркшейдерские работы при сооружении стволов шахт специальными способами

Сооружение стволов в сложных горно-геологических условиях в зависимости от физико-механических, гидрогеологических и других свойств пересекаемых пород осуществляют с применением

шпунтового ограждения, опускных крепей, под сжатым воздухом (кессонный способ), с предварительным водопонижением пород, тампонированием пород, искусственным замораживанием горных пород, применением способа бурения стволов. Наибольшее распространение в отечественной и зарубежной практике шахтного строительства получили способы предварительного тампонирования, искусственного замораживания горных пород и способ бурения стволов.

Способ предварительного тампонирования пород. При проходке стволов этим способом маркшейдерская служба выполняет разбивку на местности устьев тампонажных скважин, осуществляет контроль за направлением бурения скважин, за геометрическими размерами тампонажной подушки при ее укладке и составлении исполнительной документации.

При тампонировании пород с поверхности скважины располагают вокруг контура ствола по окружности, диаметр которой на 3—4 м больше диаметра ствола в проходке. Разбивку скважин выполняют от центра ствола по направлению радиусов с помощью теодолита и рулетки с точностью ± 50 мм. Точки устьев скважин при разбивке закрепляют деревянными кольями, на которых указывают номер скважины. После оборудования буровой площадки и укладки кольцевых рельсов под буровые установки нивелированием по точкам через 1 м проверяют их горизонтальность. Отклонение кольцевых рельсов от горизонтального положения не должно превышать ± 10 мм.

После установки кондукторов в устья скважин проверяют их вертикальность. Отклонение оси скважины от вертикали и ее направление определяют съемкой проекциометром или инклинометром типа ИК. По результатам съемки строят инклинограммы и составляют погоризонтные планы, на которых производят построение тампонажных зон вокруг каждой скважины радиусом, равным проектной величине распространения тампонажного раствора в соответствующих породах (рис. IX.29).

При тампонировании пород из забоя ствола (рис. IX.30) маркшейдер производит разбивку устьев скважин на забое ствола, задает направление скважинам, определяет глубину и направление пробуренных скважин, контролирует правильность установки кондукторов и геометрические параметры тампонажной подушки. Разбивку устьев скважин он выполняет от центрального проходческого отвеса по рабочим чертежам с помощью рулетки.

По результатам бурения маркшейдер составляет план расположения скважин и проекцию их на вертикальную плоскость.

При возведении тампонажной подушки на забое ствола маркшейдер проверяет ее высоту и качество уложенного бетона.

Способ замораживания пород. При этом способе проходки ствола маркшейдерская служба производит разбивку замораживающих и контрольных скважин; контролирует сооружение буровой площадки и монтаж бурильных установок; осуществляет

контроль центрирования буровой вышки и первоначального забуривания скважины под кондуктор; проверяет вертикальность установки кондуктора в скважине; производит съемку скважин в процессе их бурения; контролирует герметичность замораживающих колонок; составляет погоризонтные планы ледопородного ограждения; осуществляет силами спецслужб ультразвуковой контроль за формированием ледопородного ограждения и оттаиванием замороженных пород после окончания проходки ствола; анализирует

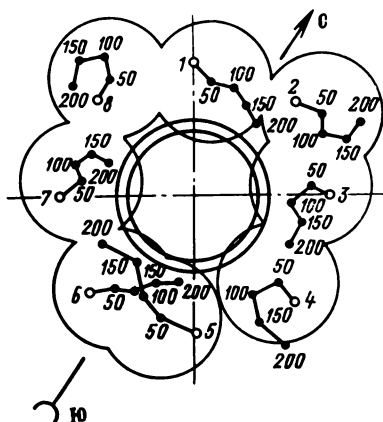


Рис. IX.29. Погоризонтный план цементационной завесы

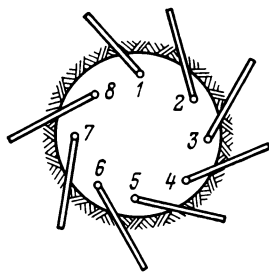
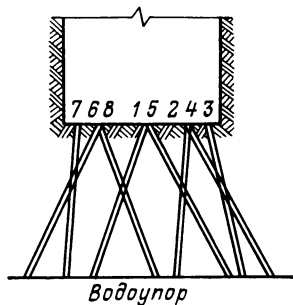


Рис. IX.30. Расположение скважин при цементации из забоя ствола



формирование ледопородного ограждения по результатам измерений в гидронаблюдательной, термонаблюдательных, замораживающих и ультразвуковой скважинах; задает место и направление дополнительным замораживающим скважинам при бурении их в целях ликвидации «окон» в ледопородном ограждении; контролирует положение нулевой изотермы в сечении ствола во время его проходки; осуществляет контроль за качеством и геометрическими размерами возводимой тубинговой крепи в замороженной зоне; устанавливает маяки в крепи ствола для контроля возможной деформации ее в зоне замороженных пород в период их оттаивания и составляет соответствующую исполнительную документацию по сооружаемому стволу.

На основании проектных данных маркшейдер теодолитом (рис. IX.31) или специальным шаблоном (рис. IX.32) производит разбивку устьев замораживающих скважин с погрешностью ± 50 мм. Высотные отметки устьев определяют геометрическим нивелированием.

Как правило, выноску устья первой скважины производят рулеткой от оси ствола, а затем выносят на местность остальные точки устьев с помощью теодолита, установленного в центре ствола или шаблона.

Разбивку контрольных термонаблюдательных, гидронаблюдательной и ультразвуковой скважин производят способом засечки рулеткой от осей ствола или от вынесенных устьев замораживающих скважин.

Перед началом бурения скважин маркшейдер проверяет вертикальность бурильной установки, центрирование вышки над устьем скважины, прямолинейность и отвесное положение ведущей квадратной штанги, а также соосность труб бурильной колонны с квадратной трубой.

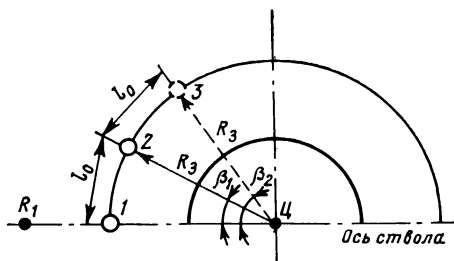


Рис. IX.31. Схема разбивки замораживающих скважин теодолитом и рулеткой

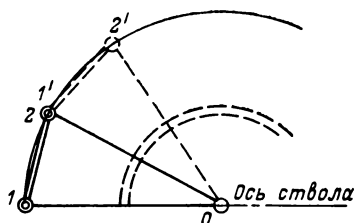


Рис. IX.32. Схема разбивки замораживающих скважин шаблоном

Наиболее эффективным способом проверки вертикальности установленного кондуктора или пробуренной скважины глубиной до 100 м является способ измерения проекциометром типа ПМ-4, который разработан во ВНИМИ и изготовлен его заводом. Проекциометр предназначен для контроля вертикальности бурения скважин путем определения приращений координат между исходной и искомой точками.

При использовании проекциометра глубина спуска его груза (рис. IX.33) в скважину определяется мерным роликом, а величина отклонения троса от вертикали, на котором подвешен груз, — микрометрическим уровнем (рис. IX.34), закрепленным на тросе.

Камеральная обработка измерений включает вычисление приращений координат между центром устья скважины и центром контролируемого сечения и построение совмещенного плана искривленной скважины.

Наиболее широкое практическое применение для съемки глубоких замораживающих скважин получили гироскопический фотоинклинометр И560Ф, дистанционные инклинометры И447Д и ВД2 (ВНИМИ), а также инклинометр «Зенит». Эти инклинометры обеспечивают высокую производительность и точность съемки скважин. Их показания не зависят от влияния ферромагнитных масс, что очень важно при съемке обсадных скважин.

Гироскопический фотоинклинометр И560Ф предназначен для съемки скважин глубиной до 1000 м с отклонением их оси от вертикали до 6° и с внутренним диаметром обсадной колонны 127 мм. Вся аппаратура и оборудование станции размещены в кузове специальной автомашины. В комплект станции входят скважинный снаряд (рис. IX.35), приборы контроля и управления, преобразо-

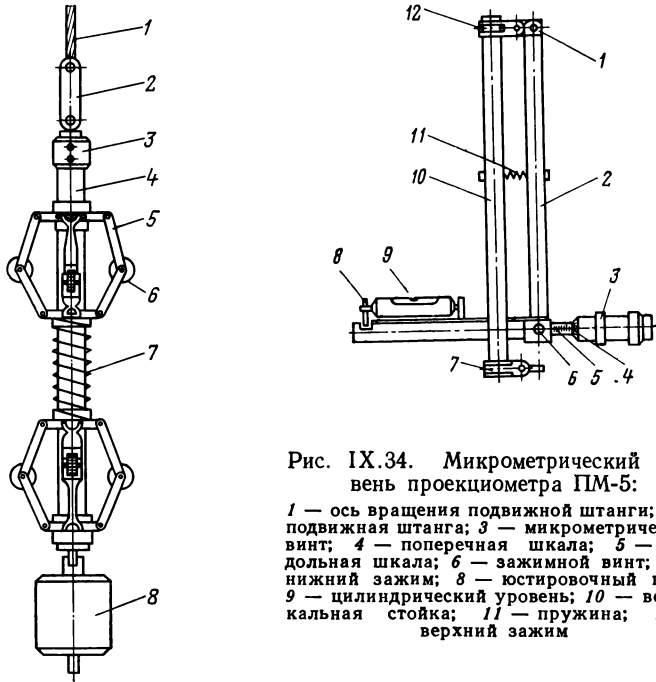


Рис. IX.34. Микрометрический уровень проекциометра ПМ-5:

1 — ось вращения подвижной штанги; 2 — подвижная штанга; 3 — микрометрический винт; 4 — поперечная шкала; 5 — продольная шкала; 6 — зажимной винт; 7 — нижний зажим; 8 — юстировочный винт; 9 — цилиндрический уровень; 10 — вертикальная стойка; 11 — пружина; 12 — верхний зажим

Рис. IX.33. Центральный груз ЦГ-200:

1 — трос; 2 — серьга; 3 — вертлюг; 4 — корпус; 5 — рычаг; 6 — ролик; 7 — распорная пружина; 8 — дополнительный груз

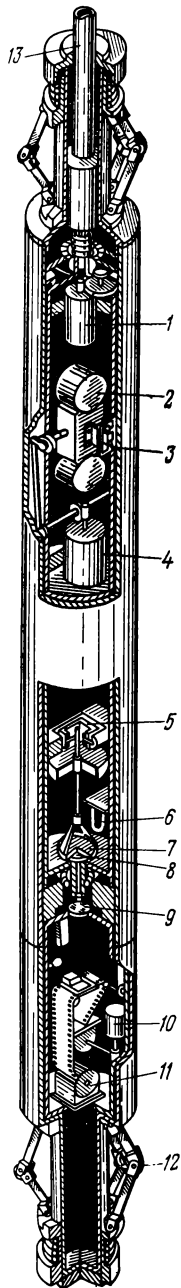
ватель тока со стабилизатором напряжения, вспомогательное оборудование (лебедка с трехжильным кабелем КТШ-2, штатив с блокбалансом, ЗИП для ремонтных работ) и фотопринадлежности для обработки пленки.

Подготовленный к работе инклинометр подвешивают на штативе над устьем скважины, наклоняют его на $4-5^\circ$ в плоскости ориентира и производят фотографирование 1—2 контрольных кадров. Время фотографирования и номера ориентирных кадров записывают в журнал съемки.

После ориентирования измерительного прибора включают лебедку на спуск и автоматическое управление фотокамерой. В процессе спуска измерительного прибора происходит автоматическая фоторегистрация на пленку совмещенного положения марки и шкалы маятника (рис. IX.36).

Рис. IX.35. Скважинный снаряд гироскопического фотоинклинометра И560Ф:

1 — исполнительный двигатель; 2 — чувствительный элемент; 3 — датчик; 4 — двигатель АДП-123; 5 — подвес; 6 — импульсная лампа; 7 — шкала; 8 — марка; 9 — объектив; 10 — двигатель МН-145; 11 — кассеты; 12 — направляющие ролики; 13 — токопроводящий кабель



По окончании съемки производят считывание с пленки измеренных величин и вычисление приращений координат оси скважины. По результатам приращений строят план скважины (инклинограмму) в условной системе координат.

Для построения плана скважины (М 1 : 50) наносят ориентирные направления при спуске и подъеме измерительного прибора, определяют среднее направление и строят инклинограмму относительно этого направления.

Недостатками этого инклинометра являются довольно длительное время камеральной обработки и большой диаметр скважинного снаряда (110 мм), что не позволяет производить съемку скважины внутри буровой колонны.

Дистанционный гироскопический инклинометр И447Д позволяет автоматически непосредственно во время движения скважинного снаряда внутри бурильной колонны получать без камеральной обработки план скважины в масштабе 1 : 10 или 1 : 50 на планшете у оператора.

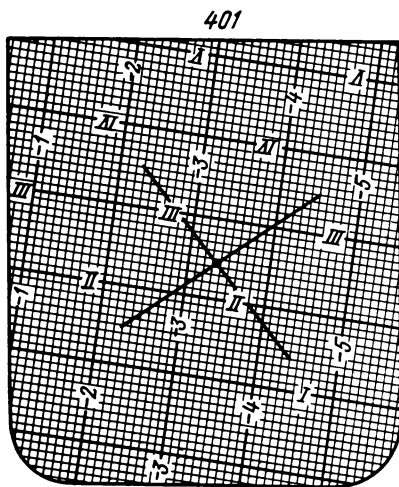


Рис. IX.36. Фотокадр совмещения шкалы маятника с крестообразной маркой

Инклинометрическая станция И447Д включает: скважинный снаряд; пусковую и контрольно-измерительную аппаратуру с планографом; силовой блок, обеспечивающий электропитание станции; оборудование для спуска и подъема скважинного снаряда (лебедку с электроприводом, кабель, мерный шкив с датчиком глубины, штатив); ЗИП для ремонта, наладки и юстировки инклинометра.

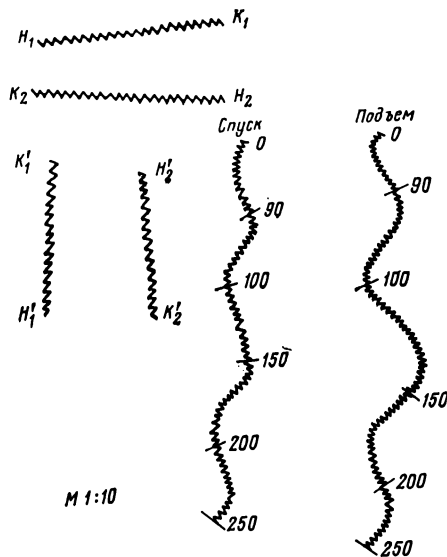


Рис. IX.37. Записи самописцем на планшете инклинометра

Скважинный снаряд состоит из наружного корпуса, измерительной части и направляющих роликов.

Для проведения съемки над скважиной устанавливают штатив, закрепляют в нем скважинный снаряд и включают электропитание. На корпусе инклинометра закрепляют ориентирную насадку и производят первую ориентировку (линия $H_1—K_1$) на заранее выбранный ориентир (рис. IX.37). При спуске скважинного снаряда планографом на планшете вычерчивается инклинограмма (спуск), на которой оператор отмечает интервалы глубины поперечными штрихами карандашом.

На конечной глубине скважины оператор определяет ориентировку наклона оси скважинного снаряда инклинометра (линия $K'_1—H'_1$), затем разворачивает гиросtabilизатор на 180° и вновь фиксирует наклон оси инклинометра на забое (линия $H'_2—K'_2$). Далее производит съемку скважины при движении скважинного снаряда вверх, при этом получает контрольную запись инклинограммы (подъем). Вторичной ориентировкой (линия $K_2—H_2$) оператор заканчивает цикл съемки скважины, после чего приступает к обработке планшета и построению среднего положения инклинограммы из результатов съемки скважины при спуске и подъеме снаряда. Высокие производительность и точность съемки, небольшой диаметр скважинного снаряда (85 мм), отсутствие камеральной обработки и автоматическое построение плана скважины характеризуют совершенство отечественного инклинометра, способного производить съемку вертикальных замораживающих скважин непосредственно в бурильной колонне.

Инклинометр ВД2 разработан на базе дистанционного инклинометра И447Д. Он более совершенный и простой по конструкции,

надежнее в эксплуатации. Кинематическая схема его и методика съемки такие же, как у инклинометра И447Д.

Принцип работы инклинометра «Зенит» основан на преобразовании величины зенитного и азимутального углов в электрические импульсы, поступающие на световое табло пульта управления в виде чисел и градусов.

Инклинометрическая станция «Зенит» состоит из основного прибора — скважинного снаряда, пульта управления, силового блока, преобразователя и оборудования для спуска и подъема скважинного снаряда. Вся аппаратура инклинометрической станции смонтирована в кузове специального подъемника типа АЭКС-1500.

Инклинометр предназначен для съемки вертикальных замораживающих скважин глубиной до 1000 м и ориентирования кривых переводников (отклонителей), предназначенных для исправления кривизны скважины.

Съемку скважин начинают с ориентировки скважинного снаряда инклинометра на местности при обязательной установке уровня визира на нуль. После ориентирования измерительной части инклинометра скважинный снаряд опускают в скважину и через 10 м производят ее съемку. При подъеме снаряда измерения повторяют в такой же последовательности.

Камеральная обработка результатов съемки включает перевод чисел импульсов в линейную величину по специальной таблице, имеющейся в инструкции по эксплуатации инклинометра «Зенит».

При построении инклинограммы в каждой точке съемки от линии, параллельной ориентирному направлению, по часовой стрелке в масштабе 1 : 50 откладывают азимут α и линейную величину l отклонения оси скважины.

Техническая характеристика отечественных инклинометров представлена в табл. IX.1.

После посадки замораживающей колонки на забой скважины мерной проволокой, гидрогеологической рулеткой или длиномером ДА-2 прозверяют ее длину и заливают водой для контрольной проверки ее герметичности. Через сутки после заполнения замораживающей колонки водой производят наблюдения за уровнем воды с точностью ± 1 мм. Наблюдения ведут в течение 5 сут. Результаты наблюдений заносят в паспорт замораживающей колонки. Если в течение последних 3 сут уровень воды в колонке остается неизменным, то маркшейдер принимает колонку в эксплуатацию и дает разрешение на монтаж в ней питающей и отводящей труб.

По результатам съемки замораживающих скважин через 20—50 м по глубине в масштабе 1 : 50 составляют погоризонтные планы (рис. IX.38). К погоризонтным планам прикладывают пояснительную записку, в которой дают краткое описание технологии бурения скважин; всех отступлений от проекта; возникших осложнений при бурении и обсадке скважин; причин, повлиявших на искривление скважин; состояние герметичности каждой замо-

Характеристика показателей	Инклинометр			
	«Зенит»	И560Ф	И447Д	ВД2
Способ спуска скважинного снаряда в скважину	Трехжильный кабель КТО-3	Трехжильный кабель КТШ-2	Шестижильный бронированный кабель КБГ-8	Трехжильный кабель КТБД-6
Наружный диаметр скважинного снаряда, мм	89	110	85	85
Длина скважинного снаряда, мм	2000	2500	2850	2850
Максимальная глубина измерения, м	700	1000	700	700
Диапазон измерения зенитного угла, градус	0÷5	0÷6	0÷4	0÷4
Погрешность измерения зенитного угла, мин	±1,5	±1,5	±2	±1,5
Погрешность измерения азимутального угла, градус/ч	±6	±3	±6	±6

раживающей колонки; продолжительность бурения и обсадки скважин; приводят скорость бурения и способы ликвидации «кокон» в ледопородном ограждении и т. д.

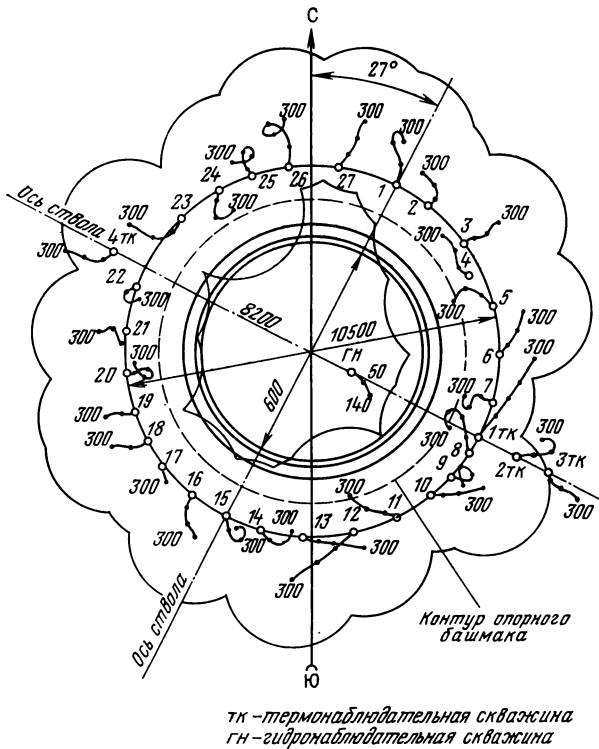
Погоризонтные планы позволяют оценить сплошность и толщину ледопородного ограждения на соответствующих горизонтах с учетом фактического расположения скважин вокруг проектного контура ствола.

Границами ледопородного ограждения на погоризонтных планах являются огибающие кривые, соединяющие точки пересечения соседних проектных контуров границ ледопородных цилиндров, образованных вокруг каждой скважины. С учетом коэффициентов, учитывающих интенсивность распространения холода 0,6 и 0,4 (к центру ствола и к массиву), ледопородные цилиндры вокруг скважин описывают двумя радиусами r_1 (внутренним) и r_2 (наружным), величины которых определяются проектом по формулам:

$$r_1 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + a\right)^2 + (0,6E)^2}; \quad r_2 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + a\right)^2 + (0,4E)^2},$$

где l — проектное расстояние между устьями скважин; a — допустимое отклонение скважины от вертикали на соответствующей глубине; E — проектная (расчетная) толщина ледопородного ограждения.

При построении контура ледопородного цилиндра у скважин двумя радиусами r_1 и r_2 возможны случаи, когда внутренние контуры двух цилиндров пересекутся между собой, а внешние не пересекутся. В этом случае графически определить толщину ледопородного ограждения не представляется возможным. Поэтому для исключения подобных случаев построение ледопородных цилин-



ТК - термонаблюдательная скважина
ГН - гидронаблюдательная скважина

Приток воды, м³/ч	Проектный геологический разрез	
	Глина	-21,50
1,0	Песок	-29,00
	Глина	-38,00
10,0	Известняк	-44,00
	Глина	-56,00
125,0	Известняк	-67,00
	Глина	-87,00
15,0	Песок	-96,10
	Глина	-107,20
	Песок	-109,05
	Глина	-133,00
	Алеврит	-148,15
	Глина	-194,00
	Мергель	-204,05
	Глина	-233,00
1200,0	Песок	-143,10
	Алеврит	-146,10
	Песок	-260,00
80,0	Известняк	-274,00
	Серпентинит	-340,00

Горизонт 300 м
М 1:50

Рис. IX.38. Погоризонтный план ледопородного ограждения

дров целесообразно производить средним радиусом $R = \frac{r_1 + r_2}{2}$ при обязательном смещении центра окружности от фактического положения центра скважины по радиусу к центру ствола на величину $\Delta = \frac{r_1 - r_2}{2}$.

Огибающие кривые внешних и внутренних контуров ледопородных цилиндров на погоризонтных планах обводят карандашом синего цвета. После построения границ ледопородного ограждения

графическим способом определяют наименьшую толщину его в замковой плоскости и сопоставляют с проектной величиной. Если толщина ограждения в замковой плоскости окажется меньше проектной, то маркшейдер в письменной форме дает предписание начальнику участка на проведение мероприятий по созданию ледопородного ограждения необходимой толщины.

При замораживании пород ведется постоянный контроль за процессом образования ледопородного ограждения через гидронаблюдательную и термонаблюдательные скважины. Через гидронаблюдательную скважину процесс формирования ледопородного ограждения определяется изменением уровня воды в ней, а через термонаблюдательные — изменением температуры пород на соответствующих горизонтах (глубинах). Наиболее эффективный контроль осуществляют с помощью ультразвуковой аппаратуры УКЛЦ-1 или УКЛО-2.

В процессе контроля ультразвуковым прибором определяют три состояния горных пород: талое (нулевой цикл), момент смыкания ледопородных цилиндров (промежуточный цикл) и момент образования необходимой толщины ледопородного ограждения (конечный цикл). Нулевой цикл выполняют последовательно между парами всех скважин, промежуточный — между характерными парами замораживающих и контрольной ультразвуковой скважинами, конечный цикл — между парами всех скважин.

Способ проходки стволов бурением. В настоящее время бурение стволов осуществляют установками типа УЗТМ и РТБ.

Маркшейдерские задачи, связанные с бурением стволов, делятся на две основные группы: выполнение работ в подготовительный период, в период бурения ствола и возведения крепи.

В подготовительный период маркшейдер осуществляет контроль за монтажом установки и ее элементов (фундаментов под ноги бурильной вышки, вышки с подкранблочной площадкой, раздвижных платформ, рельсовых путей под раздвижные платформы, площадки под раздвижные платформы и т. д.).

В период бурения ствола и возведения крепи основной особенностью маркшейдерских работ является съемка ствола, заполненного глинистым раствором, и определение кривизны вертикальной оси ствола.

Практикой установлено, что допустимое отклонение оси ствола от проектного положения не должно превышать величины зазора между наружной стенкой крепи и сечением ствола в черне. Величина этого зазора обычно составляет 200—350 мм.

В маркшейдерской практике съемку ствола при его бурении производят геометрическим, оптическим, инклинометрическим и звуколокационными способами и зависимости от условий и технологии производства измерений.

Геометрический способ основан на определении угла отклонения троса, натянутого внутри бурильной колонны между центрами кронблока и бурильного инструмента, с использо-

ванием координатометра, проектира направления или проекцио-метра для определения величины отклонения троса.

О п т и ч е с к и й способ применим при условии отжима промывочного раствора из бурильной колонны и устройства внизу специальной заглушки. Наблюдения за световым сигналом, опущенным в бурильную колонну, производят проектиром направления.

В и н к л и н о м е т р и ч е с к о м способе инклинометр опускают в бурильную колонну до бурильного инструмента и производят определение зенитного и азимутального углов.

Наиболее совершенным способом является з в у к о л о к а - ц и о н н ы й. Используя свойства ультразвука, Ленинградский горный институт в 1967 г. изготовил звуколокационную станцию «Донецк», предназначенную для маркшейдерской съемки скважин большого диаметра и шахтных стволов, проходимых бурением. Звуколокатор «Донецк» позволяет определить размеры и формы горизонтальных сечений и локальных нарушений стенок ствола, величину и направление его искривления, а также положение секций крепи при ее возведении. Станция смонтирована на каротажном подъемнике АЭК-1500 и состоит из пульта управления, размещенного в операторском отсеке автомашины, и измерительного снаряда, опускаемого на трехжильном каротажном кабеле КТО-1 через блок-баланс в ствол.

В период съемки измерительный снаряд на малой скорости опускают до забоя и по осциллографу наблюдают за расстояниями до стенок ствола с целью обнаружения разрушенных участков. Глубину спуска контролируют по счетчику спуско-подъемного механизма. По результатам предварительного обзора стенок ствола выбирают интервалы съемки сечений и масштаб записи. Съемку горизонтальных сечений разрушенной части ствола выполняют при подъеме снаряда с интервалом 1—2 м по глубине. Съемку сечения выполняют при остановленном на 2—20 мин снаряде в зависимости от глубины, интервала съемки и плотности промывочного раствора. Камеральная обработка включает первичную обработку эхограммы, введение масштабных поправок за погрешность аналогии и построение разреза ствола.

Для составления разреза (рис. IX.39) на листе бумаги проводят ось спуска измерительного снаряда, в соответствующем масштабе откладывают от нее по горизонтам съемки расстояния до стенок ствола и отмечают точки, которые соединяют между собой. Значения расстояний берут из снятых сечений диаграммой ленты по направлению, принятому для построения разреза, с учетом масштабных поправок в измеренные расстояния. Вертикальный масштаб разреза принимают равным 1 : 200 или 1 : 500, а горизонтальный 1 : 20 или 1 : 50. На разрезе указывают положение горизонтов съемки, глубину от устья ствола до горизонтов, проектную ось ствола и его проектный контур. К разрезу прикладывают ориентированное горизонтальное сечение ствола в масштабе 1 : 20

или 1 : 50, на котором указывают направление разреза, положение центра ствола и точки спуска снаряда, если спуск производился не по центру ствола.

При возведении крепи ствола необходим систематический маркшейдерский контроль за прямолинейностью стенок. После возведения крепи она должна занимать строго вертикальное положение для стволов, оборудованных подъемом, и незначительное

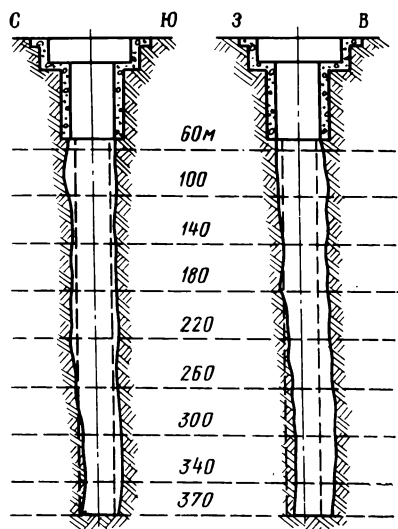


Рис. IX.39. Вертикальные разрезы ствола шахты, построенные по данным звуколокатора «Донецк»

наклонное положение в допустимых пределах для стволов вентиляционного назначения.

При возведении крепи погружным способом производят проверку горизонтальности и эллиптичности каждого собранного кольца тубингов. При этом разность относительных отметок верхней грани кольца не должна превышать ± 10 мм, а эллиптичность не должна быть более ± 10 мм. Контроль за прямолинейностью стенок крепи производят с помощью отвесов и реек. При использовании реек перед спуском днища крепи в форшахту к стенкам ее прикрепляют постоянные рейки, длина которых зависит от типа крепи и принимается на 1—1,5 м длиннее наращиваемого звена. Вертикальность постоянных реек проверяют по отвесу.

Контроль вертикальности опущенной колонны крепи на забой производят с помощью обратных отвесов, один конец которых прикрепляют к днищу крепи, а другой — к лебедке, расположенной на подвесном полке.

При секционном способе возведения крепи контроль установки секции в стволе производят проектиром направления путем определения смещения оси верхнего кольца секции от оси ствола. Перекос секции крепи измеряют с помощью прибора ВБ-1, работающего по принципу изменения уровня жидкости (ртути) в сообщающихся сосудах.

§ 44. Маркшейдерские работы при проведении околоствольных выработок

При проведении околоствольных выработок маркшейдер производит разбивку осей ствола в околоствольном дворе; составление и вычисление проектного полигона и профиля выработок, задание

направления выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскостях, контроль за соблюдением проектных сечений выработок и профиля укладки рельсовых путей.

Рассечку сопряжений ствола с околоствольными дворами выполняют одновременно с проходкой ствола или после окончания его проходки с подвесного проходческого полка.

Основной проектной документацией для задания направления сопряжению являются вертикальный разрез по стволу с указанием отметки почвы и рабочие чертежи.

Для рассечки сопряжения маркшейдер должен закрепить высотный репер в крепи ствола выше кровли сопряжения и передать на него отметку. Затем по разности отметок высотного репера и проектных отметок кровли и почвы вычислить их превышения и отложить рулеткой в натуре, отмечая почву и кровлю по направлению оси сопряжения. Ось сопряжения разбивают от двух боковых отвесов, опущенных с поверхности по оси ствола.

Контроль за проходкой и возведением выработок околоствольного двора производят посредством детальной съемки поперечников, отстоящих один от другого на 1—2 м. На каждом поперечнике ширину выработки, высоту ее стенок и сводовой части проверяют измерением расстояний от направления створа осевых отвесов. Результаты измерений наносят на предварительно заготовленные проектные поперечные сечения околоствольного двора в масштабе 1 : 50 и определяют участки сечений, подлежащие исправлению.

Для установки опалубки при возведении бетонной крепи используют также створ отвесов. Кроме того, в стенках выработки закладывают 2—3 пары реперов на одном уровне и передают на них высотные отметки. По разности проектной отметки начала свода и отметки реперов определяют величину домера от горизонта реперов до начала свода, а по разности проектной отметки низа фундамента стены сопряжения и отметки бокового репера — величину домера от реперов до низа фундамента стенки сопряжения. Таким же образом определяют домер от реперов до почвы сопряжения или уровня головки рельсов.

Для задания направления околоствольным выработкам, а также для разбивочных работ при монтаже постоянного оборудования и коммуникаций на горизонте околоствольного двора используют ось ствола, разбивку которой производят после выполнения ориентировки горизонта. Для разбивки оси ствола на план околоствольного двора (рис. IX.40), составленный в масштабе 1 : 200, наносят точки *A* и *B*, положение которых определено в результате ориентировки. Затем в пройденной части околостволь-

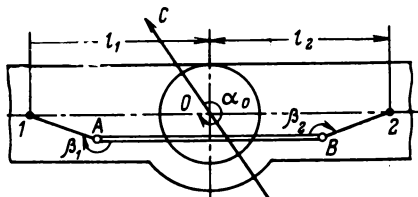


Рис. IX.40. Разбивка оси ствола в околоствольном дворе

ного двора по оси ствола на расстоянии 15—20 м друг от друга намечают точки 1 и 2 и определяют графическим способом расстояния l_1 и l_2 от центра ствола до осевых точек 1 и 2. По известным координатам x_0 и y_0 центра ствола, дирекционному углу α_0 оси ствола и расстояниям l_1 и l_2 вычисляют координаты точек 1 и 2 по формулам:

$$x_1 = x_0 + l_1 \cos \alpha_0; \quad x_2 = x_0 + l_2 \cos (\alpha_0 \pm 180^\circ);$$

$$y_1 = y_0 + l_1 \sin \alpha_0; \quad y_2 = y_0 + l_2 \sin (\alpha_0 \pm 180^\circ).$$

Решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы $(A1)$ и $(B2)$, расстояния $\overline{A1}$ и $\overline{B2}$. По известным дирекционным углам $(A1)$, $(B2)$ и (AB) определяют горизонтальные углы β_1 и β_2 по формулам:

$$\beta_1 = (A1) + 180^\circ - (BA);$$

$$\beta_2 = (B2) + 180^\circ - (AB).$$

Вычисленные значения углов β_1 и β_2 расстояний $\overline{A1}$ и $\overline{B2}$ переносят в натуру, постоянными маркшейдерскими знаками закрепляют точки 1 и 2.

Для проверки правильности размеров выработок, указанных на проектных чертежах, и для получения исходных данных, необходимых для перенесения в натуру осей проектных выработок, производят составление и вычисление проектного полигона околоствольных выработок. Проектный полигон составляют в масштабе 1 : 200 или 1 : 500 в виде геометрической схемы (рис. IX.41), на которую наносят оси выработок и выписывают длины криволинейных участков, величины радиусов кривых и углов поворота.

Рис. IX.41. Проектный полигон околоствольного двора

Вычислительные работы начинают с контроля правильности значений проектных углов замкнутого полигона. При наличии угловой невязки в полигоне (после проверки всех записей) уточняют проектные значения горизонтальных углов. После контроля углов проектного полигона производят вычисление приращений координат, сумма значений которых для замкнутого полигона должна равняться нулю. Если это условие не выполнено, то вычисляют абсолютную и относительную невязки и производят уравнивание полигона. Увязку проектного полигона производят путем изменения длины и приращений координат одной или двух сторон полигона, оставляя без изменения проектные радиусы закруглений. Если этот способ уравнивания применить не представляется возможным (когда ни одна из сторон полигона не имеет дирекционного угла, близкого к дирекционному углу абсолютной невязки), то увязку полигона производят векторно-графическим способом путем рас-

пределения линейной невязки на две стороны полигона. После увязки полигона составляют план в масштабе 1 : 200 или 1 : 500 и таблицу, в которой приводят углы проектного полигона, длины сторон и поправки к ним, дирекционные углы и координаты точек полигона.

Проектный профиль околоствольных выработок проверяют путем нанесения на схему горных выработок точек измерения проектных уклонов, отметок этих точек и расстояний между ними. По разности отметок и расстоянию между смежными точками вычисляют уклоны выработок для каждого участка, который должен соответствовать уклону, заданному в проекте.

Направление горным выработкам в горизонтальной плоскости задают с помощью теодолита и обозначают его в натуре не менее чем тремя временными точками, закрепленными в кровле выработки. Исходными точками для задания направления служат постоянные маркшейдерские точки, расположенные в сопряжении и заложенные в результате ориентировки данного горизонта.

Проектное положение стенок выработки определяют путем измерения расстояний от створа отвесов временных точек влево и вправо, а также от кровли до почвы выработки.

При задании направления прямолинейной выработки используют также световой указатель направления УНС-2, лазерный указатель направления типа ЛУН-1 и лазерные визиры типа ЛВ-5.

При задании направления криволинейной выработке до начала ее проходки в масштабе 1 : 20—1 : 200 составляют план криволинейного участка. Затем в натуре задают с помощью угломерных инструментов направление криволинейному участку.

§ 45. Измерения объемов горнопроходческих работ в стволах. Маркшейдерская отчетность

Маркшейдерские измерения объемов горнопроходческих, буровых и строительно-монтажных работ при строительстве шахт производятся на первое число каждого месяца маркшейдерской службой совместно с исполнителями работ. Измерениям подвергаются вертикальные и горизонтальные горные выработки, замораживающие и тампонажные скважины, армировочные и гидроизоляционные работы, а также строительно-монтажные работы на промышленной площадке. В стволах измерения осуществляют как по проходке, так и по креплению от проходческого отвеса, высотных реперов или маркшейдерских точек, заложенных в постоянной крепи ствола.

При измерениях определяют длину, ширину, высоту и сечение пройденных и закрепленных участков ствола и околоствольных выработок, обращая внимание при этом на соответствие фактических размеров, направления и профиля проектным.

Измерения площади поперечного сечения ствола вчерне и в свету маркшейдер участка производит через 5—8 м по глубине.

На каждом горизонте измерения от проходческого отвеса измеряют не менее восьми радиусов. По среднему значению радиусов определяют фактическую площадь сечения ствола, которая вчерне не должна превышать проектную более чем на 5%, уменьшение сечения ствола в свету не допускается.

В случае обрушений и вывалов боковых пород объем их определяют отдельно с составлением его эскиза и акта на обрушение. В акте указывают причины вывала и материал забутовки пустоты.

Глубину пройденной и закрепленной части ствола определяют с помощью рулетки от репера, заложенного в стволе. Высотным репером при креплении тубингами может служить низ опорного венца или последнее тубинговое кольцо перед очередной заходкой. За отчетный период объем вынутой породы по данным маркшейдерского замера определяют по формуле

$$V = F_{\phi} h,$$

где F_{ϕ} — площадь фактического сечения ствола вчерне, м^2 ; h — величина углубки забоя ствола, м.

К учету принимают объем вынутой породы, который вычисляют по формуле

$$V = F_{\text{п}} h k,$$

где $F_{\text{п}}$ — площадь проектного сечения ствола вчерне, м^2 ; $k = 1,05$ — коэффициент, учитывающий увеличение проектного сечения на 5% за счет неровностей стенок ствола.

При проходке ствола с временной крепью определяют число подвешенных за отчетный месяц швеллерных колец, диаметр этих колец, отклонение которого от проектного наружного диаметра допускается в пределах ± 30 мм, полноту и качество затяжки. Маркшейдер определяет объем крепи в отчетном месяце, сечение ствола в свету, толщину и качество крепи. При тубинговой крепи маркшейдер контролирует радиусы от проходческого отвеса до сегментов тубингового кольца, размер пикотажного шва, который не должен превышать 50 мм, и материал его, качество гидроизоляционных швов, толщину бетонной крепи или тампонажа между тубинговыми кольцами и породой.

При бетонной или железобетонной крепи одновременно с измерениями площади сечения ствола в свету промеряют толщину крепи. Из разности средних значений площадей сечения вчерне и в свету вычисляют объем уложенного бетона в крепь ствола по формуле

$$V = (F_{\text{п}} - F_{\phi}) h_{\text{к}},$$

где $h_{\text{к}}$ — закрепленная часть ствола в отчетном месяце, м.

При разработке опорного венца составляют акт на скрытые работы (см. прил. IX.1). Объем вынутой породы при разработке опорного венца или уложенного бетона вычисляется по формуле

$$V = F_{\text{в}} L,$$

где F_v — площадь вертикального сечения опорного венца, м^2 ;
 L — длина окружности опорного венца.

Так, для конструкции опорного венца, показанного на рис. IX.42, объем уложенного бетона определяется по формуле

$$V_6 = F_v L = 0,5\pi c (a + b) (R_1 + R_2),$$

Причем

$$F_v = \frac{a + b}{2} c;$$

$$L = 2\pi R_{cp} = \pi (R_1 + R_2).$$

где $R_{cp} = \frac{R_1 + R_2}{2}$ — средний радиус опорного венца.

Одновременно с измерениями крепи ствола маркшейдер обращает внимание на состояние крепи. Бетонная крепь должна быть однородной, без скопления щебня, не иметь больших швов и выступов между заходками, трещин, раковин и других видов деформаций крепи. Общая поверхность раковин глубиной до 20 мм не должна превышать 100 см^2 на каждые 5 м^2 поверхности. Контроль прочности уложенного бетона определяется по протоколам лабораторных испытаний образцов, изготовленных у мест бетонирования и хранящихся в условиях нормального твердения.

При обнаружении отступлений от требований проекта (недостаточная толщина крепи, перекося тубинговых колец, деформация крепи, уменьшение площади сечения ствола и т. д.) маркшейдер участка письменно в книге маркшейдерского контроля доводит до сведения производителей работ

о всех отступлениях с требованием прекращения дальнейших работ до ликвидации допущенных нарушений проекта и СНиП.

В процессе замеров маркшейдер определяет объем разработки замороженных, затампонируемых и талых пород, категорию крепи пород.

Измерения объемов работ при армировании ствола сводятся к определению числа установленных ярусов, навешенных проводников, смонтированных рудстанков и посадочных балок, опорных стульев, кабельных гребенок, а также объема вырубленного бетона из лунок в бетонной крепи и т. д. При этом маркшейдер проверяет качество армирования ствола; отклонение элементов армировки от проектного положения, величину и качество заделки концов расстрелов в лунках или в кессонах тубингов, затяжку болтов, соосность и прямолинейность проводников, наличие антикоррозионного покрытия на элементах армировки и т. д. Работы, выполненные

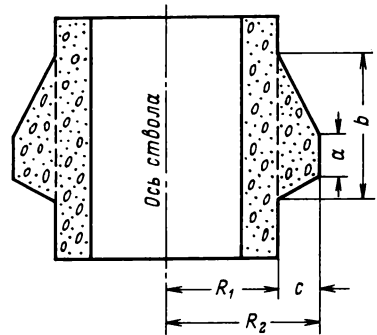


Рис. IX.42. Опорный венец

ные с браком, к учету выполненных объемов работ не принимаются. Объем гидроизоляции тюбинговой крепи за отчетный период определяют по длине вертикальных и горизонтальных тюбинговых швов, зачеканенных свинцом или быстротвердеющим расширяющим цементом.

Объем тампонажа за крепью ствола определяют по журналу тампонажных работ, обращая внимание при этом на расход цемента инертных материалов, дозировку, производительность тампонажных агрегатов и т. д.

При измерениях объемов работ в околоствольных выработках (ходах, камерах, сопряжениях и т. д.), примыкающих к стволам, фактическую длину пройденной выработки определяют измерением расстояния от центра ствола (проходческого отвеса) до забоя выработки за минусом радиуса ствола в свету. При этом маркшейдер проверяет линейные размеры (длину, ширину и высоту) выработки, высотную отметку почвы и соответствие их проекту.

Измерение объемов работ при бурении замораживающих и тампонажных скважин включает глубину пробуренных скважин, глубину обсадки кондукторов и скважин. Проверяется также герметичность замораживающих колонок и величин отклонения скважин от вертикали.

Скважины, пробуренные с отклонениями, превышающими требования СНиП и не добуренные до проектной глубины или значительно перебуренные, а также замораживающие колонки с нарушенной герметичностью относятся к браку и к учету не принимаются.

На основе месячного измерения составляется маркшейдерская справка (Приложение IX.2), являющаяся основным документом для составления нарядов рабочим и расчетов с заказчиком. В маркшейдерской справке указывается объем работ, выполненный по оснащению поверхности: бетонирование фундаментов проходческого оборудования, замораживающей станции, воздушных компрессоров, копровых ног и прочие работы, подлежащие замеру.

Объем произведенных горных работ маркшейдер учитывает в единицах готовой выработки и по ее конструктивным элементам. Готовой считается горная выработка, пройденная в соответствии с требованиями проекта и СНиП.

Перевод объема выполненных работ за отчетный период в готовые единицы производят по условным переводным коэффициентам. Сумма всех переводных коэффициентов должна быть равна единице. Числовые значения величин переводных коэффициентов определены в СНиП и составляют по вертикальным стволам, проходимым с последующим армированием с бетонной крепью, не требующей тампонажа закрепного пространства, соответственно 0,7 для проходки и 0,3 для крепления готового ствола; с железобетонной или металлической сборной крепью для проходки принимается коэффициент 0,7, для крепления — 0,3, а для тампонажа закрепного пространства — 0,1. По вертикальным стволам, проходимым

с одновременным армированием, проходку и армирование учитывают раздельно. При этом на выполнение работ по проходке и креплению ствола принимается коэффициент, равный 0,85, а на армирование — 0,15.

По горизонтальным и наклонным выработкам с деревянной, металлической, сборной железобетонной и другой постоянной крепью, возводимой вслед за продвижением забоя, к учету принимается только та часть выработки, в которой возведена постоянная крепь; с монолитной бетонной и железобетонной, каменной и другой постоянной крепью, возводимой с отставанием от забоя, предусмотренным проектом, проходка принимается с коэффициентом 0,6, возведение постоянной крепи с коэффициентом 0,4 готовой выработки.

В целом по шахтостроительному управлению составляется месячный отчет о выполнении горнопроходческих работ, который включает разделы: проходка вертикальных и наклонных выработок, проходка околоствольных выработок, армирование ствола и бурение технических скважин.

В первом разделе указываются способ проходки, объем проходки и крепления, вид крепи, способ отбойки и погрузки породы, среднемесячная скорость проходки ствола. Во втором разделе приводятся высотная отметка сопряжения, объем породы и крепи в свету. В третьем разделе указываются данные о начале и конце армирования ствола, расстояние между ярусами, выполненный объем в метрах и число ярусов, расход металла и лесоматериала. В четвертом разделе отмечаются тип буровых установок, которыми бурились скважины, глубина бурения, объем выполненных бурильных работ, число скважин, объем обсадки, начало и конец бурения, вид брака, если он имеется.

Приложение IX.1

Акт на сооружение опорного венца

г.р. _____ 197 ____ г.
 Мы, _____, нижеподписавшиеся, начальник проходки ствола _____, участковый маркшейдер _____, представитель заказчика _____ составили настоящий акт о том, что в грузовом стволе № 2 шахты «Октябрьская» на глубине 166,70 м от поверхности заложен опорный венец с размерами согласно приведенному эскизу (рис. IX.43).

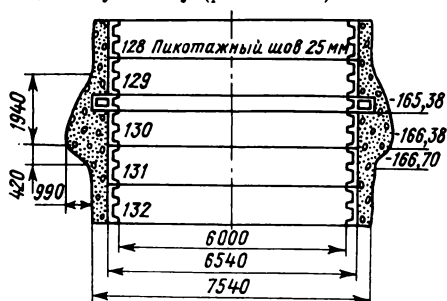


Рис. IX.43. Эскиз заложения опорного башмака

1. Крепь венца бетонная. Вид материала — портланд — цемент М 500, песок крупнозернистый, щебень — гранит. Объем бетона М 200 15,1 м³. Венец заложен в известковистых глинах.
2. Опорное кольцо состоит из 12 чугунных сегментов высотой 400 мм.
3. Пикотажный шов заделан дубовыми клиньями.
4. Работы выполнены согласно проектному чертежу Р—1306—Г—16 института «Гипрошахт».
5. На основании вышеизложенного разрешается производство дальнейших работ.

Акт подписали:

Начальник проходки ствола _____
 Участковый маркшейдер _____
 Представитель заказчика _____

Приложение IX.2

СПРАВКА маркшейдерского замера выполненных объемов горных работ по Кировскому участку Белгородского шахтоуправления за август 1978 г.

I. Вспомогательный ствол

1. Проходка ствола средним диаметром 9,04 м буро-взрывным способом с погрузкой породы комплексом КС-2У с отметки — 201,00 м до отметки — 238,10 м (всего 37,10 м).

Объем вынудой породы $37,10 \times 64,18 = 2381,0$ м³, в том числе порфирит VIII категории 1283,60 м³; диорит X категории 1097,40 м³.

2. Крепь ствола бетонная средней толщиной 0,52 м с отметки — 199,00 м до отметки — 238,10 м (всего 39,10 м).

Объем бетона $39,10 \times 13,81 = 540$ м³.

3. Разработка опорного венца буро-взрывным способом на отметке — 222,70 м в диоритах X категории. Объем породы 26,10 м³, объем бетона 26,10 м³.

4. Проходка сопряжений на отметке — 238,0 м по 10 м от оси ствола в обе стороны буро-взрывным способом в диоритах X категории (50% перекидки вручную) переменным сечением.

Отбито горной массы 473,0 м³; уложено бетона 137,0 м³, в том числе в свод 64,70 м³, в стены 52,30 м³, в почву 20,0 м³; объем в свету 336,0 м³.

Итого: проходки 37,10 м,

крепления 39,10 м,

готового ствола 37,70 м.

II. Главный ствол

1. Проходка ствола средним диаметром 6,80 м на отбойный молоток с погрузкой вручную с отметки — 116,60 м до отметки — 136,0 м (всего 19,40 м). Объем вынудой породы $19,40 \times 36,32 = 704,60$ м³, в том числе талье III—IV категорий 352,80 м³, замороженные категории «В» 351,70 м³.

2. Разработка опорного венца на отбойный молоток в замороженных породах категории «В» на отметке — 135,50 м. Объем породы 20,50 м³; бетона 25,50 м³ (с учетом бетонирования двух нижних колец).

3. Крепление ствола тьюбингами с подвеской сверху вниз 16 колец, установкой снизу вверх 3 колец и опорного венца высотой 350 мм.

4. Тампонаж затюбингового пространства ($2,73 \times 17$ колец = 46,40 м³).

5. Контрольный тампонаж затюбингового пространства — 17,50 м³ (см. журнал тампонажных работ).

6. Заделка пикотажного шва деревянными клиньями толщиной 50 мм на отметке — 133,60 м 18,90 м.

7. Гидроизоляция (чеканка) тубинговых швов свинцом (101 кольцо и 3 опорных венца).

Итого: проходка и крепление 19,40 м,
готового ствола 19,40 м.

III. Вентиляционный ствол № 2

1. Бурение замораживающих скважин установкой БУШ-3

№ скважины	Пробурено и обсажено, м	Отклонение на конечной глубине, м	Утечка, мм
24	110,0	0,60	1
25	110,2	1,05	0
Температурно-контрольная 1	110,5	0,55	—
Температурно-контрольная 2	110,1	0,35	—
И т о г о	440,80	Бурение окончено 6.VIII.73 г.	

2. Монтаж полиэтиленовых трубкой высокой прочности (ПВП) диаметром 50 мм — 3090 м.

3. Прокладка рассолопроводов в две нитки диаметром 219 мм — 192 м.

4. Устройство фундаментов под копровые ноги (объем породы 86 м³, объем бетона 91.20 м³).

Маркшейдер участка _____

Ознакомлены: Начальники проходок стволов _____

Нормировщик _____

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ**§ 46. Опорные, съемочные сети и работы**

Основные задачи маркшейдерской службы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых заключаются в определении плановых объемов добычи и вскрыши; составлении горной графической документации, обеспечивающей нормальную деятельность предприятия; участии в планировании буровзрывных работ; проведении контроля по соблюдению параметров систем разработки и размеров сооружений; осуществлении учета добычи полезного ископаемого, объема пород вскрыши, движения запасов потерь и разубоживания полезного ископаемого; проведении наблюдений за сдвижением бортов карьеров и разработке мероприятий по их укреплению.

Результаты маркшейдерской съемки используются для составления календарных планов развития горных работ, изучения геологического строения месторождения, подсчета промышленных запасов, определения потерь и разубоживания полезного ископаемого, решения различных задач, связанных с деятельностью эксплуатационных участков, и др.

Объектами съемок на карьерах являются:

бровки уступов, съездов, разрезных траншей, разведочные, дренажные и буро-взрывные выработки, нагорные водоотводные каналы и пр.;

контакты висячего и лежащего боков с полезным ископаемым, тектонические нарушения, границы участков с различными сортами руд или различной зольностью угля, точки опробования, границы оползней и т. п.;

сооружения промплощадки, подъемники, эстакады, транспортные пути в карьере, на отвалах, подъездные пути, линии электропередач, пульпопроводы и т. п.;

затопленные выработки, пустоты от подземных работ, зоны пожаров и т. п.

Маркшейдерские опорные сети для обслуживания месторождений открытым способом разработки строятся в соответствии с требованиями, предъявляемыми к опорным сетям на земной поверхности на территории экономической заинтересованности горного предприятия. В них могут включаться пункты триангуляции и трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов, полигонометрии 1 и 2 разрядов. В качестве опорного обоснования для съемочных сетей карьеров могут использоваться реперы нивелирных ходов I, II, III и IV классов.

В развитии опорных маркшейдерских сетей должна соблюдаться следующая последовательность: вначале создается сеть за пределами проектного контура карьера, а иногда и внутри карьера закладываются опорные пункты, называемые подходными и служащие для создания съемочной сети. Подходные пункты в зависимости от конфигурации карьера, условий местности, способа вскрытия и наличия технических средств могут быть определены методом триангуляции или полигонометрии.

Метод триангуляции используется в тех случаях, когда существует хорошая видимость с опорных на подходные пункты. В этих случаях чаще всего применяют вставку в жесткий угол одного или нескольких пунктов (рис. X.1), построение цепи треугольников между двумя твердыми пунктами (рис. X.2)

и построение геодезического четырехугольника. При построении цепей треугольников не допускается более пяти фигур. Причем углы в треугольниках не должны быть менее 30° в цепях и менее 20° в геодезических четырехугольниках.

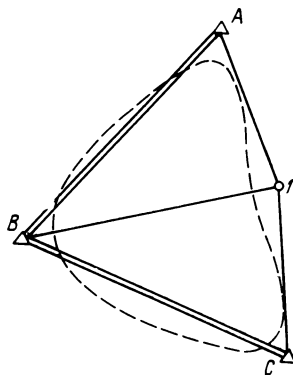


Рис. X.1. Вставка в жесткий угол пунктов для развития опорной маркшейдерской сети

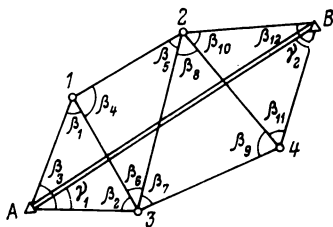


Рис. X.2. Построение цепи треугольников между двумя твердыми пунктами

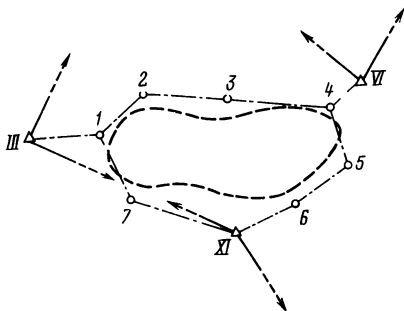


Рис. X.3. Способ создания опорной сети с помощью полигонометрии

В тех случаях, когда отсутствует видимость между определяемыми (подходными) и опорными пунктами и земная поверхность удобна для линейных измерений, целесообразно использование для создания подходных точек метода полигонометрии. Если для линейных измерений возможно применение свето- или радиодальномеров, то полигонометрия может с успехом быть использована и при пересеченном рельефе.

Полигонометрические ходы чаще всего прокладываются между пунктами маркшейдерской опорной сети (рис. X.3).

Построение съемочных сетей выполняется на базе пунктов маркшейдерской опорной сети. При съемках земной поверхности, отвалов вскрышных пород и для съемки карьеров съемочные сети строят в соответствии со следующими требованиями:

основные пункты съемочной сети должны равномерно покрывать площадь съемки, их плотность определяется из расчета на 1 км^2 при съемке в масштабе $1 : 5000$ — 4 пункта, в масштабе $1 : 2000$ — 10 пунктов, в масштабе $1 : 1000$ — 16 пунктов);

на каждом планшете съемки должно быть закреплено постоянными центрами при съемке в масштабе $1 : 5000$ не менее трех основных пунктов, при съемке в масштабе $1 : 2000$ не менее двух, при съемке в масштабе $1 : 1000$ достаточно одного пункта.

Съемочные сети в зависимости от рельефа местности, формы карьера в плане, технологии добычи и ряда других причин могут строиться следующими способами: геодезических засечек, аналитических сетей, теодолитных ходов, створных линий, полярным, прямоугольной сетки.

Перед построением съемочных сетей должна быть произведена рекогносцировка, в результате которой определяются места будущих пунктов. Обычно съемочные пункты располагаются на нижней площадке каждого действующего уступа на расстоянии друг от друга, не превышающем 400 м.

В связи с тем, что съемочное обоснование существует недолго, его отмечают временными пунктами в виде деревянных кольев или металлических стержней, забиваемых в грунт. В скальных породах временные пункты принято отмечать крестообразными насечками на выступах пород.

Способ геодезических засечек применяется в тех случаях, когда пункты съемочной сети удалены на значительное расстояние от пунктов опорной маркшейдерской сети. Обычно применяются прямая, обратная или боковая засечки.

Прямая и боковая засечки производятся не менее чем с трех исходных пунктов, обратная — по четырем при условии, что определяемый пункт расположен вблизи от окружности, проходящей через три исходные точки.

Расстояние от пунктов опорной маркшейдерской сети до определяемых точек не должно превышать 2 км. При расстояниях до 1 км измерение углов может производиться теодолитами типа Т15 двумя повторениями или более точными теодолитами одним приемом. При расстояниях более 1 км углы измеряются теодолитами типа Т5, ОТШ, ТТ3, ТТ4 и т. п. двумя круговыми приемами или одним приемом двумя повторениями; теодолитами типа Т15, Т20, ТТ50, ОМТ30 и т. п. четырьмя круговыми приемами или двумя приемами по два повторения в каждом. Возможно также применение зарубежных теодолитов TheO20, TheO120 (ГДР), Те-Е6, Те-Е4 (ВНР) и др.

Координаты определяемых пунктов прямой или боковой засечкой вычисляются из двух треугольников, а обратной — из двух вариантов. Во всех случаях за окончательное значение координат принимают среднее арифметическое из двух определений. Максимальное расхождение не должно превышать 0,8 м.

Способ аналитических сетей применяется на карьерах, у которых оба борта являются подвижными. Аналитические сети строятся в виде цепочек треугольников или различных фигур (геодезического четырехугольника, центральной системы и т. п.), опирающихся на стороны и пункты маркшейдерской опорной сети. Наибольшее распространение получили цепочки треугольников и центральные фигуры (рис. X.4). Последние применяются для создания съемочной сети на нижних горизонтах небольших по площади карьеров или отдельных участков, цепи треугольников — на карьерах вытянутой формы, имеющих большую глубину.

В отдельной цепочке треугольников или фигуре не должно определяться более семи пунктов. Форма треугольников должна быть близкой к равносторонней. Углы при определяемых точках не должны быть более 120° и менее 30° , длины сторон треугольников — менее 300 и более 1000 м.

Угловые измерения обычно осуществляются теодолитами типа Т15, Theo20, Те-Е6 двумя приемами или двумя повторениями. В тех случаях, когда длина сторон сети превышает 1000 м, измерение углов должно производиться четырьмя круговыми приемами или двумя приемами по два повторения в каждом.

Допустимой угловой невязкой в треугольниках с длиной сторон до 1000 м считается $1'$, при длине сторон более 1000 м — $40''$.

Способ теодолитных ходов применяется на карьерах, имеющих большую протяженность фронта добычных и вскрышных работ и удобные для линейных измерений площадки уступов. Теодолитные ходы прокладываются между двумя известными точками (пунктами маркшейдерской опорной сети) или замкнутыми полигонами. При примыкании теодолитных ходов к исходным пунктам измеряют углы между примыкающей стороной теодолитного хода и двумя направлениями на пункты маркшейдерской опорной сети (рис. X.5). Расстояние между точками теодолитных ходов не должно превышать 400 м и, как правило, быть менее 100 м. Протяженность хода не должна быть более 2,5 км.

Углы в теодолитных ходах измеряются теодолитами типа Т15—Т20 двумя полными повторениями или приемами. Более

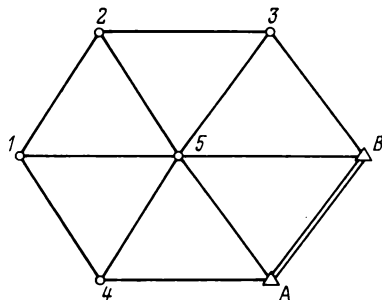


Рис. X.4. Развитие съемочного обоснования в виде центральной фигуры

точными инструментами измерение может производиться одним повторением или приемом. Угловая невязка хода не должна превышать $f_{\beta} = \pm 30'' \sqrt{n}$ (где n — число измеренных углов). При измерении углов целесообразно применение трехштативной схемы. Центрирование теодолитов должно производиться с погрешностью не более 2—3 мм.

Измерение длин в теодолитных ходах может осуществляться стальными мерными лентами, рулетками, длиномерами, дальномерами. Определение длин линий в ряде случаев может производиться косвенными методами, но во всех случаях измерения должны выполняться в прямом и обратном направлениях и раз-

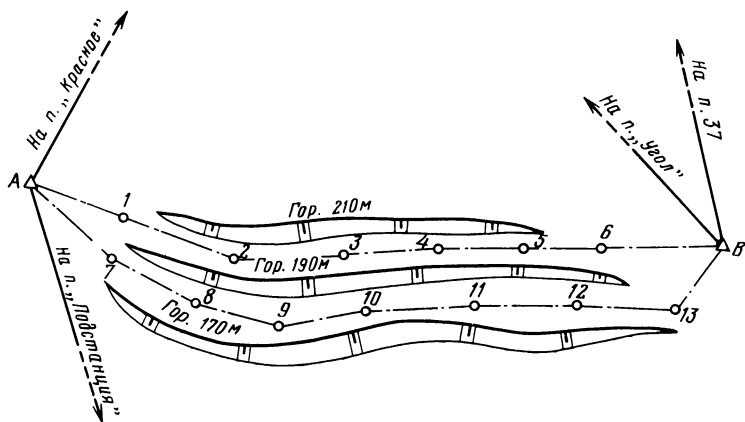


Рис. X.5. Развитие съемочного обоснования с использованием теодолитных ходов

ность между двумя независимыми измерениями не должна превышать 1 : 1000. Линейная невязка в теодолитных ходах допускается не более 1 : 3000 длины хода. Допустимая фактическая невязка распределяется в приращения координат пропорционально длине линий теодолитного хода. В измеренные длины должны быть введены поправки за температуру, компарирование, провес проволоки (при использовании длиномера АД-1), приведение линий к горизонту. Поправка за температуру вводится в том случае, если разность температур измерения и компарирования превышает 5° . Поправку за приведение к горизонту вводят, начиная с угла наклона 1° .

Для измерения длин оптическим способом могут применяться оптический дальномер ОТД, дальномерная аппаратура ДД-3 или ДАР-100. Возможно использование базисной рейки «Бала 2М». В ряде случаев, когда площадки уступов неудобны для измерений по почве и отсутствует аппаратура, применение которой исключает измерение по почве (оптические дальномеры, рейки «Бала 2М», длиномер АД-1), целесообразно использовать косвенный способ

измерения линий теодолитного хода с помощью геодезических за-сечек, предложенный проф. А. И. Дурневым.

Дальномер ОТД (оптический топографический дальномер) является дальномером двойного изображения с постоянными базами на дальномерной рейке. При его использовании измеряется параллактический угол η , вершина которого находится в центре объектива дальномера (рис. X.6), представляющий собой сумму постоянного угла оптического клина θ и переменной части параллактического угла γ .

Дальномерная рейка представляет собой трубчатую раму, на которой с каждой стороны укреплено по шесть марок. Рейка может крепиться как в горизонтальном, так и вертикальном положении.

Зрительная труба дальномера ОТД снабжена компенсатором с перекидным клином. Оптический клин закрывает половину светового диаметра объектива, отклоняя визирный луч на угол θ . Измерительная часть компенсатора позволяет определять разность между параллактическим углом η и углом клина θ . Таким образом происходит измерение переменной части параллактического угла γ .

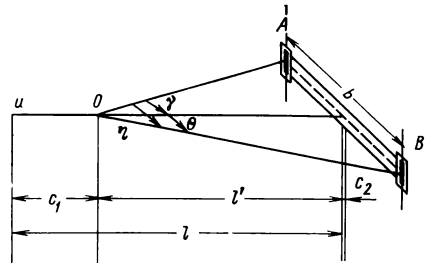


Рис. X.6. Схема к определению расстояния при помощи оптического топографического дальномера (ОТД)

Измеряемое расстояние дальномером ОТД определяется из выражения

$$l = l' + c - \Delta l_{\alpha} + \Delta l_t,$$

где $l' = \frac{bk}{\eta}$ (здесь b — база, образуемая штрихами на плоскости марок дальномерной рейки; k — коэффициент пропорциональности; для конкретного дальномера и рейки произведение bk является величиной постоянной и называется коэффициентом дальномера k); $c = c_1 + c_2 = 0,119$ м — постоянное слагаемое дальномера; Δl_{α} — поправка за угол наклона измеряемой линии (при измерениях по горизонтальной рейке $\Delta l_{\alpha} = l \sin^2 \frac{\alpha}{2}$, по вертикальной $\Delta l_{\alpha} = l \sin^2 \alpha$); $\Delta l_t = l \left[0,000016 (t - t_0) + \frac{\theta \cdot 0,000007 (t - t_0)}{\eta} \right]$ — поправка за температуру (здесь t — температура при определении коэффициента дальномера k и угла θ , т. е. температура компарирования).

Дальномер ДД-3 является дальномером двойного изображения с постоянным параллактическим углом и состоит из насадки и дальномерной рейки. Насадка надевается на объективную часть теодолитов. Диаметр конца зрительной трубы равен 46 мм. Пределы измерения расстояний зависят от цены деления рейки и на-

ходятся в пределах от 20 до 180 м при рейках с делениями 2 см и от 50 до 250 м при рейках с делениями 5 см.

Авторедукционный дальномер ДАР-100 относится к оптическим дальномерам двойного изображения. В комплект дальномерной аппаратуры ДАР-100 входят оптическая насадка, надеваемая на зрительную трубу теодолита, и дальномерная рейка.

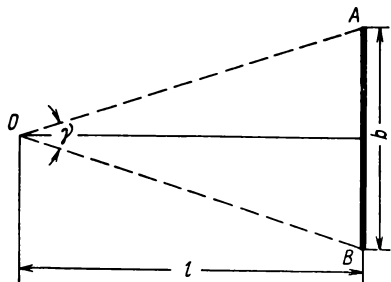


Рис. X.7. Принцип измерения расстояний с использованием рейки «Бала»

Авторедукционная система насадки содержит свободно подвешенный перед объективом зрительной трубы оптический клин. Диапазон измерения с помощью оптической насадки горизонтальных проложений от 20 до 200 м; угловой диапазон авторедукционного устройства 21° .

Дальномерная рейка длиной 2,5 м имеет основную шкалу с ценой деления 2 см и вспомогательную (с обратной стороны рейки) с ценой деления 3 см.

Принцип измерения расстояния с использованием рейки «Бала» состоит в том, что по известной длине базиса b (рис. X.7) и измеренному параллактическому углу γ вычисляют высоту равнобедренного треугольника OAB

$$l = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}.$$

Измерение параллактического угла должно производиться теодолитом высокой или средней точности.

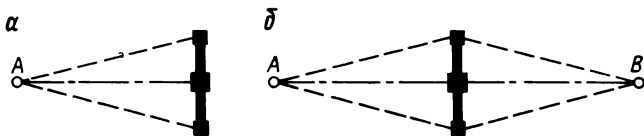


Рис. X.8. Измерение расстояний с использованием рейки «Бала»:

a — принцип измерения «базисная рейка на конце»;
 b — принцип измерения «базисная рейка в середине»

Если длина измеряемых линий менее 100 м, то измерение расстояний производится по методу «базисная рейка на конце» (рис. X.8, a); если же длина линии более 100 м, то используется метод «базисная рейка в середине» (рис. X.8, b).

Косвенный метод измерения длин сторон теодолитного хода был предложен проф. А. И. Дурневым, сущность которого заключается в следующем (рис. X.9).

На рабочей площадке уступа прокладывается теодолитный ход, опирающийся по краям на пункты опорной сети (I, II).

В удалении выбираются вспомогательные точки A, B, C . С точек теодолитного хода измеряются углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{17}$ и рулетками (или лентой) — линии $I-I: 6-II$, являющиеся контрольными базами. Из треугольника IAI по теореме синусов вычисляется сторона $\overline{I-A}$

$$\overline{I-A} = \frac{\overline{I-I}}{\sin \alpha_1} \sin \beta_1.$$

Затем, решая следующий треугольник, определяют длину стороны $\overline{I-2}$

$$\overline{I-2} = \frac{\overline{A-I}}{\sin \beta_4} \sin \alpha_2.$$

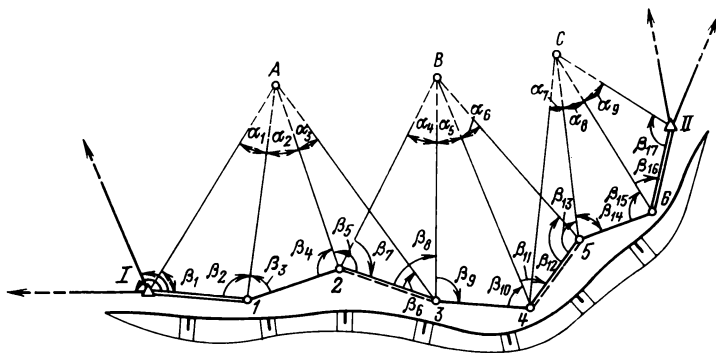


Рис. X.9. Метод измерения длин сторон теодолитного хода, предложенный проф. А. И. Дурневым

Аналогично производится вычисление стороны $2-3$, которая является связующей для перехода к решениям треугольников, построенных из точки B . В результате вычисления следующей серии треугольников получают сторону $4-5$, являющуюся основой для решения последней серии треугольников, построенных из точки C . Контролем в данном методе является сравнение вычисленной длины последней линии теодолитного хода $6-II$ с длиной, измеренной в полевых условиях.

Измерение углов $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{17}$ должно производиться теодолитами типа Т15 не менее чем тремя повторениями.

Способ створных линий применяется на карьерах, когда фронт работ развивается только в одну сторону и с действующих уступов можно без помех наблюдать опорные точки, построенные на неподвижном борту. Этот способ особенно удобен в тех случаях, когда площадки рабочих уступов имеют превышения над земной поверхностью противоположного борта карьера (рис. X.10).

Для разбивки створов вначале прокладывается полигонометрический ход 2 разряда A, B, C, \dots . По известным дирекционным углам створных линий вычисляются углы ψ и φ , по которым за-

даются направления створов, закрепляемых точками $A, 1; B, 2; C, 3; \dots$ или точками $A', 1; B', 2; C', 3; \dots$.

Точки на профильных линиях разбиваются следующим образом. Вначале в створе одной из линий закрепляется точка (например, P_1). Над ней устанавливается теодолит и измеряются два угла α и β . По измеренным углам α и β , известным углам φ и ψ и расстояниям CD и DE производятся вычисления двух боковых засечек и определение координат точки P_1 . Для выбора оптимальной формы треугольников необходимо, чтобы углы α и β не были меньше 30° . Если эти

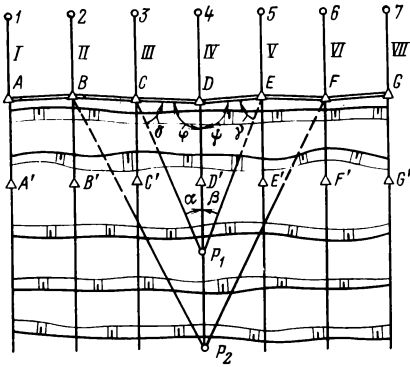


Рис. X.10. Способ створных линий создания съемочного обоснования

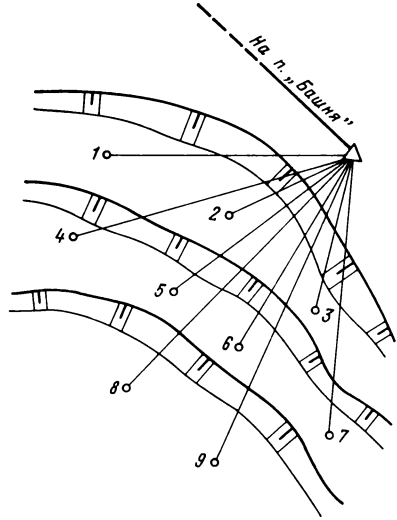


Рис. X.11. Полярный способ создания съемочного обоснования

углы меньше 30° , то возможно визирование на опорные точки, расположенные на следующих створах (например, точка P_2 и визирование на точки B и F).

Полярный способ создания съемочного обоснования начал получать широкое распространение благодаря применению светодальномеров. Однако обязательным условием применения этого способа является наличие хорошего обзора большей части карьера с небольшого числа пунктов опорной маркшейдерской сети.

При создании съемочной сети на пункте опорной маркшейдерской сети (рис. X.11) устанавливается малогабаритный светодальномер, а на определяемых пунктах съемочной сети — отражатели. После измерения расстояний вместо светодальномера устанавливается теодолит и измеряются полярные углы. При расстояниях от опорного до определяемых пунктов менее 1000 м углы измеряются теодолитами типа Т15 двумя повторениями, а более точными теодолитами — одним приемом. При расстояниях до 2000 м углы измеряются теодолитами типа Т15 четыремью круговыми приемами и двумя приемами по два повторения, а более точными теодолитами —

двумя круговыми приемами или одним приемом по два повторения. Одновременно с горизонтальными измеряются вертикальные углы.

Измерение расстояний до 1500 м светодальномером можно проводить днем, расстояния свыше 1500 м рекомендуется измерять в ночное или вечернее время. Измерение длин линий производится в одном направлении.

Способ создания съемочной сети в виде прямоугольной сетки применяется на неглубоких карьерах и при спокойном рельефе поверхности. Сущность способа заключается в том, что на территории месторождения разбивается сеть прямоугольников, в вершинах которых закрепляются маркшейдерские пункты. Принято разбивать две системы прямоугольников: основной сетки с размерами сторон, равными 50, 100 или 200 м, и заполняющей сетки, сгущаемой до прямоугольников с размерами сторон 5—40 м и служащей непосредственно для проведения съемок.

Направление сторон сетки выбирается параллельно (перпендикулярно) главному фронту работ или совпадающим с направлением координатной сетки.

Разбивка прямоугольной сетки производится следующим образом:

- составляется план поверхности, на который выносятся техническая граница карьера и пункты опорной сети, расположенные вблизи карьера;

- выбирается направление осей съемочной прямоугольной сетки;

- производится разбивка прямоугольной сетки на плане и вычисляются координаты ее вершин;

- составляется проект сгущения опорной сети с таким расчетом, чтобы ее пункты максимально приблизить к вершинам прямоугольной сетки;

- выполняется в натуре сгущение опорной сети;

- закрепляется прямоугольная сетка в натуре. Закрепление вершин может производиться путем выноса от ближайшей опорной точки расстояния и направления или с помощью засечек с использованием двух теодолитов.

На рис. X.12 показан случай разбивки с применением угловых засечек из точек полигонометрического хода.

Перенос пунктов съемочной сети на нижележащие горизонты или восстановление уничтоженных пунктов чаще всего производится способом створов, при котором на ближайших сохранившихся пунктах двух взаимно перпендикулярных направлений устанавливаются теодолиты (рис. X.13), в пересечении визирных лучей которых закладывается новый пункт.

Способом прямой угловой засечки положение пункта съемочной сети определяется на местности в точке пересечения визирных лучей двух теодолитов, с помощью которых откладываются (рис. X.14) два известных горизонтальных угла.

Для определения высотного положения точек на карьерах разбивается высотное обоснование. Высоты пунктов съемочной сети определяются техническим геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Геометрическое нивелирование обычно применяется на карьерах с железнодорожным транспортом. Для нивелирования применяют технические нивелиры и нивелирные рейки любого типа. Техническое нивелирование, выполняемое между пунктами опорной сети, может производиться в одном направлении; разрешаются

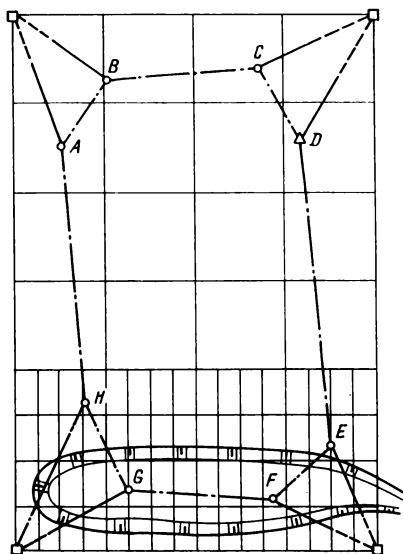


Рис. X.12. Съёмочное обоснование в виде прямоугольной сетки

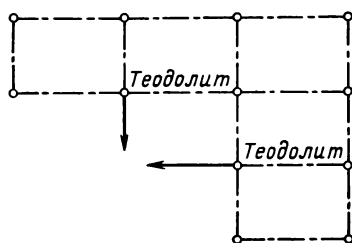


Рис. X.13. Перенос пунктов съёмочной сети способом створов

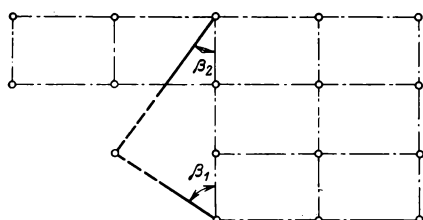


Рис. X.14. Перенос пунктов съёмочной сети способом угловой засечки

всякие ходы, но проложенные в прямом и обратном направлениях.

При нивелировании отсчеты берутся только по одной нити, разность превышений, определенных по черной и красной сторонам реек, не должна превышать 10 мм. Допустимая невязка ходов $\pm 50 \sqrt{L}$ мм (где L — длина хода, км).

Тригонометрическое нивелирование получило распространение на карьерах с безрельсовым транспортом, а также при создании съёмочной сети способом геодезических засечек.

При определении высот пунктов с помощью тригонометрического нивелирования вертикальные углы измеряются одновременно с горизонтальными углами теодолитами с точностью отсчетных приспособлений вертикального круга не ниже $30''$. Высота инструмента и визирной цели должны измеряться с точностью до 1 см.

Контролем правильности измерения вертикальных углов является постоянство места горизонта (места нуля) вертикального круга. Колебания места горизонта не должны быть более тройной величины погрешности отсчитывания по вертикальному кругу.

Ходы тригонометрического нивелирования должны опираться на пункты, высоты которых были определены в результате геометрического нивелирования. Их длина не должна превышать 2,5 км. Расхождения прямого и обратного превышений не допускаются более $0,04l$ см (где l — длина линии, м). Невязка хода не должна превышать величины

$$m_h = \pm \frac{0,04 [l]}{\sqrt{n}}, \text{ см,}$$

где $[l]$ — длина хода, м; n — число линий хода.

В тех случаях, когда пункты съемочной сети определяются полярным способом или способом геодезических засечек, превышения между пунктами определяют тригонометрическим нивелированием в прямом и обратном направлениях или в одном направлении, но не менее чем с двух пунктов. В этих случаях расхождения в определяемых превышениях не должны быть в сантиметрах больше $0,03l$ при расстояниях до 1 км и $0,02 l$ при расстояниях более 1 км (l — длина линий, м). Если при одностороннем нивелировании сторона превышает 700 м, то в определение превышения следует вводить поправки за кривизну Земли и рефракцию.

Периодичность и порядок съемок на карьерах отличаются следующим своеобразием: съемка контуров бровок уступов и буровзрывных скважин осуществляется только в тех местах, где должны быть произведены взрывные работы. Все остальные объекты, за исключением складов полезного ископаемого, снимаются по мере необходимости. Съемка складов в зависимости от методики учета добычи должна производиться еженедельно или ежемесячно.

Основным критерием, определяющим точность съемочных работ, является достоверность определения объемов извлеченной горной массы.

Подсчитано, что среднеквадратическая погрешность определения объемов для каждой зачищенной экскаваторной заходки равна $\pm 2,5\%$. Таким образом погрешности положения подходного пункта по отношению к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной сети не более $\pm 0,1$ м; положения пунктов съемочной сети по отношению к подходным пунктам или ближайшим пунктам маркшейдерской опорной сети не более $\pm 0,2$ м; положения точки бровки уступа перпендикулярно направлению бровок по отношению к ближайшему пункту съемочной сети не более $\pm 0,6$ м; определения высот пунктов съемочной сети по отношению к пунктам маркшейдерской опорной сети не более $\pm 0,1$ м.

При производстве полевых съемочных работ существенное значение имеет правильная организация безопасного ведения работ.

Передвижение маркшейдерских групп должно производиться по специальным пешеходным дорожкам. Переход через железнодорожные пути и автодороги должен осуществляться по специальным местам, обозначенным указателями. Переход маркшейдеров с уступа на уступ или по взорванной горной массе допускается только при съемке этих участков, но обязательно с разрешения представителя технического надзора. Маркшейдер, участвующий в съемочных работах, обязательно должен знать предупредительные звуковые или световые сигналы, оповещающие о производстве взрывных работ, и при первом же сигнале должен покинуть опасную зону. При съемках уступов надо избегать ставить рейки над козырьками или навесами на верхней бровке и под ними на нижней бровке. Съёмки в районе действия добычных механизмов разрешается производить только после их остановки.

Съемочные работы при экскаваторном способе выемки без предварительного рыхления обычно проводятся тахеометрическим способом или способом перпендикуляров.

Тахеометрическая съемка выполняется теодолитами-тахеометрами с точностью отсчетных приспособлений вертикального круга не менее $1'$. Наиболее удобными для съемки являются авторедукционные тахеометры, например тахеометр «Dahlta-020» с вертикальной рейкой. Съемка выполняется с пунктов съемочной сети; в некоторых случаях определяют дополнительные (висячие) пункты, расстояние до которых допускается не более 400 м.

Расстояния от инструмента до речных точек допускаются для тахеометров с увеличением трубы $25\times$ не более 250 м, с увеличением $18—20\times$ не более 200 м. Это расстояние можно также определить по формуле $l = 10v$ (где v — увеличение трубы).

При одновременной съемке верхней и нижней бровок уступов расстояния между речными точками не должно превышать 30—40 м. Если снимается только верхняя бровка, то это расстояние равно 20—25 м. Причем на каждые 100 м протяженности уступа должно быть не менее трех точек, где замерялась высота уступа. На каждой съемочной станции ведется абрис (рис. X.15).

При тахеометрической съемке высокой производительности добиваются при использовании тахеометра-автомата «Dahlta-020» с картографическим столиком «Карти-250», который дает возможность непосредственно на месте нанесения снятых точек местности. Диаметр свободной площади картографирования 250 мм. Погрешность нанесения точек не превышает 0,1 мм.

Способ перпендикуляров (рис. X.16) рационально использовать при съемке бровок уступов с несложными контурами, когда не требуется большого числа речных точек.

Съемочная сеть для способа перпендикуляров строится в виде теодолитных ходов или прямоугольной сетки. Длина ординат, как правило, не допускается более 30 м. При их длине более 15 м они должны восставляться с помощью эккера. Длины измеряются рулетками с округлениями до дециметров.

В последние годы на многих карьерах вместо тахеометрической съемки стали применять наземную стереофотограмметрию, которая обладает следующими преимуществами:

повышается производительность труда на полевых работах; отпадает необходимость в рабочих-реечниках и, таким образом, повышается безопасность работ;

при составлении плана по фотоснимкам появляется большой выбор точек, наилучшим образом характеризующих снимаемый участок;

съемкой охватываются все видимые объекты, в том числе не доступные для тахеометрической съемки.

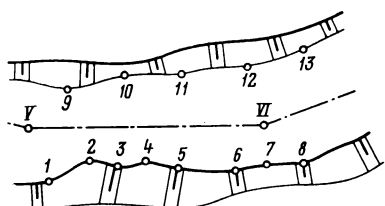


Рис. X.15. Абрис тахеометрического способа съемки уступа

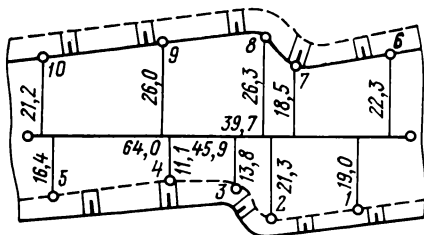


Рис. X.16. Абрис съемки уступа с помощью перпендикуляров

Наземная стереофотограмметрическая съемка может применяться как самостоятельный вид, так и в комбинации с тахеометрической съемкой, которая выполняется фототеодолитом или фотограмметром, в которых соединены угломерный инструмент и фотокамера. Фототеодолит представляет собой фотокамеру, имеющую уровни и устройство, позволяющее ориентировать ее относительно базиса. Для фотографирования используются стеклянные пластинки чаще всего размером 13×18 см.

Фотографирование одного и того же участка ведется дважды с разных концов базиса. Получаемые при этом два снимка представляют стереопару.

Возможны следующие виды фотографирования: нормальный, равноотклоненный, равнонаклонный, конвергентный и общий (произвольный).

При нормальном виде съемки оптические оси обеих камер горизонтальны и перпендикулярны базису. Равноотклоненный вид характеризуется тем, что оптические оси камер горизонтальны и параллельны между собой, но составляют некоторый угол с базисом, отличающийся от 90° . При равнонаклонном виде съемки оптические оси камер перпендикулярны к горизонтальной проекции базиса и имеют некоторый угол наклона (одинаковый для обеих осей). В конвергентном виде съемки горизонтальные оптические оси не параллельны между собой. Общий вид съемки отличается тем, что оптические оси в пространстве могут занимать любое положение.

Рассмотрим случай нормальной стереофотограмметрической съемки (рис. X.17), когда оптические оси фотокамер, установленных в точках S и S' , взаимно параллельльны и перпендикулярны базису фотографирования B .

В стереофотограмметрии для установления связи между координатами точек снимка и их координатами на местности применяется следующая система координат:

- ось x_ϕ совпадает с направлением базиса фотографирования;
- ось y_ϕ совпадает с направлением оптической оси фотокамеры, находящейся в точке S (левой точке базиса);
- ось z_ϕ имеет направление, перпендикулярное к плоскости, формируемой первыми двумя осями.

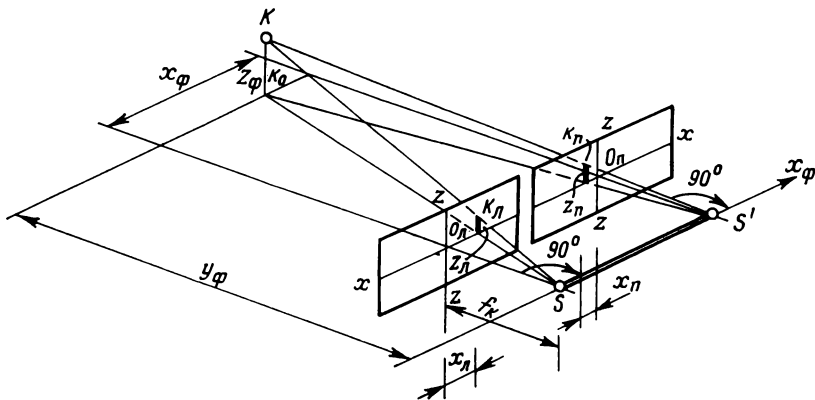


Рис. X.17. Сущность стереофотосъемки

Определим фотограмметрические координаты точки K местности.

Обозначим изображение точки K на левом снимке через k_l , на правом — через k_p (рис. X.17 и X.18).

На рисунках приняты следующие обозначения: y_ϕ , x_ϕ , z_ϕ — фотограмметрические координаты точки K местности (координата y_ϕ также называется отстоянием); x_l — абсцисса точки k_l на левом снимке; x_p — то же, на правом снимке; z_l — ордината точки k_l на левом снимке; B — базис фотографирования; f_k — фокусное расстояние фотокамеры фототеодолита.

Из подобия треугольников $KK'S$ и $Sk_l k'_p$ (см. рис. X.18) запишем

$$\frac{y_\phi}{f_k} = \frac{B}{x_l - x_p}.$$

Обозначим $x_l - x_p = \rho$. Это выражение называется горизонтальным параллаксом.

Преыдущая формула может быть записана так:

$$y_\phi = \frac{Bf_k}{x_l - x_p} = \frac{Bf_k}{\rho}. \quad (X.1)$$

Учитывая, что величина базиса фотографирования, число базисов и их направление существенно влияют на производительность съемки, необходимо стремиться к тому, чтобы свести к минимуму число базисов, обеспечивая при этом необходимую площадь съемки без «мертвых» пространств.

Для получения необходимой точности при определении координат точек на снимках стереопар и горизонтального параллакса на каждой станции намечается несколько контрольных (корректирующих) точек, координаты которых получают фотограмметрическим и геодезическим способами. Таким образом, при сопоставлении координат, полученных двумя независимыми методами, возникает возможность контроля правильности проведения стереофотограмметрической съемки. Корректирующих точек для одной станции обычно намечают в количестве трех для каждой снимаемой пары. Причем одна точка должна быть расположена в ближнем, а две другие — в дальнем плане снимаемой площади. Для уменьшения числа корректирующих точек обычно стараются часть точек сделать общими для соседних стереопар.

При выборе места для закладки базисов фотографирования необходимо базисы располагать параллельно фронту работ и на одном уровне со снимаемыми объектами (или несколько выше). Следует стремиться к тому, чтобы разность высот концов базисов фотографирования была минимальной, так как при фотографировании карьера с наклонного базиса происходит смещение одноименных точек на снимке стереопары по оси zz , которое вызывает эффект, называемый вертикальным параллаксом. Вертикальный параллакс может быть исключен полностью или во всяком случае уменьшен до допустимых пределов в стереокомпараторе только в том случае, если концы базисов фотографирования не различаются по высоте более чем на $\pm 0,3 B$. Кроме того, базисные точки должны быть расположены в местах, которые обеспечат их длительное использование. Соседние базисы должны выбираться с таким расчетом, чтобы было необходимое перекрытие соседних стереопар.

Для составления проекта съемочных работ надо знать минимально допустимое отстояние $y_{\Phi_{\min}}$ и максимально допустимое отстояние $y_{\Phi_{\max}}$ точек от базиса фотографирования, первое из которых обеспечивает появление стереоэффекта, второе — заданную точность.

Принято минимально допустимое отстояние определять по формуле

$$y_{\Phi_{\min}} = 3,5B, \quad (\text{X.5})$$

максимально допустимое отстояние — по формуле

$$y_{\Phi_{\max}} = 3,8mf_k, \quad (\text{X.6})$$

где m — масштаб составляемого плана.

В зависимости от размеров карьера, системы разработки, направления фронта работ могут быть следующие варианты расположения базисов и съемки карьеров:

1) при транспортной системе разработки с внешними отвалами базы фотографирования неглубоких карьеров располагаются на бортах, при съемке нижних уступов глубоких карьеров базы располагаются на площадках уступов;

2) при транспортной системе с внутренними отвалами и при транспортно-отвальных системах базы фотографирования размещаются непосредственно на отвалах;

3) при комбинированных системах разработки, когда породы перемещаются во внутренние и внешние отвалы, производится раздельная съемка верхних и нижних уступов. Верхние уступы фотографируются с базисов, расположенных на неподвижном борту, нижние — с базисов, расположенных на внутренних отвалах.

При проведении съемочных работ на концах базиса устанавливаются штативы. На левом исходном конце базиса по направлению съемки устанавливают теодолит (для измерения базиса). Затем фотографическую высокоточную камеру ориентируют относительно базиса. Фотографирование ведется с левого и правого концов базиса. Оптическая ось располагается нормально к направлению базиса. В результате получают стереоскопическую пару. Для расширения угла охвата местности, т. е. для повышения производительности съемки, с каждого конца базиса делают два дополнительных снимка. Для этого от центрального положения камера поворачивается влево и вправо на $31^{\circ} 30'$.

Таким образом, на каждой станции (рис. X.19) получают три пары снимков с одного базиса SS' .

Большое значение для качества построения плана имеет правильный выбор масштаба изображения объектов, который желательно иметь не мельче $1/4$ — $1/5$ масштаба плана. Масштаб фотографического изображения может быть определен из выражения

$$M_{\phi} = N \frac{m_p}{m_{y\phi}}$$

Здесь N — знаменатель показателя съемки; m_p — средняя погрешность горизонтального параллакса; $m_{y\phi}$ — средняя погрешность отстояния.

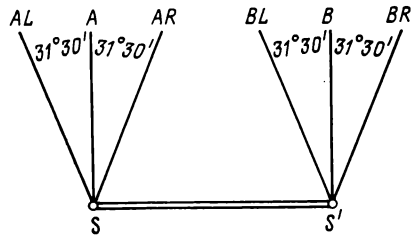


Рис. X.19. Сочетание нормального случая стереофотограмметрической съемки с равноотклоненным

Т а б л и ц а X.1

Отстоя- ние y_{ϕ} , м	Базис (м) при фокус- ном рассто- янии камеры f_k , мм		Отстоя- ние y_{ϕ} , м	Базис (м) при фо- кусном расстоянии камеры f_k , м			Отстоя- ние y_{ϕ} , м	Базис (м) при фокус- ном рассто- янии камеры f_k , мм	
	100	200		100	200	300		200	300
200	13	—	500	79	31	—	1000	125	83
250	20	—	600	114	45	30	1100	151	101
300	28	—	700	154	61	41	1200	180	120
350	38	—	800	—	80	53	1300	211	141
400	50	20	900	—	101	68	1400	244	163
450	57	25					1500	281	188

Наибольшее отстояние фототеодолита от снимаемых объектов y_{ϕ} диктуется применяемой технологией извлечения полезного ископаемого (размерами карьера).

Таким образом, при определении отстояния длина базиса фотогафирования может быть определена по формуле

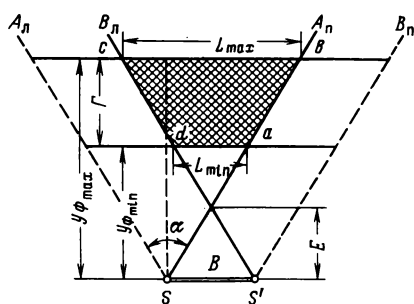


Рис. X.20. Определение полезной площади стереосъемки

$$B = \frac{y_{\phi}^2 m_p}{f_k m_l}, \quad (X.7)$$

где m_l — средняя погрешность положения точек контура.

Величину базиса фотогафирования можно также определить по табл. X.1, приведенной в работе [12].

Для правильного составления проекта съемки необходимо знать площадь перекрытия в стереопаре с конкретного базиса фотогафирования.

Рассмотрим базис фотогафирования SS' (рис. X.20), из концов которого построим горизонтальные углы захвата α (рабочие углы) местности теодолитом. Полезная площадь съемки $F_{\text{полез}}$ ограничена точками $abcd$. Она изображается на каждом снимке стереопары и в дальнейшем обрабатывается на стереокомпараторе.

Из рис. X.20 можно записать

$$F_{\text{полез}} = \frac{\Gamma}{2} (L_{\text{min}} + L_{\text{max}}), \quad (X.8)$$

где Γ — глубина съемки; L_{min} — ближнее основание трапеции; L_{max} — дальнее основание трапеции.

Величины ближнего и дальнего оснований можно подсчитать по формулам:

$$L_{\min} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(3,5B - \frac{B}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right); \quad (\text{X.9})$$

$$L_{\max} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(y_{\Phi_{\max}} - \frac{B}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right). \quad (\text{X.10})$$

Таким образом, окончательно формула для определения полезной площади съемки запишется следующим образом:

$$F_{\text{полезн}} = \Gamma \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(y_{\Phi_{\max}} + 3,5B - B \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right). \quad (\text{X.11})$$

Геодезические работы при стереофотограмметрической съемке состоят из следующих элементов:

измерения длины базиса фотографирования и определения координат левой точки базиса;

привязки базисов к пунктам опорной сети карьера;

определения координат корректурных точек или измерения вертикальных и горизонтальных углов на контрольные точки.

Длина базиса фотографирования может измеряться с помощью рулетки, мерной ленты, проволочного длинмера и других приборов, обеспечивающих расхождение между прямым и обратным измерениями не более 1 : 2000 длины базиса.

Привязка базиса заключается в определении координат x , y левой точки и дирекционного угла базиса.

Координаты левой точки базиса и координаты корректурных точек определяются от точек опорной сети с точностями, предъявляемыми для построения опорных маркшейдерских сетей.

Одновременно с определением координат x , y левой точки определяется дирекционный угол базиса. При этом погрешность в определении дирекционного угла базиса фотографирования не должна превышать величины

$$m_{\alpha} = \frac{m_l}{2y_{\Phi}} \rho'' ,$$

Высотные отметки точек базисов и корректурных точек определяются геометрическим нивелированием технической точности.

Фотографирование является ответственной операцией стереофотограмметрической съемки, так как от качества негативов зависит точность определения координат точек и параллакса. Наилучшие условия съемки в ясную безоблачную погоду. При съемке Солнце должно находиться сзади или сбоку от наблюдателя. При переменной облачности для съемки необходимо выбирать моменты, когда на снимаемые объекты не падает тень от облаков. Фотографирование должно производиться на контрастные репродукционные штриховые или полутоновые пластинки с чувствительностью 1—3 единицы по ГОСТу.

При выборе времени съемок в зависимости от погодных условий и периода суток целесообразно руководствоваться следующими рекомендациями для времени фотографирования: утром и днем при ясном небе, днем при слабой и сплошной облачности, вечером при ясном небе.

Для производства работ по фотографированию на одной из точек базиса устанавливают фототеодолит так, чтобы два подъемных винта располагались по направлению базиса. На другой точке ставят подъемный аппарат с визирной маркой, подъемные винты которого также располагаются параллельно направлению базиса.

При установке фототеодолита особенно тщательно должно быть выполнена его ориентировка. При измерении высоты инструмента следует помнить, что она складывается из двух длин: расстояния от точки базиса до верхнего обреза втулки подъемного аппарата i и постоянной A_i , равной расстоянию от верхнего обреза втулки до узловой точки объектива.

Фотографирование выполняется по определенной методике, использование которой позволяет исключить погрешности. Сущность этой методики заключается в следующем:

- на обеих точках базиса устанавливают штативы с подъемными аппаратами, на левой точке базиса измеряют высоту i ;

- на левой точке устанавливают фототеодолит, на правой — визирную марку;

- ориентируют фототеодолит по правой точке базиса, проверяют правильность закрытия объектива фотокамеры;

- вставляют кассету и выдвигают ее шторку;

- с помощью винта крышки фотокамеры прижимают кассету и фотопластинку к прикладной рамке фотокамеры, устанавливают номер снимка и номер станции на нумераторе, а на регистраторе — вид съемки (нормальная, отклоненная влево, отклоненная вправо);

- проверяют положение уровней и ориентирование фототеодолита;

- определяют экспозицию фотографирования;

- экспонируют фотопластинку и повторно контролируют положение пузырьков уровней и ориентирование фототеодолита;

- освобождают фотопластинку и кассету, вдвигают шторку и вынимают кассету;

- повторяют фотографирование с отклонением оси фотокамеры влево, затем вправо;

- снимают фототеодолит и вместо него устанавливают визирную марку;

- фототеодолит устанавливают на правую точку базиса, производят фотографирование.

Камеральные работы при стереофотограмметрической съемке включают в себя вычисление геодезического обоснования, измерение снимков на фотограмметрических приборах, составление и вычерчивание плана.

Вычисление координат точек геодезического обоснования левых концов базисов, контрольных точек производится по результатам полевых геодезических измерений.

Измерения координат и горизонтальных параллаксов точек негативов выполняются на стереокомпараторе. По этим данным в дальнейшем вычисляются фотограмметрические и геодезические координаты.

По результатам наземной стереосъемки составляется план горных работ карьера.

Для съемки карьеров начинает находить широкое применение аэрофотосъемка, под которой понимают процесс получения изображения местности с воздуха.

Аэрофотосъемка состоит из аэросъемки, фотограмметрической обработки аэроснимков, аналитических расчетов (чаще всего на ЭВМ), дешифрирования снимков геодезических и радиогеодезических измерений, чертежных работ.

При аэрофотосъемке получают фотограмметрическое изображение местности, в частности территории карьера. Аэросъемка может быть *п л а н о в о й* и *п е р с п е к т и в н о й*. Под *плановой* понимают съемку, при которой оптическая ось фотоаппарата устанавливается почти отвесно (отклонение от вертикали не более 3°). Под *перспективной* понимают аэросъемку, при которой оптическая ось фотоаппарата устанавливается под заданным углом.

Для съемки карьеров применяется плановая аэрофотосъемка. Аэрофотосъемка ведется со специально оборудованных самолетов или вертолетов.

В нашей стране для аэрофотосъемок применяется специальный самолет АН-30, оборудованный совершенной съемочной и навигационной аппаратурой. Управляют самолетом бортовые вычислительные машины, которые позволяют автоматически с большой точностью вести самолет на заданной высоте, рассчитывать траектории поворотов. При этом ЭВМ учитывает нисходящие и восходящие потоки воздуха, силу и направление ветра. Аппаратура самолета позволяет автоматически регулировать частоту съемок, экспонометры непрерывно замеряют яркость земной поверхности, с помощью локаторов регистрируются изменения рельефа.

Фотографирование с самолетов определило особенности аэрофотоаппаратов (АФА). В связи с тем, что фотографирование происходит со значительных высот, объектив АФА фокусируется на «бесконечность» для всего процесса аэрофотосъемки. АФА, как правило, пленочные, причем позволяют получать большое число снимков (до 200—300) без перезарядки. Формат снимков ($l \times l$) 18×18 или 30×30 см.

На рис. X.21 показана принципиальная схема получения с помощью АФА фотографического изображения местности. Как видно из рисунка, аэрофотоснимок является центральной проекцией местности с центром проектирования в точке *S*.

Расстояние по перпендикуляру, опущенному из центра проецирования S на плоскость аэрофотоснимка, называется главным (фокусным) расстоянием АФА.

$$f_k = So.$$

Точка пересечения этого перпендикуляра с плоскостью аэрофотоснимка является главной точкой аэрофотоснимка (точка o). отвесная линия SN называется высотой фотографирования. Пересечение продолжения этой линии с плоскостью аэрофотоснимка называется точкой надира аэрофотоснимка n . Угол $OSN = \alpha$ принято называть углом наклона аэрофотоснимка. Если этот угол равен нулю, то аэрофотоснимок называется горизонтальным.

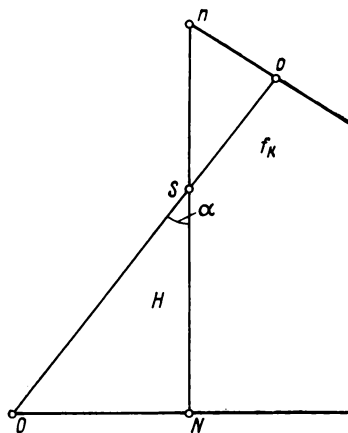


Рис. X.21. Схема получения аэрофотоснимка

Горизонтальный аэрофотоснимок плоской горизонтальной местности является планом этой местности. Масштаб горизонтального аэрофотоснимка равен главному масштабу, т. е. $1 : m = f_k : H$.

Плановыми аэрофотоснимками считаются снимки, у которых угол наклона к горизонту не превышает 3° . При углах наклона более 3° получаются перспективные аэрофотоснимки.

Перед выполнением аэрофотосъемки карьера выполняют расчеты по выбору параметров съемки.

Масштаб аэрофотосъемки карьера M_c практически принимают равным $1 : M_c = 1 : 10\,000$, если подвигание забоев не превышает 30 м. Если подвигание забоев более 30 м, то масштаб аэрофотосъемки рекомендуется принимать равным $1 : M_c = 1 : 15\,000$.

Полученные значения $1 : M_c$ необходимо сравнить со значением

$$\frac{1}{M_c} = \frac{1,4m'_\sigma}{\left(\frac{m_v}{v}\right)D},$$

где $m'_\sigma = \pm 0,02$ мм — среднее квадратическое смещение контура в плане, выраженное в масштабе аэрофотоснимка; $\frac{m_v}{v} = 2,5\%$ — заданная точность определения объема извлеченной горной массы; D — ширина заходки.

Если значение $1 : M_c$, вычисленное по приведенной выше формуле, крупнее, чем указанные выше, то аэрофотосъемку выполняют в масштабе, полученном по данной формуле.

Фокусное расстояние f_k принимается в соответствии с масштабом аэрофотосъемки и максимальной глубиной карьера h_{\max} . Так, при $1 : M_c = 1 : 5000$ и глубине карьера от 0 до 500 м $f_k = 100$ мм, при $1 : M_c = 1 : 10\,000$ и глубине карьера от 0 до 300 м $f_k = 100$ мм, при $h_{\max} = 300\text{—}400$ м $f_k = 140$ мм и при $h_{\max} = 400\text{—}500$ м $f_k = 200$ мм; при $1 : M_c = 1 : 8000$ и глубине карьера от 0 до 200 м $f_k = 100$ мм, при $h_{\max} = 200\text{—}300$ м $f_k = 140$ мм и при $h_{\max} = 300\text{—}500$ м $f_k = 200$ мм.

Высота фотографирования H_ϕ над средней плоскостью карьера вычисляется по формуле

$$H_\phi = f_k M_c.$$

Обработка материалов аэрофотосъемки выполняется на стереофотограмметрических приборах, имеющих проектирующие камеры, аналогичные съемочным. Проектирующим камерам с аэро-негативами придают такое взаимное расположение, какое они занимали в момент фотографирования. В результате образуется пространственная модель местности в уменьшенном масштабе, которая измеряется с помощью бинокулярного микроскопа и пространственной марки.

Для съемки карьеров прокладывают аэросъемочные маршруты. Для большинства карьеров достаточно одного маршрута. Для карьеров, имеющих сложную конфигурацию и большие размеры, проектируют прокладку нескольких аэросъемочных маршрутов.

Аэрофотоснимки в маршрутах должны иметь так называемое продольное перекрытие, обозначаемое через p и выражаемое в процентах от размера стороны снимка l . Величина продольного перекрытия подсчитывается по формуле

$$p = 62 + 50 \frac{h_{\max}}{2H_\phi}, \%$$

Если прокладываются параллельные маршруты, то аэрофотоснимки соседних маршрутов должны иметь поперечное перекрытие, обозначаемое через q , которое выражается в процентах от стороны аэрофотоснимка и подсчитывается по формуле

$$q = 34 + 50 \frac{h_{\max}}{2H_\phi}, \%$$

где h_{\max} — максимальная глубина карьера; H_ϕ — высота фотографирования над средней плоскостью карьера.

Расстояние между центрами фотографирования двух соседних аэрофотоснимков называется базисом фотографии. Его можно подсчитать по формуле

$$B = l \frac{100 - p}{100} m,$$

где l — размер аэрофотоснимка; m — масштаб аэрофотоснимка.

Число аэрофотоснимков в маршруте можно подсчитывать следующим образом:

$$n = L : B,$$

где L — длина одного маршрута.

Общее число аэрофотоснимков на всю фотографируемую площадь равно $n' = \Sigma n$.

Из-за угла наклона снимка происходит смещение точек на нем. Для плановых аэрофотоснимков приближенно можно считать, что смещение происходит по направлению, соединяющему эту точку

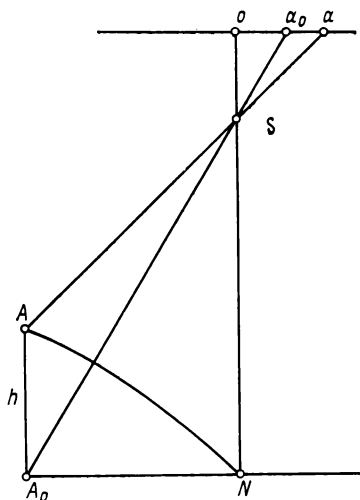


Рис. X.22. Определение смещения точек поверхности Земли на аэрофотоснимке

с главной точкой снимка. Это смещение в зависимости от расположения точки и величины угла наклона аэрофотоснимка может быть направлено и к главной точке и от нее.

Максимальное смещение точки на плановом аэрофотоснимке за влияние угла наклона может быть оценено приближенной формулой

$$\delta_{\alpha} = \frac{r^2}{f_k} \frac{\alpha^{\circ}}{57^{\circ}, 3}, \quad (X.12)$$

где r — расстояние от данной точки до главной; α — угол наклона аэрофотоснимка.

Анализ приведенной формулы показал, что смещение точек на аэрофотоснимке под влиянием угла наклона незначительно и в некоторых работах с аэрофотоснимками может не учитываться.

В связи с тем, что точки физической поверхности Земли расположены на различной высоте относительно уровенной поверхности, превышения точек местности приводят к смещению положения точки на аэрофотоснимке (рис. X.22). Если принять обозначения: $AA_0 = h$ — превышение точки A над N ; $SN = H$ — высота фотографирования; $ao = r$ — расстояние на аэрофотоснимке от точки a до главной точки аэрофотоснимка o ; $aa_0 = \Delta r$ — смещение точки на аэрофотоснимке за влияние рельефа местности, то можно записать

$$\Delta r = \frac{rh}{H}. \quad (X.13)$$

При строгом рассмотрении задачи направление смещения точек на аэрофотоснимке за влияние рельефа направлено по линии, соединяющей данную точку с точкой надира аэрофотоснимка. Однако при плановой аэрофотосъемке приближенно

можно считать, что это смещение направлено в главную точку.

Анализ формул (X.12) и (X.13) показывает, что искажения на аэрофотоснимке увеличиваются при удалении точек от главной точки аэрофотоснимка. Таким образом, при работе с аэрофотоснимками целесообразно использовать не всю площадь аэрофотоснимка, а только ее центральную часть, которая называется полезной (рабочей) площадью аэрофотоснимка. Практически полезную площадь аэрофотоснимка ограничивают линии, которые проводят посередине продольного и поперечного перекрытий аэрофотоснимка.

При аэрофотосъемке снимки имеют продольное перекрытие более 50%. Таким образом, каждый участок местности изображается на двух аэрофотоснимках. Пусть точка местности M_1 (рис. X.23) изобразилась на левом аэрофотоснимке в точке m_1 , а на правом — в точке m'_1 . Отрезок на левом аэрофотоснимке $m_1o_1 = x_l$, а на правом — $m'_1o_2 = -x_p$. Величина $x_l - x_p = p_1$ является изображением базиса фотографирования B в масштабе отстояния точки местности M_1 и называется продольным параллаксом. Из подобных треугольников $m'_1m_1S_2$ и $S_1S_2M_1$ следует, что

$$H_1 = \frac{Bf_k}{p}. \quad (X.14)$$

Выражение (X.14) можно записать для любой другой точки местности, например для точки M_2

$$H_2 = \frac{Bf_k}{p_2}. \quad (X.15)$$

Так как превышение двух точек можно рассматривать как разность их отстояния, то

$$h = H_2 - H_1.$$

Учитывая выражения (X.14) и (X.15),

$$h = \frac{Bf_k}{p_2} - \frac{Bf_k}{p} = \frac{Bf_k(p_1 - p_2)}{pp_2}.$$

Обозначив $(p - p_2)$ через Δp , окончательно можно написать

$$h = \frac{\Delta p H_1}{p + \Delta p}. \quad (X.16)$$

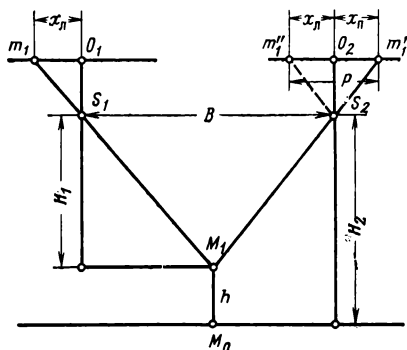


Рис. X.23. Схема определения превышений по аэрофотоснимкам

На аэроснимках, имеющих угол наклона или же негоризонтальный базис, значения p и Δp искажены. Поэтому предварительно перед вычислением превышений величины p и Δp исправляют за влияние углов наклона аэроснимков и базиса. Эта задача практически может быть решена аналитическим методом или с использованием специальных фотограмметрических приборов (стереометров).

Наблюдения и измерение пар аэроснимков ведут стереоскопическим способом. Простейшим прибором для стереоскопического наблюдения аэроснимков является стереоскоп, в котором левый аэроснимок располагают слева и рассматривают левым глазом, правый — справа. В этом случае при наблюдений аэроснимков получают прямой стереоскопический эффект, т. е. чем ближе точка к наблюдателю, тем ближе она будет казаться и на стереомодели.

Перед аэросъемкой карьера должна быть произведена полевая подготовка, которая включает в себя обеспечение каждой стереоскопической пары четырьмя точками плано-высотного обоснования (опознаки), которые обычно располагают в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность и возможность использования для последующих аэросъемок. Точность определения плановых координат опознаков должна соответствовать точности определения координат пунктов съемочной сети. Высотные отметки опознаков определяют с точностью технического нивелирования.

Обработку аэроснимков для составления или пополнения плана горных работ производят на универсальных стереофотограмметрических приборах. Независимо от конкретного типа стереофотограмметрического прибора основные процессы состоят из подготовительных работ, взаимного ориентирования пар аэроснимков на приборе, геодезического ориентирования.

Подготовительные работы включают подготовку планшетов (нанесение километровой сетки и опознаков), изготовление диапозитивов, подготовку аэроснимков, проверку прибора, расчеты по вычислению масштаба модели, фокусных расстояний камер прибора, исправленных за влияние систематической деформации аэронегативов, и т. д. П о д в з а и м н ы м о р и е н т и р о в а н и е м а э р о с н и м к о в понимают определение положения одного снимка относительно другого.

В зависимости от устройства универсальных приборов взаимное ориентирование аэроснимков может быть выполнено различными движениями. Например, одна камера считается неподвижной и относительно нее измеряют положение базиса второй камеры. Возможно также изменение положения обеих камер относительно неподвижного базиса.

Взаимное ориентирование на универсальных приборах производят путем последовательного наблюдения и уничтожения поперечного параллакса на ряде точек. Хотя задача решается по методу последовательных приближений, результат отличается стро-

гостью полученного решения в пределах точности уничтожения поперечных параллаксов на приборе.

Возможен также способ решения задачи взаимного ориентирования аналитическим методом, который основан на измерении поперечных параллаксов шести точек и вычислении элементов взаимного ориентирования по аналитическим формулам.

Геодезическое ориентирование геометрической модели включает ее масштабирование и горизонтирование.

Масштабирование заключается в определении отношения одноименных отрезков s и S , взятых соответственно на восстановленной и заснятой поверхностях, т. е. $\frac{1}{m} = \frac{s}{S}$.

Для определения масштаба модели необходимо иметь как минимум два опознака.

Горизонтирование модели сводится к определению углов поворота модели вокруг соответствующих осей x и y геодезической системы координат.

Таким образом, для решения задачи геодезического ориентирования модели необходимо иметь как минимум три опознавательных знака, для двух из которых известны все три координаты, для третьего — высотная отметка. При геодезическом ориентировании также производится ориентирование планшета. Для этого измерительную марку прибора совмещают с одной из опорных точек, а центр установочного микроскопа устанавливают над соответствующей точкой планшета. Затем визируют на другую опорную точку, а планшет поворачивают до тех пор, пока центр установочного микроскопа не окажется на линии, соединяющей эти точки.

После выполнения геодезического ориентирования приступают к составлению или пополнению плана горных выработок.

§ 47. Специальные маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

Маркшейдерское обслуживание при ведении взрывных работ заключается в следующем:

подготовка исходного материала для составления проекта взрыва;

перенесение проекта взрывных выработок в натуру;

уточнение фактического положения взрывных выработок после их проходки;

определение объемов взорванной массы и положения выработанного пространства после экскавации пород.

Проект взрывных работ составляют в масштабе 1 : 1000 или 1 : 500. Для этого производится съемка, в результате которой должны быть определены:

положение верхней бровки уступа;

граница полностью очищенного экскавацией откоса;
границы развала взорванной ранее и неубранной горной массы;

высоты характерных точек нижней и верхней площадок уступа, но не реже чем через 20 м;

положение опор контактной сети и железнодорожных путей, если отработка ведется с применением железнодорожного транспорта;

границы размещения в массиве пород с различными по взрываемости и буримости характеристиками;

положение тектонических нарушений и характеристика трещин отдельностей;

границы опасной зоны, определяемой правилами ведения взрывных работ, и положение зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости от этой зоны.

На основании проекта взрыва в натуру переносят проектное положение устьев скважин, которое закрепляют колышком с указанием на нем номера скважины, номера бурового станка, проектной глубины и величины сопротивления по почве.

При разбивке устьев скважин маркшейдер, как правило, инструментально выносит в натуру только границы взрываемого блока, отмечая их на верхней бровке уступа. Если границы взрываемого блока выносят при незачищенном откосе уступа, то должна быть вынесена линия створа скважин предыдущего взрыва. Разбивку устьев взрывных скважин внутри блока осуществляет мастер-взрывник.

Инструментальную разбивку устьев взрывных скважин производят только в тех случаях, когда участки взрыва расположены у проектной границы карьера и осуществляется проходка капитальных съездов.

Основными инструментальными способами вынесения взрывных выработок в натуру являются полярный и перпендикуляров, при этом используются пункты съемочной сети. Углы откладывают с погрешностью не более $\pm 5'$. Расстояния менее 50 м можно измерять дальномером. При использовании способа перпендикуляров расстояния округляют до дециметров.

Если карьер отрабатывают с высокими уступами и в результате оформления они имеют неправильную форму, то должна производиться их съемка.

В связи с тем, что правилами безопасности запрещается нахождение речника на откосе уступа, съемка таких откосов должна выполняться с использованием базисного редуцированного тахеометра ВРТ-006, эклиметра на подставке (или теодолита) с приспособлением для измерения наклонных расстояний по откосу уступа или с помощью телескопической штанги с рулеткой, т. е. методов, обеспечивающих безопасность работ.

Для выполнения профильной съемки с помощью эклиметра (рис. X.24) его устанавливают на верхней бровке уступа, затем

измеряют угол наклона на характерную точку и специально приспособленной для этих целей рулеткой расстояние до точки визирования. Для измерения длины к концу рулетки прикрепляются груз и шнур, и этот конец опускают на откос уступа. Для этого один из рабочих, стоящих на верхней бровке, спускает конец рулетки, второй, находящийся на подошве уступа в безопасном месте, при помощи шнура натягивает рулетку таким образом, чтобы её начало совпадало с измеряемой точкой.

Принцип съемки с помощью телескопической штанги и подвешенной к ее концу рулетки (рис. X.25) заключается в том, что

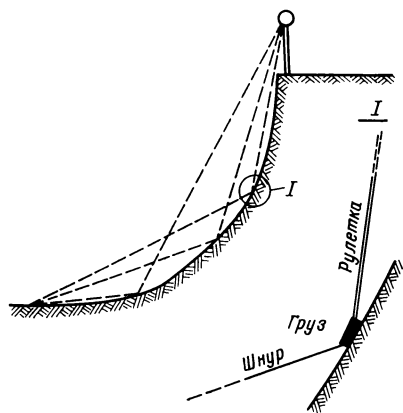


Рис. X.24. Съемка профиля уступа с помощью эклиметра

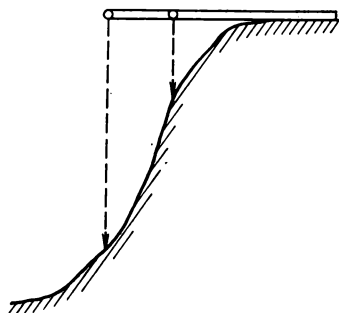


Рис. X.25. Съемка профиля уступа при помощи телескопической штанги

с конца штанги через ролик до характерной точки откоса опускают рулетку с грузом. Измеряются две координаты: по телескопической штанге — горизонтальное расстояние от верхней бровки до конца штанги и по рулетке — вертикальное расстояние (по рулетке) — от конца штанги до поверхности откоса.

После окончания проходки взрывных выработок выполняют съемку блока, подлежащего взрыву. С пунктов съемочной сети фиксируют положение скважин, расположенных на флангах участка. Положение скважин в промежутке определяют измерением расстояний между скважинами. Кроме этого, должны быть измерены расстояния от скважин до верхней бровки и величина сопротивления по почве. Если после составления предварительного проекта взрыва проводились экскаваторные работы или работы по зачистке почвы уступа, то должна быть проведена дополнительная съемка уступа.

Отметки устьев взрывных скважин определяются геометрическим нивелированием.

В результате съемочных работ, проведенных по окончании подготовки блока к взрыву, маркшейдер должен составить и

представить для разработки уточненного проекта взрыва следующей графическую и расчетную документацию:

1) поперечные разрезы через буровые скважины, составленные в масштабах 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, на которых должны быть нанесены профиль откоса уступа, взрывные выработки, проектный и существующий горизонты почвы уступа, контакты различных пород и полезного ископаемого, разделение пород по категориям буримости и взрываемости;

2) план взрываемого блока в масштабах 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, на котором должны быть показаны граница взрываемого блока, взрывные выработки, положение верхней и нижней бровок уступа, контакты между различными породами, ситуация площадок уступов.

После проведения взрывных работ проводят съемку взорванной горной массы, в результате которой должны быть определены граница развала, линия откола, несколько характерных точек по линиям профилей на поверхности взорванной массы.

Как показал опыт, из-за неточности в определении коэффициента разрыхления взорванной массы определение взорванных объемов производят с погрешностью, в 2—3 раза большей, чем при определении объемов в массиве. Поэтому после отгрузки всей взорванной массы должна быть выполнена съемка уступов для уточнения вынутого объема.

Маркшейдерские работы по обслуживанию транспорта занимают существенное место в практической деятельности маркшейдеров, особенно в карьерах с железнодорожным транспортом. Эти работы включают разбивку трасс забойных железнодорожных путей, периодическое профилирование железнодорожных путей, разбивку трасс и проверку профилей автомобильных дорог.

Маркшейдерские работы, проводимые с целью получения исходных данных для разбивки железнодорожной трассы, начинаются с нивелирования поверхности уступа сразу же после отгрузки первой ленты взорванной горной массы. В результате определяются величины подсыпки или поддирки, указываемые на специально забитых кольях и необходимые для выравнивания площадки. После этого на рабочей площадке уступа выносятся ось железнодорожного пути. При этом должны учитываться следующие обстоятельства: ось должна быть разбита с учетом отгрузки двух лент экскаваторной заходки без переноски железнодорожных путей; пути не должны попасть под породы следующего взрыва.

Вдоль перенесенной в натуру запроектированной оси железнодорожного пути производится разбивка пикетажа и геометрическое или тригонометрическое нивелирование, по результатам которого дают указание о приведении фактического профиля в соответствие с допустимым руководящим уклоном.

Существенное внимание должно быть уделено разбивке стрелочных переводов. При этом закрепляют центр перевода *B*

(рис. X.26), стык рамного рельса A , конец перевода C , математический центр крестовины D , взаимное положение которых указывают на эюре стрелочного перевода. Перед укладкой стрелочного перевода поверхность уступа тщательно рихтуют, а затем согласно проекту откладывают расстояние от исходной точки до центра перевода, закрепляемое точкой B .

Для разбивки направления бокового пути в точке B устанавливают теодолит и от направления BC откладывают угол $\alpha = \angle CBC_1$, величина которого зависит от марки крестовины стрелочного перевода. В отложенном направлении откладывают расстояние $BC_1 = BC$ и закрепляют точку C_1 .

Съемку постоянных железнодорожных путей в карьере и за его пределами выполняют способом перпендикуляров или полярным способом от сторон теодолитного хода, который прокладывают по оси пути. Съемкой должны быть определены: ось пути, центры стрелочных переводов, верхняя ширина колеи, ширина насыпки или выемки по верху и по низу, дистанционные столбы и т. п. Закругление путей снимают способом перпендикуляров. Для этого прокладывают хорды, связывающие концы кривой, от них по перпендикулярам измеряют расстояния до оси кривой.

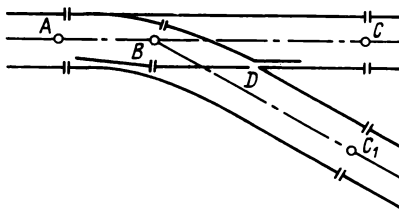


Рис. X.26. Основные точки стрелочного перевода

Профилирование железнодорожных путей осуществляют с помощью геометрического нивелирования технической точности в сроки, предусмотренные «Правилами эксплуатации железнодорожного транспорта промышленных предприятий колеи 1524 мм».

Разбивочные работы при сооружении автомобильных дорог и съездов выполняются маркшейдерами по проектным материалам, в которых отмечаются уклоны, радиусы закругления, ширина полотна дороги. После окончания строительства дороги должна быть проведена инструментальная съемка для установления соответствия фактического положения проектному.

Маркшейдерские работы при проведении траншей выполняются на основании проектных материалов, которые должны включать:

план траншеи с координатами точек примыкания, дирекционными углами примычных направлений, углами поворота, расстояниями между вершинами углов поворота и радиусами сопрягающих кривых;

продольные и поперечные разрезы траншеи, на которых должны быть показаны профиль земной поверхности и проектный профиль

почвы траншеи, последовательность заходов, их сечений и осей, железнодорожные и дренажные канавки;

план расположения взрывных выработок с указанием координат устьев, дирекционных углов осей, их сечения.

Разбивку на местности траншей производят путем прокладывания теодолитных ходов, от сторон которых переносят в натуру положение верхних бровок при сооружении траншей в рыхлых породах и положение взрывных выработок — при проведении в скальных породах.

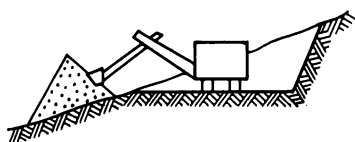
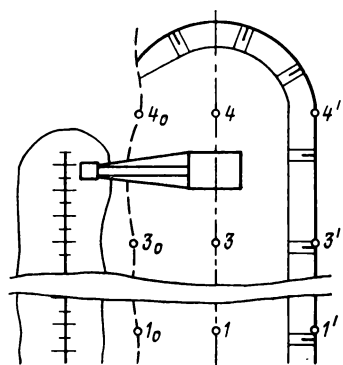


Рис. X.27. Маркшейдерские работы при проходке траншеи на склоне

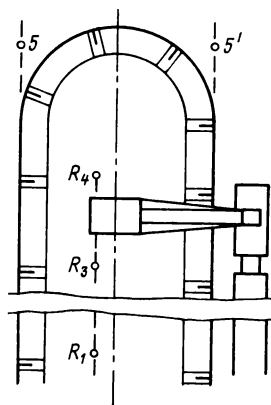


Рис. X.28. Маркшейдерские работы при проходке траншеи сплошным забоем с отгрузкой породы в вагоны

При проходке траншей одноковшовыми экскаваторами без применения буро-взрывных работ возможны различные случаи обслуживания их маркшейдерскими работами.

1. Траншею проходят на склоне, породу отсыпают под откос (рис. X.27). Основной задачей маркшейдерских работ в данном случае является соблюдение заданного уклона оси траншеи.

Сначала по координатам, взятым из проекта, с помощью теодолитного хода или геодезической засечки выносят на местность точку примыкания оси траншеи. Затем прокладывают теодолитный ход, соответствующий предварительному направлению оси траншеи, которую закрепляют временными пикетами через 50—100 м. По известным отметкам почвы траншеи определяют в натуре точки 1₀, 2₀, 3₀, 4₀, ..., образующие линию выхода плоскости почвы на склон. После этого разбивают уточненную ось траншеи (точки 1,

2, 3, 4 ...), используя для этого линию выхода и проектную ширину траншеи, разбивают на местности линию верхней бровки (точки $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, ...) путем промеров от оси траншеи с помощью металлических рулеток.

2. Траншею проходят сплошным забоем с погрузкой породы на транспорт, расположенный на ее борту (рис. X.28), или выемкой породы драглайном и разгрузкой ее на борту.

Способом, описанным в предыдущем случае, прокладывают теодолитный ход, выносят ось траншеи и разбивают кривые. Ось траншеи закрепляют на прямолинейных участках на расстоянии

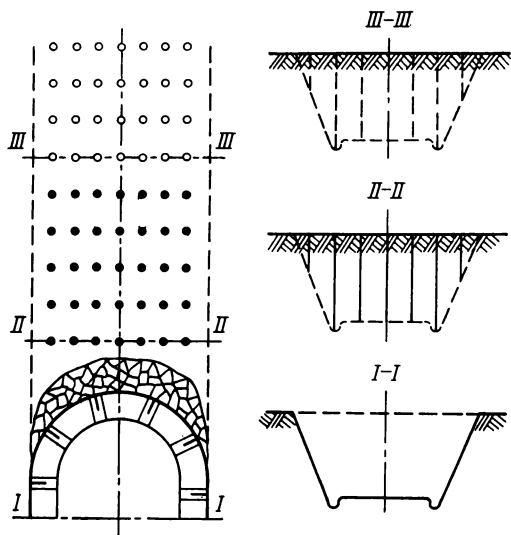


Рис. X.29. Маркшейдерские работы при проходке траншеи с помощью массовых взрывов на выброс

до 50 м, на криволинейных — на расстоянии до 10 м. Одновременно на борту траншеи разбивают ось железнодорожного пути или ось породного отвала, если сооружение траншеи ведут драглайном. В процессе проходки траншеи через 20—30 м задают реперы (R_1 , R_2 , R_3 , ...), контролирующие высотные отметки ее почвы. Реперы должны быть смещены от оси траншеи таким образом, чтобы они были расположены на линии хода одной из гусениц экскаватора.

3. Траншею проходят с помощью массовых взрывов на выброс (рис. X.29). Маркшейдерские работы в этом случае заключаются в том, что в натуру с помощью теодолитных ходов или геодезических засечек выносят проектные положения взрывных выработок. После окончания проходки взрывных выработок должна быть произведена их съемка, необходимая для уточнения проекта массового взрыва.

После взрыва выполняется съемка, на основании которой определяют объем взорванной массы, затем выносят ось и боковые

бровки траншеи и задают реперы для контроля уклона почвы траншеи.

Маркшейдерские работы при разработке месторождений транспортно-отвальными мостами обладают определенной спецификой, заключающейся в том, что транспортно-отвальные мосты представляют собой сложные конструкции с очень большой массой (иногда более 7000 т), для которых высокие динамические нагрузки, приводящие к перенапряжению и остаточным деформациям, недопустимо. Это условие делает необходимым проведение дополнительных высокоточных наблюдений за фермами и узлами мостов с точки зрения сохранения их прочности, проводимых маркшейдерами по предписанию главного инженера предприятия.

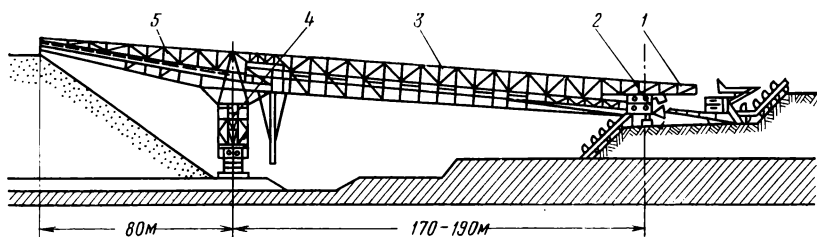


Рис. X.30. Схема транспортно-отвального моста

Основными элементами всех конструкций транспортно-отвальных мостов (рис. X.30) являются пролетное строение 3, отвальная консоль 5, забойная консоль 1, отвальная опора 4, забойная опора 2.

Маркшейдерское обслуживание транспортно-отвальных мостов заключается в контроле планового положения рельсовых путей моста и их уклонов, а также горизонтальной, вертикальной и угловой подвижности моста.

Плановое положение путей контролируют теодолитной съемкой с измерением расстояний между отдельными нитками рельсов с помощью стальной рулетки, уклон путей — геометрическим нивелированием. В результате съемки путей должно быть установлено соответствие фактического положения требованиям технического паспорта.

Контроль горизонтальной подвижности производят в связи с тем, что транспортно-отвальные мосты в зависимости от изменяющейся геометрии забоев могут увеличивать или уменьшать расстояние между отвальной и призабойной опорами. Увеличение или уменьшение этого расстояния сверх нормы недопустимо. Маркшейдер должен вести систематический контроль расстояний между осями путей забойной и отвальной опор. Для этого на рабочих площадках уступов, по которым перемещаются опоры моста, вдоль путей прокладывают теодолитные ходы или по оси

путей, или в непосредственной близости от нее. Теодолитные ходы должны обязательно заключаться между точками маркшейдерских опорных сетей.

На карьере разбивают серию профильных линий приблизительно перпендикулярно к фронту работ, чаще всего линии закрепляют на шпалах передвигаемых путей. По каждому профилю от сторон теодолитного хода методом перпендикуляров производят измерение расстояний до ближайшего рельса и пересчет измеренного расстояния до оси опоры.

По результатам полевых измерений на маркшейдерский план наносят положение осей опор. Полученный план служит основанием для составления корректуры положения путей и, следовательно, осей опор транспортно-отвального моста.

В связи с тем, что корректирование осей путей забойной опоры фактически невозможно, исправление надо производить в положении осей отвальной опоры.

При определении горизонтальной подвижности моста допускаются точности порядка 0,2—0,3 м.

Контроль вертикальной подвижности транспортно-отвального моста связан с предельными возможностями изменения превышения между опорами моста.

Высоту вскрышных уступов выбирают с таким расчетом, чтобы суммарная высота уступов, расположенных между отвальной и забойной опорами, не превышала пределов вертикальной подвижности. В соответствии с приведенным требованием находят высоту и емкость отвалов.

Для соблюдения требуемых параметров нужна систематическая съемка, заключающаяся в том, что по точкам, использовавшимся при определении горизонтальной подвижности, производится техническое нивелирование. Рейки устанавливают на головку рельсов, точность работ соответствует техническому нивелированию. Данные нивелировки служат для составления продольного профиля, на который наносят положение головок рельсов обеих опор. Профиль позволяет определить превышение забойной опоры над отвальной и провести корректировку недопустимой величины превышений.

Контроль за соблюдением угловой подвижности транспортно-отвального моста производят обычно тогда, когда мост подходит к торцу карьера и должен постепенно повернуться. Для каждого моста имеется свой предельно допустимый угол его поворота φ — угловая подвижность (рис. X.31).

Значение предельной величины угла поворота приводится в паспорте моста. Фактическое определение угла поворота определяют графически по маркшейдерскому плану карьера, на который положение моста наносят по результатам тахеометрической съемки.

Детальная съемка транспортно-отвальных мостов проводится для определения его деформаций, и она имеет своей целью пред-

упредить появление опасных деформаций. Эту съемку проводят по заданию главного инженера предприятия. Она требует остановки моста на длительный срок.

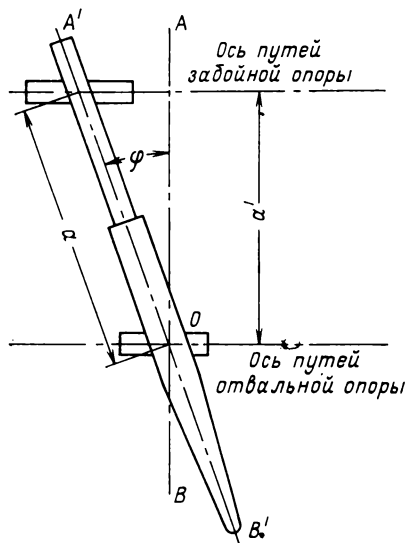


Рис. X.31. Контроль угловой подвижности транспортно-отвального моста

Для съемки в каждом узле металлической конструкции отмечают точки в местах пересечения осей балок. На верхнем и нижнем горизонтальных поясах моста закрепляют осевую линию, концы которой должны быть отмечены на наиболее прочных балках моста (рис. X.32). Затем на краю верхнего пояса моста над точкой 19, б устанавливают теодолит и измеряют направления на точки II, б (продольная ось пояса) и на точки 19а, 19б.

Поперечные деформации фермы моста определяют путем измерения ординат от визирной оси теодолита до узловых точек, расположенных на продольной оси пояса. Измерения должны выполняться рабочим-верхолазом линейкой с миллиметровыми делениями или ординатометром (рис. X.33), устанавливаемым в местах измерения ординат перпендикулярно к визирной оси

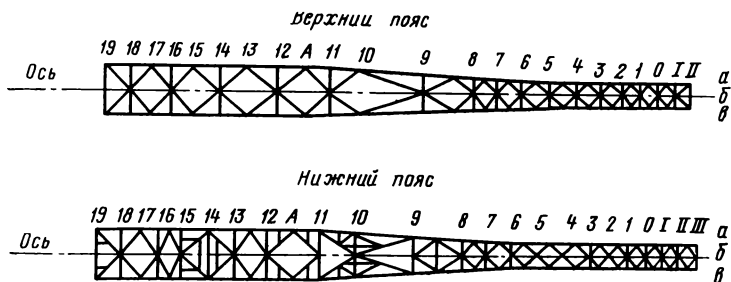


Рис. X.32. Схема закрепления осей транспортно-отвального моста для детальной его съемки

теодолита. Расстояния между точками вдоль визирной оси теодолита измеряют стальной прокомпарированной рулеткой с обязательным контролем натяжения динамометром. Таким же образом определяют в поперечных сечениях расстояния до крайних точек пояса моста.

По полученным таким образом данным строят на проектном плане моста фактические отклонения и составляют ведомость деформаций всех узлов верхнего пояса главной фермы.

Горизонтальную съемку нижнего пояса главной фермы моста производят методом ординат от сторон теодолитного хода, который прокладывают по бортовым трапам вдоль фермы. Измерения выполняют стальными прокомпарированными рулетками с учетом натяжения, отсчеты берут с точностью до миллиметров. По результатам съемки строят план нижнего пояса, на котором отмечают фактическое положение конструкции.

Горная графическая документация карьеров должна отражать рельеф и ситуацию земной поверхности, геологические особенности месторождения, пространственное положение горных, дренажных выработок, размещение добычных, транспортных и вспомогательных механизмов и установок, а также состояние работ.

Горную графическую документацию в зависимости от ее назначения подразделяют на комплекты.

I. Комплект чертежей земной поверхности, включающий в себя несколько групп чертежей.

а. Чертежи, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности:

планы земной поверхности территории экономической заинтересованности карьера, имеющие масштабы главным образом 1 : 5000, 1 : 2000. В некоторых случаях применяются масштабы 1 : 1000 и 1 : 500;

планы поселков карьеров (масштабы от 1 : 2000 до 1 : 500);
планы промышленных площадок (масштаб 1 : 500).

б. Чертежи, отражающие геодезическое обоснование территории карьера:

планы расположения пунктов геодезической сети районов (масштабы 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000);

планы расположения пунктов маркшейдерской опорной и съемочной сети на территории экономической заинтересованности карьера, выполняемые в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5000;
кроки привязки реперов и пунктов.

в. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения объектов и исполнительные чертежи эксплуатируемых объектов, выполняемые чаще всего в крупных масштабах (1 : 500, 1 : 200, 1 : 100).

г. Чертежи по изучению устойчивости бортов карьеров и отвалов.

II. Комплект чертежей горных выработок.

а. Чертежи горных выработок, отражающих вскрытие, подготовку и разработку карьерного поля:

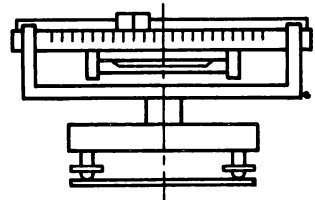


Рис. X.33. Ординатометр

планы вскрытия и подготовки карьера, выполняемые в масштабе 1 : 2000 и крупнее;

вертикальные разрезы к плану вскрытия и подготовки (масштабы, одинаковые с масштабами планов);

планы горных выработок по горизонтам горных работ (масштаб, как правило, 1 : 1000);

сводные планы горных выработок по горизонтам;

планы горных выработок карьеров (масштаб должен соответствовать масштабу плана земной поверхности).

Планы по горизонтам горных выработок являются важнейшими техническими документами карьеров. По ним решаются практически все вопросы горных работ.

К чертежам горных выработок рассматриваемой группы также относятся сводно-совмещенный план горных выработок карьера (масштабы от 1 : 5000 до 1 : 1000), разрезы горных выработок карьера вкрест простирания и по простиранию (масштаб не мельче 1 : 2000), разрезы горных выработок по горизонтам горных работ (масштаб 1 : 1000 или 1 : 500).

На планах горных выработок по горизонтам и на совмещенных планах изображаются рельеф и ситуация земной поверхности; разведочные линии; разведочные и технические скважины; геологическая и гидрогеологическая ситуации; границы карьерного поля; горные выработки других предприятий; бровки и забон уступов или границы развала взорванной породы; транспортные пути, машины и механизмы; осыпи, обрушения, оплывни и оползни; внутренние отвалы; дренажные выработки и сооружения; изолинии мощности рыхлых и коренных пород вскрыши; границы блоков, погашенных за каждый год разработки.

Планы горных выработок пополняются на 1 число каждого месяца.

б. Чертежи, отражающие состояние маркшейдерской опорной и съемочной сети (масштабы 1 : 10 000, 1 : 5000) и кроки привязки пунктов сетей.

в. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения объектов карьера и объектов отвалов (траншеи, трассы, коммуникации и их трассы в карьере и на отвалах) от масштаба 1 : 2000 (коммуникации и трассы) до 1 : 50 (поперечные профили).

III. Комплект горно-геологической документации, который включает группу чертежей, отражающих геологическую и гидрогеологическую документацию для месторождения.

IV. Комплект специальных производственно-технических чертежей, который включает чертежи горных отводов, по буровзрывным работам, транспортных путей, сети электропередач, размещения машин и механизмов, сети трубопроводов и пр.

V. Комплект чертежей для руководства, контроля и планирования, который включает графику, необходимую для руководства горными работами и контроля за правильностью и безопасностью

их ведения (копия сводного плана земной поверхности территории экономической заинтересованности карьера, сводного плана поселка карьера, копия сводного плана промышленной площадки и пр.).

§ 48. Маркшейдерский учет объемов вскрыши и добычи полезного ископаемого

Маркшейдерский учет объемов вынутой горной массы должен обеспечить контроль выполнения предприятием государственных планов вскрышных и добычных работ и дать исходный материал для учета движения промышленных запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого. При этом решается ряд других важных производственных задач, среди которых следует отметить начисление заработной платы рабочим-сдельщикам, занятым на экскавации и транспорте, и оценку работы карьера или отдельных его бригад за различные периоды.

Выбор рационального способа определения объемов зависит от технологических способов выемки горной массы и в общем случае можно выделить четыре случая.

1. Средствами механизации и транспорта, позволяющими формировать выработанное пространство более или менее правильной формы (транспортно-отвальными мостами, экскаваторами, с помощью железнодорожного транспорта и т. п.), производится выемка рыхлых пород. В таких случаях точность определения объема экскаваторной заходки обеспечивается любым способом съемки, в том числе и тахометрическим.

2. При выемке рыхлых отложений образующееся в результате выработанное пространство имеет сложную форму, точность съемки которого тахеометрия обеспечить не может. В таких случаях рекомендуется применять наземную стереофотограмметрическую съемку.

3. При выемке скальных или полускальных пород с предварительным рыхлением на ширину одной экскаваторной заходки определение объемов должно производиться по материалам наземной стереофотограмметрической съемки или по данным взвешивания отгруженной горной массы и ее плотности.

4. При выемке пород с предварительным рыхлением многорядным взрыванием и отгрузке ее несколькими экскаваторами в срок более одного месяца определение объема осуществляется только по данным взвешивания отгруженной массы и ее плотности, так как другие методы не могут дать необходимой точности.

Способ определения объемов выемки путем взвешивания отгруженной горной массы и ее плотности обладает рядом существенных преимуществ:

дает наивысшую точность и может применяться с любыми технологическими схемами выемки;

позволяет оперативно получать сведения об объемах добычных и вскрышных работ даже отдельными бригадами за любой промежуток времени;

возможен оперативный контроль полноты загрузки транспортных средств;

создаются условия для устранения обезлички в распределении объемов экскавации и транспортирования горной массы и т. д.

Однако следует заметить, что в тех случаях, когда на предприятии нет возможностей для использования наземной стереофотограмметрии или взвешивания, не исключено применение тахеометрического способа съемки, который надо использовать главным образом для контроля оперативного способа учета и проводить раз в месяц или квартал. Контроль проводят путем сопоставления данных тахеометрической (маркшейдерской) съемки и данных оперативного учета. Если расхождения между результатами обоих способов учета носят случайный характер, то данные оперативного учета не следует корректировать, если систематический — то корректировка вносится в оперативный способ учета.

Основной причиной, из-за которой при тахеометрической съемке нельзя получить удовлетворительной точности, является то, что съемка не позволяет учитывать весьма существенного влияния формы откоса.

Подсчет объемов можно производить методом горизонтальных или вертикальных сечений.

Выбор способа подсчета объемов зависит как от формы выработанного пространства и взорванной массы в развале, так и метода съемки.

При съемке горной массы в целом используют разные способы подсчета. При тахеометрической съемке, когда определяют положение бровок уступов, применяются горизонтальные сечения. Причем определение площадей при съемках один раз в месяц должно выполняться по планам, масштаб которых не мельче 1 : 1000; если подсчет производится один раз в квартал, то могут использоваться планы масштаба 1 : 2000.

При использовании для съемок наземной стереофотограмметрии для подсчетов объемов могут использоваться как горизонтальные, так и вертикальные сечения. В случае применения горизонтальных сечений определение площадей производят планиметром, если применяются вертикальные сечения, то возможно использование аналитического и графоаналитического способов.

При съемке горной массы в развале подсчет объемов при тахеометрической съемке производят по вертикальным сечениям, при стереофотограмметрической — по вертикальным и горизонтальным сечениям. Переход от объема разрыхленной горной массы к целику осуществляют путем деления измеренного объема на коэффициент разрыхления.

В случае зачищенных откосов уступов и применении тахеометрической съемки верхней и нижней бровок уступа объем экскаваторной заходки вычисляются методом горизонтальных сечений

$$V = \frac{S_{\text{в}} + S_{\text{н}}}{2} h_{\text{ср}},$$

где V — объем блока (заходки) в целике; $S_{\text{в}}$, $S_{\text{н}}$ — площади соответственно верхней и нижней сечений; $h_{\text{ср}}$ — средняя высота блока (заходки).

При съемке только верхней бровки уступов

$$V = S_{\text{в}} h_{\text{ср}}.$$

Площади сечений должны определяться планиметром при двойной обводке контуров. Средняя высота уступов является результатом вычислений из ряда отметок нижней и верхней бровок.

В случае применения для съемок наземной стереофотограмметрии и использования для подсчета горизонтальных сечений площадь среднего сечения рекомендуется определять по формуле

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_1 + S_n + 2S_2 + 2S_3 + \dots + 2S_{n-1}}{2n - 2},$$

где S_1 , S_n — площади верхнего и нижнего сечений; S_2, \dots, S_{n-1} — площади сечений, находящихся в промежутке.

Объем в данном случае определяется следующим образом:

$$V = S_{\text{ср}} h_{\text{ср}}.$$

Определенные трудности возникают при подсчете количества взорванной массы с использованием многорядного взрывания, заключающиеся в том, что коэффициент разрыхления горных пород изменяется в довольно широких пределах (его средняя величина изменчивости достигает 8% и более). В этом случае подсчет объемов взорванной массы и определение коэффициента разрыхления пород должны производиться отдельно для каждого блока до и после взрыва.

При взрывах блоков на зачищенный откос средний коэффициент разрыхления определяется по формуле

$$k_{\text{р}} = \frac{V_{\text{разр}}}{V_{\text{цел}}},$$

где $V_{\text{разр}}$ — объем блока в разрыхленном состоянии; $V_{\text{цел}}$ — объем блока в целике.

Если взрыв производится на незачищенный откос, то к объему взрываемого целика добавляется оставшийся объем горной массы, взорванной в предыдущий раз, коэффициент разрыхления которой принимается таким же, каким он был принят при подсчете объемов последних вынутых заходок.

Таким образом, вычисление среднего коэффициента разрыхления производится по формуле

$$k_p = \frac{V_{\text{разр}}}{V'_{\text{цел}}},$$

где $V_{\text{разр}}$ — объем разрыхленной горной массы; $V'_{\text{цел}} = V_{\text{цел}} + V'_{\text{ост}}$ (здесь $V_{\text{цел}}$ — объем блока в целике; $V'_{\text{ост}}$ — остаток взорванной в предыдущий раз горной массы, приведенной к объему в целике).

По данным съезок, выполненных до и после выемки первой экскаваторной заходки, можно подсчитать объем этой заходки и вычислить массу первой заходки и массу оставшейся части взорванной горной массы.

Объем первой заходки в целике определяется по формуле

$$V_{\text{цел}}^I = \frac{V_{\text{разр}}^I}{k_{\text{разр}}^I},$$

где $V_{\text{разр}}^I$ — объем первой заходки в разрыхленном состоянии; $k_{\text{разр}}^I$ — средний коэффициент разрыхления первой заходки, установленный опытным путем.

При подсчете объема первой заходки блока вводится поправка (со знаком плюс) за обобщение формы откоса

$$\Delta V = (0,03h^2 + 0,7h) L,$$

где h — средняя высота откоса; L — длина блока.

Вычисление объемов остальных заходов производится без введения поправок за обобщение формы откоса. Значения коэффициентов разрыхления последующих заходов определяются с учетом коэффициента разрыхления первой заходки, среднего значения коэффициента разрыхления блока и площадей, соответствующих вертикальным сечениям первой заходки и оставшейся части блока

$$V_{\text{цел}}^{II} = \frac{V_{\text{разр}}^{II}}{k_{\text{разр}}^{II}};$$

$$k_{\text{разр}}^{II} = \frac{k_{\text{разр}} (P^I + P^{II}) + k_{\text{разр}}^I P^I}{P^{II}},$$

где $k_{\text{разр}}^{II}$ — коэффициент разрыхления второй и последующих заходов блока; $k_{\text{разр}}$ — средний коэффициент разрыхления; $k_{\text{разр}}^I$ — коэффициент разрыхления первой заходки; P^I , P^{II} — веса коэффициентов разрыхления, численно принимаемые равными средним площадям вертикальных сечений первой и последующей заходов.

При подсчете объемов взорванной массы вертикальными сечениями могут возникнуть два случая:

вертикальные сечения параллельны;

вертикальные сечения непараллельны.

Метод параллельных сечений заключается в том, что через определенные интервалы производят построение поперечных профилей (рис. X.34) с последующим измерением их площадей планиметром. Параллельные сечения проводят через 10—20 м. Для отдельных интервалов определяют их объемы, которые затем суммируют и таким образом получают общий объем.

Если технологические особенности блока не позволяют осуществить подсчет параллельными вертикальными сечениями, то применяют метод непараллельных вертикальных сечений (рис. X.35).

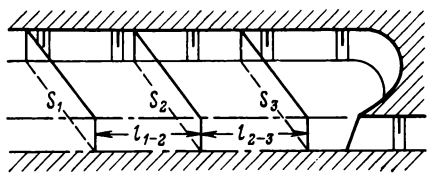
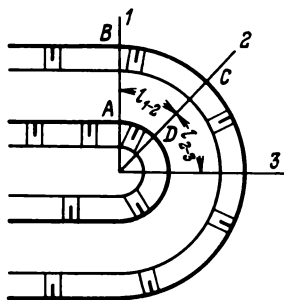


Рис. X.34. Метод параллельных сечений

Рис. X.35. Метод непараллельных вертикальных сечений



Объем каждого участка, заключенного между двумя непараллельными сечениями, можно подсчитать отдельно по упрощенной формуле

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} l_{1-2},$$

l_{1-2} принимается как средняя линия фигуры $ABCD$.

Учет добычи можно производить способом непосредственного взвешивания или способом маркшейдерских замеров как в массиве, так и остатков руды на складе.

Безусловно способ взвешивания (полезного или выборочного) считается более прогрессивным, и он является основным при учете добычи полезного ископаемого, но его применение требует оснащённости карьера весами, количество которых и их тип выбираются в зависимости от применяемого транспорта и производительности карьера.

Для взвешивания при железнодорожном транспорте применяются вагонные весы автоматического или ручного действия. Автоматические весы позволяют производить взвешивание при движении состава со скоростью до 3 км/ч. На весах ручного действия со шкаловым указателем взвешивание производится с остановкой вагонов.

Для взвешивания автомобильного транспорта выпускаются весы автоматического и ручного действия.

При конвейерном транспорте применяются весы с непрерывным взвешиванием транспортируемой горной массы с погрешностью, не превышающей $\pm 1\%$.

Взвешивание железнодорожных вагонов может производиться выборочно. В этом случае для получения средней массы с точностью $\pm 2\%$ количество взвешиваемых единиц определяется по формуле

$$n = \frac{100}{0,007N + 1}, \quad \%,$$

где n — часть вагонов (думпкаров), которую необходимо взвесить, в процентах от общего числа вагонов N , отгруженных за отчетный период.

Объемы отбитого от массива полезного ископаемого по результатам маркшейдерских измерений определяются по объему горной массы и коэффициенту угленасыщенности или коэффициенту выхода полезного ископаемого, которые определяются следующим образом:

коэффициент угленосности равен отношению вертикальной суммарной мощности угольных слоев и пропластков, встреченных в пределах уступа, к общей высоте уступа;

коэффициент выхода полезного ископаемого равен отношению площадей обнажения полезного ископаемого к площади разреза уступа.

Восстановление земной поверхности. Проблема восстановления земель, нарушенных в результате открытой разработки месторождений полезных ископаемых, имеет одно из первостепенных значений. При этом наблюдаются восстановления биологические, инженерно-геологические и эстетические.

Комплекс мероприятий, направленных на восстановление земельных участков, принято называть рекультивацией земель.

Различают следующие виды рекультивационных работ — горнотехнические, биологические и строительные.

Горнотехническая рекультивация должна выполняться непосредственно горным предприятием. Она заключается в том, что предприятие производит подготовку освободившихся от разработки территорий для последующего биологического или строительного освоения. Горнотехническая рекультивация включает в себя следующий цикл работ: сохранение грунтов растительного слоя, планировку отвалов, устройство дренажных сетей, при необходимости химическое улучшение состава пород, например известкование кислых пород, покрытие распланированной поверхности слоем плодородной почвы.

В производстве горнотехнической рекультивации принимает участие и маркшейдерская служба горного предприятия. Маркшейдер следит за правильным снятием растительного слоя с территории будущих разработок и отвалов, осуществляет контроль за планировкой отработанных пространств и отвалов, участвует в покрытии подготовленных территорий слоем плодородной почвы.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ

§ 49. Общие сведения

Россыпные месторождения полезных ископаемых, или россыпи, как правило, имеют неглубокое залегание и вытянутую лентообразную форму. Россыпи разрабатывают подземным, открытым и подводным способами.

Для разработки россыпей не требуется строительства сложных сооружений, поэтому проектирование и строительство производственных объектов осуществляются обычно самими горнодобывающими предприятиями-присками или горно-обогатительными комбинатами.

Маркшейдерские съемки на россыпях производятся для решения следующих задач:

составления проектов геологоразведочных и горно-эксплуатационных работ;

перенесения с проекта в натуру основных элементов горно-технических сооружений, геологоразведочных и горно-подготовительных выработок;

контроля за правильным и безопасным ведением горных работ; учета объемов выполнения горных работ, подготовленных запасов, потерь и разубоживания полезных ископаемых; оперативного руководства горными работами.

Съемки поверхностей россыпей, геологоразведочных и горно-эксплуатационных выработок производятся в системе координат, принятой по согласованию с соответствующей инспекцией Госгеонадзора ГУГКа.

Поскольку между различными стадиями освоения россыпей проходит короткое время и производятся они на тех же площадях, то съемки поверхностей россыпей в период их детальной разведки выполняются, как правило, с учетом требований проектирования, строительства и обеспечения горно-эксплуатационных работ. Поэтому в период детальной разведки россыпей опорные сети создаются для обоснования съемок в масштабе 1 : 2000, удовлетворяющих требованиям [1].

В районах работ, где отсутствуют пункты, могут создаваться самостоятельные опорные сети в виде полигонометрии 4 класса или триангуляционных сетей 1 разряда, а при длине россыпи не более 7 км — сетей 2 разряда. На крупных россыпях создаются самостоятельные сети триангуляции не ниже 4 класса. Полигонометрические ходы 4 класса развиваются от пунктов государствен-

ной геодезической сети. При этом длина ходов не должна превышать 20 км, а длина сторон вблизи геологических контуров россыпи — от 1,5 до 2 км.

Съемочные сети строятся в соответствии с требованиями, предъявляемыми к съемкам поверхностей россыпей в масштабе 1 : 2000. Пункты съемочных сетей размещаются по возможности за геологическими контурами россыпей. Третья часть пунктов закрепляется постоянными центрами на весь период освоения россыпи. На каждый километр протяженности россыпи закладывается не менее 3—4 постоянных центров, удаленных от разведочных и горно-эксплуатационных выработок не более чем на 150—200 м.

В зависимости от рельефа и ситуации поверхности съемочные сети на россыпях могут создаваться также в виде цепочек треугольников, геодезических засечек (например, по методу проф. А. Н. Дурнева) и теодолитных ходов (до 2 км). Высоты пунктов сетей съемочного обоснования определяются из ходов геометрического (технического) или тригонометрического нивелирования (до 2 км).

На каждое россыпное месторождение, запасы которого числятся на балансе предприятия, должны быть следующие документы:

- схема геодезического и маркшейдерского обоснования на район россыпи или всего предприятия с нанесенными на нее координатной сеткой, гидросетью, пунктами и реперами;
- каталог координат пунктов обоснования;
- каталог координат геологоразведочных выработок и их линий;
- схемы устройства пунктов обоснования с актами на скрытые работы по закладке центров в натуре;
- топографические планы поверхности россыпи в масштабе 1 : 2000.

Перечисленные документы являются основанием для организации и производства всех последующих маркшейдерских съемочных работ.

Если до начала горно-эксплуатационных работ геологической службой предприятия производятся детализация запасов и уточнение контуров россыпи, то маркшейдерским отделом этого предприятия выполняются следующие работы:

- вынесение в натуру проектных положений геологоразведочных выработок;
- контроль поперечных сечений, уклонов и глубин проходимых выработок;
- съемка выработок и нанесение их на план.

Проектное положение выработок на местности обычно определяется полярным способом от пунктов обоснования или рулеточными промерами от ближайших разведочных выработок, устья которых изображены ранее на планах горных выработок. Элементы выноски определяются графически по планам, составленным в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000.

Вычисленные координаты съемочных пунктов, высотные отметки устьев выработок, расстояния между пунктами и выработками и значения глубин выработок заносятся в каталоги координат разведочных выработок и линий сразу после окончания проходки. Каталоги составляются на каждую россыпь отдельно. В каталогах и на планах указывается для каждой линии год ее операции, т. е. год проведения и документирования этих выработок.

Погрешность определения положения каждой выработки относительно съемочных пунктов на линии допускается не более $\pm 1,6$ м (в масштабе плана), а высотной отметки ее устья — не более $\pm 0,3$ м при слабо выраженном тальвеге долины и 0,5 высоты сечения рельефа горизонталями — при резко выраженном тальвеге [1].

Для подсчета запасов маркшейдерские отделы предприятий выполняют следующие работы:

контрольные съемки горных выработок для выборочной проверки достоверности графической документации, полученной от других организаций;

съемку на дату подсчета запасов с целью пополнения планов горных выработок изменениями рельефа, ситуации, новыми разведочными и горными выработками;

определение площадей и объемов песков и горной массы в блоках и в отвалах с выделением побочно оставшихся, погашенных и потерянных запасов полезных ископаемых.

Для повышения эффективности геологоразведочных и горных работ необходимо иметь представление о форме залежи и размещении в ней полезных компонентов. С этой целью кроме планов к подсчету запасов рекомендуется составлять горно-геометрические графики, отражающие в наглядной форме условия залегания россыпи и ее качественный состав, т. е. провести геометризацию россыпи [6], [9].

В процессе подготовки к эксплуатационным работам на россыпях производятся горно-подготовительные работы (ГПР), которые по их назначению и месту производства разделяются на подземные, открытые и подводные.

Маркшейдерское обслуживание ГПР сводится к вынесению с проекта в натуру осей и поперечных сечений устьев шахт, штолен, шурфов, центров буровых скважин и контролю за проведением перечисленных выработок.

Открытые и подводные горно-подготовительные объекты по их конфигурации можно разделить на следующие группы:

протяженные выработки малого сечения (канавы, траншеи);
протяженные насыпные сооружения (плотины, дамбы, перемычки);

мелкие выработки (котлованы, отстойники, копуши);

крупные объекты на больших площадях (участки снятия растительности и мохового покрова, вскрыши и перевалки торфов, разваловки и планировки торфовых и гале-эфельных отвалов, оттайки мерзлоты);

одиночные технические сооружения (промывочные и насосные установки, производственные здания, монтируемые драги или земснаряды и др.);

технические сооружения значительной протяженности (линии связи и электропередач, трубопроводы, пульпопроводы, сплотки и др.).

Различают два основных направления в маркшейдерском обеспечении ГПР и горнотехнических сооружений (ГТС): инженерно-геодезические изыскания для решения задач технического проектирования ГПР и ГТС, обслуживание и контроль производимых работ согласно утвержденному техническому проекту.

§ 50. Маркшейдерское обеспечение разработки россыпей подземным способом

На россыпях шахтные поля проектируются небольших размеров. Срок погашения запасов песков в контурах шахтного поля обычно не превышает трех лет, поэтому капитальные выработки не проводятся. Как правило, талые россыпи вскрываются вертикальными стволами, а на россыпях с многолетней (вечной) мерзлотой — наклонными (до 30°) стволами и реже штольнями, пройденными из смежных открытых горных выработок или из бортов террас.

При разработке россыпей подземным способом выполняются следующие маркшейдерские работы:

развитие маркшейдерского обоснования на поверхности россыпей в районах запроектированных шахтных полей;

вынесение на местность границ шахтных полей, устьев шахтных стволов, вентиляционных выработок, мест расположения технических сооружений и производственных зданий;

нивелирование по сетке 5 × 5 или 10 × 10 м околоустьевых площадей, предназначенных для складирования на них добытых песков и горной массы, с целью обеспечения последующих замеров объемов промываемых песков и вторично разубоживающих пород;

задание направлений вертикальным, наклонным и горизонтальным вскрывающим выработкам;

геометрическое ориентирование подземных горных выработок;

задание направлений подготовительным и нарезным выработкам, контроль за соблюдением их проектных направлений, поперечных сечений и уклонов;

контроль за проведением очистных выработок до границ шахтных полей и промышленных контуров запасов, за соблюдением проектных выемочных мощностей и оставлением различных целиков;

проведение контрольных съемок выработок и определение объемов добытых и промытых песков и горной массы, объемов потерь и разубоживающих пород.

Кроме того, маркшейдеры принимают участие в составлении ежегодных и квартальных планов горных работ, выполнении мероприятий по охране зданий, сооружений, горных выработок и природных объектов от вредного воздействия обрушений над выработанными пространствами, ведут наблюдения за проявлениями горного давления, контролируют соблюдение паспортов крепления, составляют и пополняют планово-графическую документацию.

Вследствие специфики горнотехнических условий на россыпях отпадает необходимость выполнения ряда высокоточных маркшейдерских съемок и измерений при строительстве шахт, за исключением контроля направлений выработок и их уклонов.

На поверхности россыпей сети опорного обоснования создаются обычно специализированными топографическими организациями в период геологоразведочных работ. Поэтому маркшейдерам участков подземных горных работ на приисках приходится редко заниматься развитием и сгущением опорных сетей.

Для ориентирования шахты вблизи ее ствола закладывают подходный пункт в виде металлической трубы (стержня или рельса) длиной 1,5—2 м, погруженной в землю на $2/3$ — $3/4$ ее длины. Плановые координаты определяются преимущественно обратной засечкой, продолжением теодолитного хода, реде — прямой засечкой с пунктов полигонометрии. Углы измеряются теодолитом одним полным повторением с точностью отсчитывания не более $\pm 30''$. Высотные отметки подходных пунктов определяются геометрическим нивелированием от ближайших реперов IV класса или от пунктов полигонометрии, имеющих высотные отметки.

Поскольку подземные подготовительные и нарезные выработки на россыпях проходят по пласту песков, то направление при проходке задают только в горизонтальной плоскости по двум отвесам.

На россыпях число подготовительных и нарезных выработок в шахтах незначительно, они преимущественно горизонтальные или с уклонами менее 6° . Их съемку производят с пунктов теодолитных ходов. Поскольку период погашения запасов в контурах шахтного поля незначителен, точки (пункты) теодолитных подземных ходов закрепляют временными знаками: на талых россыпях — в виде штырей в почве или в элементах крепи, на вечномерзлых россыпях — в виде деревянных пробок в шпурях глубиной 0,3—0,5 м, пробуренных в кровле выработок.

Методику съемки очистных выработок выбирают в зависимости от применяемой системы разработки. Так, при системе разработки короткими столбами выработки снимают рулеточными промерами от точек теодолитного хода. Расстояния между снимаемыми точками в зависимости от конфигурации выработки и ее площади принимаются равными 5—10 м. Расстояния до снимаемых точек измеряют рулетками или с помощью дальномерных маркшейдерских инструментов.

При сплошных системах разработки (лавами, камерами) очистные выработки снимают полярным способом с применением коротких дальномерных реек.

Выемочную мощность в очистных выработках измеряют рулеткой по точкам, располагаемым в углах сетки квадратов 5×5 или 10×10 м.

Объем добытых песков из подготовительных выработок:

$$V_{д.п} = b_{п} m_{п.н} L_{п}, \quad (XI.1)$$

из очистных выработок:

$$V_{д.о} = S_{о} m_{о.н}, \quad (XI.2)$$

где $b_{п}$ — средняя ширина подготовительной выработки, м; $m_{п.н}$ — нормативная выемочная мощность выработки за отчетный период, м; $L_{п}$ — протяженность подготовительной выработки за отчетный период, м; $S_{о}$ — площадь выработанного очистного пространства, определяемая планиметром (после съемки и нанесения на план), m^2 ; $m_{о.н}$ — нормативная мощность пласта песков, м.

Для вычисления объемов добытой горной массы в формулах (XI.1) и (XI.2) вместо значений нормативной мощности пласта песков подставляют значения фактических средних выемочных мощностей выработок.

Объем песков, промытых за отчетный период из отвала, определяют по результатам повторного нивелирования его площадей методом среднего арифметического по формуле

$$V_{пр} = (V_{д.п} + V_{д.о}) - \frac{S_{о.п} m_{о.п}}{k_p}, \quad (XI.3)$$

где $S_{о.п}$ — средняя площадь плоского отвала песков, равная сумме площадей поверхности и основания отвала на дату контрольной съемки за отчетный период, m^2 ; $m_{о.п}$ — средняя мощность или высота отвала песков, равная разности средних высотных отметок поверхности и основания отвала на дату контрольного нивелирования и съемки за отчетный период, м; k_p — коэффициент разрыхления песков, равный частному от деления геометрического объема отвала на величину объема выработанного пространства (подготовительных, нарезных и очистных выработок) в шахте; $V_{д.п} + V_{д.о}$ — общий объем добытой горной массы (пустой породы и песков) из шахты по маркшейдерским данным на дату съемки выработок за отчетный период, m^3 .

В справках о выполненных объемах горных работ маркшейдер указывает средние расстояния транспортирования песков в шахтах к бункерам скиповых подъемов, на поверхности — к загрузочным бункерам промывочных устройств. Среднее расстояние транспортирования песков по подземным горным выработкам принимается обычно равным $2/3$ наибольшей дальности перемещения песков.

§ 51. Маркшейдерское обеспечение разработок россыпей открытым способом

Значительное число россыпей с глубиной залегания песков до 15 м разрабатывается открытым способом. Бульдозерно-скреперные и экскаваторные открытые горные выработки, глубина которых обычно значительно меньше их ширины, называются полигонами. Более глубокие и узкие выработки, образуемые средствами гидромеханизации, называются разрезами.

Основными задачами маркшейдерского обеспечения разработок россыпей открытым способом являются определение объемов выполненных горных работ, контроль за ведением горных работ и за полнотой извлечения песков. Для решения этих задач производятся следующие маркшейдерские работы:

- закрепление на местности проектных контуров полигонов, гидравлических разрезов, торфовых и гале-эфельных отвалов, берм, мест выезда и рабочих площадок землеройных машин;

- съемка полигонов или разрезов, определение объемов вскрытых торфов и промытых песков или горной массы;

- контроль мощности вскрываемых и оставляемых в целике торфов и глубины разработки в проектном контуре полигона или разреза;

- пополнение маркшейдерских планов горных выработок;

- пополнение вертикальных разрезов в границах полигонов, гидравлических разрезов и горно-подготовительных выработок; определение, учет потерь и разубоживания песков;

- ведение маркшейдерской отчетной документации о выполненных объемах вскрытых и переваленных торфов, добытых и промытых песков.

Проектные контуры полигонов и разрезов выносят в натуру относительно центров устьев геологоразведочных шурфов или скважин посредством рулеточных промеров расстояний, предварительно измеренных на плане. Если поверхность россыпи нарушена выработками и устья шурфов или буровых скважин нельзя обнаружить, то контуры полигонов или разрезов выносят в натуру полярным способом от ближайших пунктов обоснования.

Применяются следующие способы маркшейдерских съемок открытых горных выработок: нивелирование площадей по пикетам прямоугольной сетки, тахеометрической, наземной стереофотограмметрической съемки и профильных линий. Выбор способа съемки обосновывается погрешностью определения объема выработанного пространства за отчетный период (обычно за месяц).

Способ нивелирования площадей по сетке применяется для съемки полигонов на вечномерзлых (многолетнемерзлых) россыпях, разрабатываемых послойно, по мере их оттайки, со среднемесячной мощностью выемки 0,5—1,5 м. Иногда этим способом снимаются мелкие гидравлические разрезы.

Прямоугольную сетку располагают на россыпи так (рис. XI.1), чтобы в контурах полигонов размещалось наибольшее число пикетов и с одной стоянки нивелира можно было бы нивелировать наибольшее число пикетов сетки. На большинстве россыпей сетка ориентируется по осевому направлению долины водотока. На широких долинных россыпях сетка ориентируется параллельно координатной сетке.

Проектное положение сетки может быть предварительно построено на плане горных выработок, а затем по графическим данным вынесено в натуру. На россыпях с ровной поверхностью сетку вначале размечают на местности, а затем привязывают одним из способов с пунктов обоснования и наносят на план горных выработок.

Для привязки или выноски сетки выбирают два взаимно перпендикулярных направления линий. На каждом из этих направлений привязывают не менее чем по две точки и закрепляют их постоянными (на период разработки участка россыпи) центрами. Погрешность положения таких точек относительно ближайших пунктов съёмочной сети не должна превышать 0,4 м.

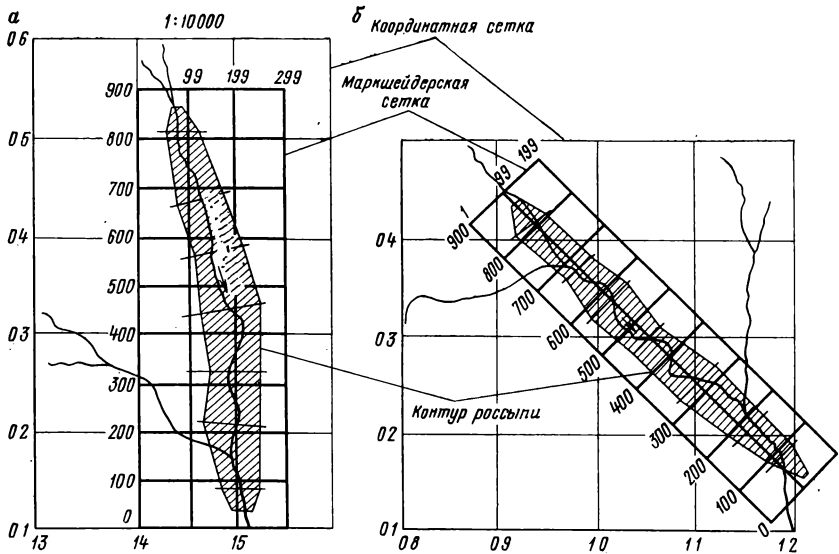


Рис. XI.1. Расположение основных квадратов прямоугольной (эксплуатационной) сетки на континентальной россыпи:

a — параллельно линиям координатной сетки (меридионально-широтное расположение; *b* — по оси долины водотока и самой россыпи

Исходные точки сетки привязывают полярным способом, короткими теодолитными ходами или геодезическими засечками. Линии измеряют дважды с расхождением не более 1 : 1000 их длины. Углы измеряют теодолитом одним приемом или одним повторением.

Положение пикетов сетки определяют, откладывая расстояния вдоль створов соответствующих направлений с помощью рулеток

или мерных лент. Направления створов пикетов на линиях корректируют теодолитом.

Параллельные линии одного направления нумеруют через 10 м четными цифрами, а перпендикулярные им параллельные линии (также через 10 м) — нечетными цифрами. Номера пикетов в точках пересечения линий сетки обозначают дробными двузначными или строчными четырехзначными числами (в первом случае числитель — четная линия, знаменатель — нечетная, во втором — первые две цифры числа — четная линия, последние две цифры — нечетная линия сетки). Нумерация пикетов сохраняется на весь период разработки россыпи. При разбивке сетки на квадраты со сторонами крупнее чем 10×10 м номера пикетов, не используемые при маркшейдерском замере, просто опускают. Такой порядок нумерации пикетов необходим при сгущении сетки.

Исходными реперами для геометрического нивелирования полигонов по пикетам сетки служат ближайшие реперы государственного нивелирования, пункты геодезической сети, закрепленные пункты съемочной сети и характерные точки ситуации поверхности, имеющие высотные отметки. Погрешность взаимного положения двух смежных исходных пунктов, выбранных для нивелирования участка полигона, не должна превышать значения $20 \sqrt{L}$, мм (L — длина нивелирного хода, км).

Погрешность определения объема вскрытых торфов или добытых песков при съемке способом нивелирования площадей по пикетам сетки существенно зависит от погрешности определения средней выемочной мощности, а последняя — от густоты пикетов сетки. Для правильного выбора густоты сетки полигона по степени изменчивости мощности вынимаемого слоя условно подразделяют на две группы. Показателем изменчивости мощности вынимаемого слоя m_n считают среднюю погрешность аналогии этой мощности для ячейки сетки 10×10 м или среднее отклонение измеренной мощности (для такой же ячейки) от средних значений, определенных по более сгущенной сетке. Оптимальные размеры квадратов сетки для нивелирования можно определить по табл. XI.1.

Т а б л и ц а XI.1

Для полигонов со слабой изменчивостью ($m_{h10} \approx 0,1$ м)		Для полигонов с сильной изменчивостью ($m_{h10} \approx 0,3$ м)	
Величина показателя $h \sqrt{S}$, м ²	Оптимальные размеры наименьших квадратов или прямоугольников сетки, м	Величина показателя $h \sqrt{S}$, м ²	Оптимальные размеры наименьших квадратов или прямоугольников сетки, м
40	10×10	40	5×5
100	20×10	80	10×5
160	20×20	120	10×10
400	40×20	250	20×10
600	40×40	400	20×20

При пользовании таблицей предварительно вычисляют по проектным или разведочным данным значение $h \sqrt{S}$ (где h — среднемесячная мощность вынимаемого слоя, S — среднемесячная площадь разработки). По показателю $h \sqrt{S}$ выбирают размеры наименьшего квадрата или прямоугольника сетки.

Средняя погрешность определения мощности по одному квадрату сетки со сторонами 10 м составляет величину для полигонов со слабой изменчивостью около $m_{h10} \approx 0,1$ м, для полигонов с сильной изменчивостью $m_{h10} \approx 0,3$ м. Величины погрешностей аналогии мощности m_{h10} определяют опытным путем [11].

Слабая изменчивость мощности характерна для полигонов с плавными формами рельефа поверхности россыпи и плотика. Такие россыпи разрабатывают обычно скреперами и бульдозерами полойно.

Сильная изменчивость мощности выемки характерна для полигонов на россыпях с наличием микроформ рельефа поверхности и плотика, неравномерной мощностью торфов и песков, неоднородностью их состава, значительной влажностью и льдистостью.

Поверхность полигона нивелируют по пикетам сетки накануне горных работ и в конце каждого отчетного периода, т. е. во время ежемесячного маркшейдерского замера объемов выполненных горных работ. Вычисленные по результатам нивелирования высотные отметки выписывают на план горных работ возле точек на пересечениях линий сетки, соответствующих положению пикетов сетки на местности.

Контурные выработки (полигона, разреза) по верхней и нижней бровкам ее откосов снимают полярным способом с пунктов съёмочного обоснования. Снятые контурные точки наносят на план горных выработок с помощью транспортира и линейки с миллиметровыми делениями. Площади в границах верхней и нижней бровок откосов полигона измеряют планиметром. Среднюю площадь полигона вычисляют как полусумму площадей в границах верхней и нижней бровок его откосов.

При съёмке открытых горных выработок (полигонов, мелких разрезов) способом нивелирования площадей по пикетам прямоугольной сетки объем слоя вскрытых торфов или добытых песков из массива россыпи определяют способом среднего арифметического.

Величину объема выработанного пространства за отчетный период вычисляют по формуле

$$V = S_{\text{ср}} m_{\text{ср}}, \quad (\text{XI.4})$$

где $S_{\text{ср}}$ — средняя площадь отработанного участка полигона, м²; $m_{\text{ср}}$ — средняя мощность слоя вскрышных торфов, м.

Способ наземной стереофотограмметрической съёмки целесообразно применять для съёмок больших полигонов, на которых другие способы маркшейдерских съёмок оказываются менее производительными [10]. Так, на полигонах Северо-Востока примене-

ние наземной стереофотограмметрической съемки становится выгодным при условии, если с каждого фотобазиса можно снять не менее 25 тыс. м². При меньшей площади съемки с каждого базиса предпочтительнее применять способ нивелирования площадей по пикетам прямоугольной сетки.

Способы съемок тахеометрических и профильных линий применяют при съемках разрезов и глубоких (более 1,5 м углубки за месяц) полигонов на россыпях, разрабатываемых обычно на всю глубину рыхлых отложений экскаваторами или средствами гидро-механизации.

При тахеометрическом способе съемок вначале снимают и наносят на план контуры выработанного пространства за отчетный период. Для этого с пунктов съемочного обоснования или с переходных точек полярным способом снимают плано-высотные пикеты по верхней и нижней бровкам откосов разреза или полигона. Используемые для съемки контуров разрезов переходные точки определяют полярным способом или способом теодолитных ходов между пунктами съемочного обоснования. Высотные отметки переходных точек определяют тригонометрическим нивелированием в прямом и обратном направлениях. Длину нивелирного хода принимают равной не более 400 м, а его высотную невязку — не более 3% от средней мощности вынимаемого слоя торфов или песков [11].

При тахеометрической съемке разрезов или полигонов расстояния до пикетов определяют нитяным дальномером по рейке. Значения измеренных горизонтальных углов округляют до 10', а высотных отметок — до 0,1 м. Расстояния от теодолита до рейки на пикете не должны превышать при съемке в масштабе 1 : 2000 150 м для трубы тахеометра с увеличением 18—20[×] и 200 м для тахеометра с увеличением трубы не менее 25[×]. При съемке в масштабе 1 : 1000 указанные расстояния должны быть соответственно не более 100 и 150 м. В остальном к тахеометрической съемке предъявляют те же требования, что и при съемке рудных карьеров или угольных разрезов.

Для съемок способом параллельных линий поперек разреза через каждые 20—25 м составляют параллельные между собой сечения. В каждом сечении точки измеренных глубин выбирают на одинаковом расстоянии друг от друга. Вначале снимают и наносят на план горных выработок верхнюю и нижнюю бровки бортовых откосов разреза (полигона). Затем размечают поперечные вертикальные профили или сечения, измеряют глубины разрезов и составляют абрис замера.

При производстве вскрышных работ нередко возникает необходимость в перевалке торфов за промышленный контур полигона. В этом случае торфа не сразу убирают за контур полигона, а в течение эксплуатационного года несколько раз размещают внутри полигона во временные отвалы, периодически переваливаемые за внешний геологический контур россыпи в последующие этапы

вскрышных работ. К объемам перевалки относят только повторно вскрываемые объемы торфов текущего года.

В практике работы маркшейдера иногда необходимо учесть перевалку торфов из отвалов прошлых лет. Этот вид работ в отчетности обозначается символом T_2 (вскрыша вторичных выработок торфов). Маркшейдерский замер объема перевалки торфов и вскрыши T_2 производят, как правило, методом профильных линий, путем составления вертикальных параллельных сечений поперек протяженности отвалов, подлежащих вскрыше или перевалке.

На разрезах по результатам предыдущей или первичной съемки проводят границу первичной поверхности полигона или россыпи до вскрыши, линии мощности вскрываемых торфов, контур полигона или разреза, границу участка вскрыши и поперечное сечение отвала торфов, подлежащего вскрыше (при T_2) или перевалке за контур. Для подсчета объема вскрытых T_2 или переваленных торфов сначала вычисляют объем торфов в частях отвала между каждыми двумя смежными сечениями, а затем сумму этих объемов и делят ее на коэффициент разрыхления торфов, который может колебаться в пределах от 1,1 до 1,8 и поэтому для каждого месторождения определяется отдельно. Объем переваленных или вскрышных торфов T_2 выдается маркшейдером для оплаты и учета только в плотной массе.

Необходимо учитывать, что фактически выполненный объем переваленных торфов, но не предусмотренный техническим проектом горных работ, считается браком горных работ и учитывается отдельно в документе, утверждаемом главным инженером предприятия. После окончания вскрыши торфов разрабатывается и промывается пласт песков. Маркшейдер контролирует полноту извлечения песков в контуре и по глубине.

Объем добытых и промытых песков в контурах полигонов определяется по методу среднего арифметического (см формулу XI.4). Съемки выполняются способом нивелирования площадей по пикетам прямоугольной сетки.

Отчетным графическим документом служит выкопировка из плана горных выработок или специально составленный на плотной бумаге оперативный план горных выработок. На них изображаются прямоугольная сетка, высотные отметки по каждому пикету (за каждое нивелирование различным цветом), контуры россыпи и границы полигона или разреза. На этом же чертеже разрешается записывать вычисления средних мощностей, площади и объема выполненных горных работ.

Кроме объема выполненных горных работ маркшейдером определяются средние расстояния перемещения горной массы торфов за контур полигона, песков — к бункеру промывочного устройства. Средним считается расстояние от центра тяжести выработанного пространства до центра тяжести складирования.

Для определения среднего расстояния транспортирования торфов бульдозерами используются планы горных выработок и про-

фили, составленные по основным направлениям перемещения торфов при их вскрыше. На плане линейкой или специальной палеткой [11] измеряется первая — горизонтальная часть среднего расстояния транспортирования, т. е. от места забора грунта до нижней бровки бортового откоса, за который перемещаются вскрышаемые торфа.

Палетка на плане располагается так, чтобы ее поперечники были параллельны осям движения землеройных машин, а продольные линии сетки — параллельны контуру полигона (рис. XI.2, а). Тем самым полигон делится на полосы 20-метровой ширины, параллельные линии ближнего контура полигона, являющегося обычно и нижней бровкой внутреннего откоса отвала торфов.

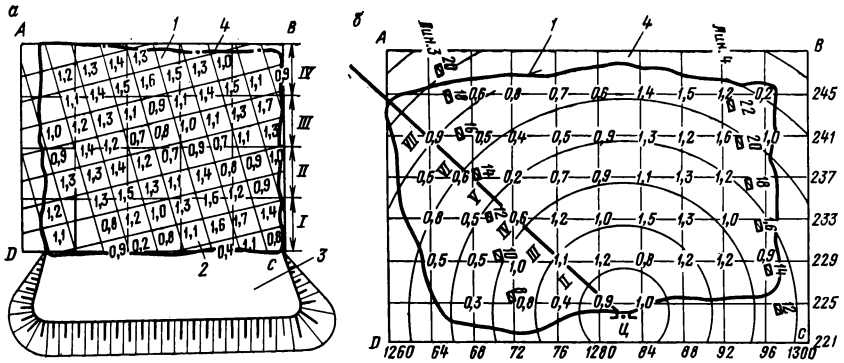


Рис. XI.2. Определение средних расстояний транспортирования горной массы на планах горных работ с помощью прямоугольной (а) и секторной или кольцевой (б) палеток:

1 и 2 — соответственно дальний и ближний контуры разрабатываемого участка россыпи (полигона); 3 — образуемый при вскрыше отвал торфов; 4 — линии прямоугольной сетки; Ц — центр бункера или начало траншеи («точка разгрузки»); I, ..., VII — 20-метровые полосы (а) и кольца (б). Цифры на углах сетки — мощность слоя вскрытых торфов (а) или добытых песков (б) на участке полигона

Если эксплуатационная сетка на полигоне ориентирована своими продольными линиями параллельно его внешним контурам, а поперечники совпадают с направлением движения землеройных машин, производящих вскрыше торфов, то для определения среднего расстояния транспортирования могут использоваться квадраты прямоугольной эксплуатационной сетки.

На протяжении каждой полосы (шириной 20 м) методом среднего арифметического вычисляются объем вскрытых торфов, а также среднее расстояние транспортирования торфов от середины полосы до контура полигона, являющегося и линией нижней бровки отвала торфов. Общее среднее расстояние транспортирования торфов находится как средневзвешенное из вскрытых объемов торфов в каждой 20-метровой полосе и расстояний транспортирования торфов до контура полигона. Поскольку ширина полос одинако-

Т а б л и ц а X I . 2

Номер полосы (кольца) палетки	Сумма мощностей вскрытых торфов в полосе (кольце) палетки $\sum h_j$, м	Расстояние от середины полосы (кольца) до контура (центра разгрузки) d_j , м	Произведение суммы мощностей на расстояние $d_j \sum h_j$, м
1	2,9	10	29
2	3,5	30	105
3	9,0	50	450
4	10,5	70	735
5	9,4	90	845
$\sum (\sum h_j) = 35,3$		$\sum d_j (\sum h_j) = 2164$	

$$d_{\text{ср}} = 2164 : 35,3 = 61,2 \approx 61 \text{ м}$$

вая, то среднее расстояние транспортирования вычисляют по формуле [1]

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^n (d_j \sum h_j)}{\sum_{j=1}^n (\sum h_j)}, \quad (\text{XI.5})$$

где $\sum h_j$ — сумма мощностей вскрытого слоя торфов в полосе шириной 20 м с порядковым номером j на схеме или плане, м; d_j — расстояние от середины полосы с номером j до контура

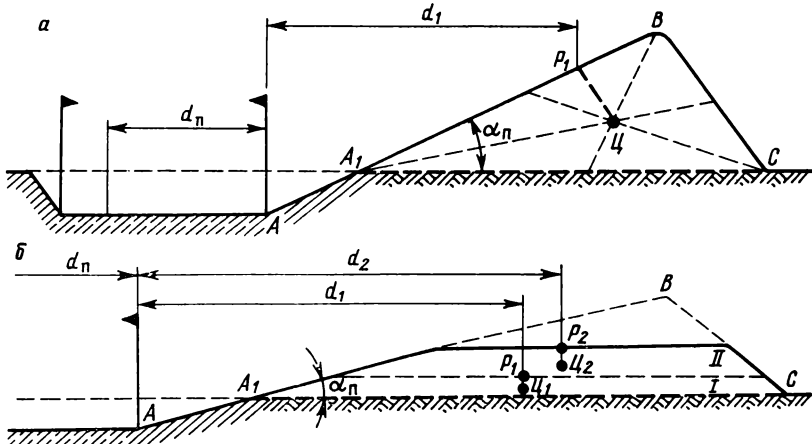


Рис. XI.3. Определение среднего расстояния транспортирования торфов в отвал наклонными (а) и горизонтальными (б) слоями:

A_1BC — профиль отвала; U, U_1, U_2 — центры тяжести сечений отвалов; P_1 и P_2 — средние точки разгрузки торфов; d_1 и d_2 — средние расстояния транспортирования в пределах отвала; d_n — среднее расстояние транспортирования на горизонтальной поверхности полигонов

полигона, измеренное на плане, m ; n — число полос сетки или палетки в контурах полигона.

Вычисления среднего расстояния $d_{\text{ср}}$ рекомендуется выполнять по формуляру, приведенному в табл. XI.2.

Правильность определения среднего расстояния транспортирования может быть проверена по условию $\sum_{j=1}^n (\sum h_j) = h_{\text{ст}} n_{\text{пк}}$ (где $h_{\text{ст}}$ и $n_{\text{пк}}$ — средняя мощность (м) вскрытых торфов и соответственно число пикетов сетки, принятых в подсчет объема вскрыши торфов на данном участке полигона во время маркшейдерского замера).

При вскрыше торфов через выездные траншеи или при подаче бульдозерами торфов или песков к бункерам конвейеров или промприборов среднее расстояние транспортирования определяется с помощью круговой палетки (рис. XI.2, б), на которой изображены концентрические кольца шириной 20 м в масштабе плана. Центр палетки совмещается с центром загрузочного бункера. Вычисления среднего расстояния для случая круговой палетки приведены в табл. XI.2.

Для определения среднего расстояния транспортирования в пределах отвала торфов на его поперечном вертикальном разрезе графически находят центр тяжести сечения. Если отвал наращивается наклонными слоями и имеет форму сечения, близкую к косугольному треугольнику, то в начальный период наращивания отвала центр тяжести сечения определяется графически из условия $A_1 P_1 = \frac{2}{3} A_1 B$ на пересечении медиан этого треугольника (рис. XI.3, а). Через точку C проводится прямая, параллельная внешнему откосу отвала. Точка на внутреннем откосе отвала является центром или средней точкой разгрузки торфов. На профиле измеряется расстояние $d_{1,2}$ между точкой $P_{1,2}$ и контуром полигона A , а также угол подъема по отвалу α_n .

При укладке торфов в отвал горизонтальными слоями среднее расстояние до центров разгрузки определяется, как до центра тяжести профильных сечений слоев. Общее среднее расстояние транспортирования вскрываемых торфов определяется суммой средневзвешенного расстояния в границах полигона и среднего расстояния транспортирования от контура полигона до точки разгрузки (с учетом поправки в расстояние за подъем или уклон пути бульдозера за контуром полигона).

При вскрыше торфов тракторными колесными скреперами среднее расстояние транспортирования определяется без учета пути разгрузки скреперного ковша.

§ 52. Маркшейдерское обеспечение дражных разработок

Подводным способом разрабатываются морские, озерные и континентальные долинные россыпи. Для их разработки применяются главным образом драги, поэтому рассматривается маркшейдерское обеспечение только дражных разработок.

Драга представляет собой земснаряд, оснащенный обогатительным оборудованием. Разрабатываемую драгой часть россыпи называют дражным полигоном, выработанное пространство — дражным разрезом. Геометрическими элементами дражного разреза являются забойный и бортовые откосы, их верхняя и нижняя бровки и дно разреза.

В зависимости от горно-геологических условий перед началом дражной разработки россыпей выполняют необходимые горно-подготовительные работы: очистку поверхности полигона от растительности и мохового покрова, вскрышу торфов, разваловку и планировку старых дражных гале-эфельных отвалов, предохранение полигона от сезонного промерзания, сооружение и проведение выработок для водоснабжения дражного разреза, искусственную оттайку мерзлоты и пр.

Маркшейдерское обслуживание горно-подготовительных работ на дражных полигонах производится так же, как и при разработке россыпей открытым способом. Некоторые особенности маркшейдерского обслуживания встречаются только при искусственной оттайке мерзлоты. На большинстве дражных полигонов мерзлоту оттаивают игловым способом. Металлические трубы диаметром 25—35 мм, называемые иглами или пойнтами, на определенном расстоянии друг от друга забиваются или забуриваются в мерзлые породы с поверхности до плотика россыпи. По системе труб и шлангов в иглы подается пар от котла драги или вода от насосной установки. В течение нескольких дней или недель мерзлота оттаивает и может разрушаться черпаками драг.

Маркшейдерское обслуживание участков оттайки мерзлоты заключается в контроле за соблюдением технического проекта. При этом в натуре обозначаются промышленный контур полигона, границы мерзлоты и таликов, проектные положения трубопроводов, коллекторов и контрольных скважин или шурфов с последующей их привязкой и нанесением на план горных выработок.

Маркшейдерский контроль глубины погружения игл и мощности оттаявших пород производится выборочно согласно требованиям ведомственных инструкций по оттайке. Элементы выноски определяются графически на планах горных выработок.

Контур оттаянного участка полигона проводят на плане через точки, отстоящие от крайних по периметру участка игл во внешнюю сторону на величину радиуса зоны оттайки вокруг одной иглы. Среднюю мощность оттаянного слоя определяют методом среднеарифметического — делением суммы глубин оттайки, измеренных в контрольных выработках, на их число в контуре участка. Объем оттаянных пород за месяц равен произведению площади оттаянного участка россыпи на среднюю мощность оттайки.

Водоснабжение дражных разрезов обеспечивается проведением канав и сооружением дамб, плотин и перемычек. Маркшейдерское обеспечение их производится, как и при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Маркшейдерское обслуживание дражных добычных работ заключается в основном в съемках дражных забоев и разрезов, в определении объемов добычи, потерь и разубоживания полезного ископаемого.

По мере разработки забоев и продвижения драги вперед происходит выколаживание бортовых откосов и обрушение пород в дражный разрез, который затем заполняется эфелем и галей. Поэтому достоверность определения положения откосов и их бровок обеспечивается, как правило, только съемкой забойных площадок при зачистке плотика.

Периодичность съемки забоев устанавливается в зависимости от допустимой погрешности определения геометрических параметров дражных разрезов. Так, контуры разрезов драг средней мощности (150—250 л) определяются по съемке каждого третьего — пятого забоя, т. е. примерно через 10 м перемещения драги.

Объем горной массы, добытой драгой, вычисляется в большинстве случаев методом среднего арифметического по формуле

$$V = S_{\text{ср}} H_{\text{ср}}, \quad (\text{XI.6})$$

где $S_{\text{ср}} = (S_1 + S_2) : 2$ — полусумма величин площадей в границах верхней и нижней бровок откосов дражного разреза, м²; $H_{\text{ср}}$ — средняя глубина дражного разреза, равная среднеарифметическому значению из общего числа промеров, равномерно размещенных по площади выработки, образуемой в течение отчетного периода, м.

Способы съемок дражных разрезов приведены в табл. XI.3.

Линейным способом снимаются точки верхней незатопленной бровки откосов на полигоне с ровным рельефом земной поверхности, имеющей необходимое число точек съемочной сети и пунктов обоснования. Расстояния между снимаемыми точками и пикетами или пунктами обоснования измеряются рулеткой или мерной лентой.

Тахеометрический способ съемки бровок откосов дражных разрезов применяется маркшейдерами во всех районах дражных работ. За линию нижней бровки принимается совокупность точек наибольших глубин по подножию забойного откоса. Нередко положение нижней бровки забойного откоса определяют по центру буруна (всплеска), возникающего на поверхности воды над вращающимся нижним черпаковым барабаном. При съемке дальнюю рейку ставят на береговом мостике против середины буруна. Расстояние от рейки до середины буруна измеряют рейкой и учитывают впоследствии при нанесении нижней бровки на план горных работ. Величина разброса бурунов увеличивается с глубиной черпания и с повышением скоростей течения и перемещения нижнего черпакового барабана по забойной площадке. Поэтому способ допускается применять только при малой глубине черпания и скоростях течения воды или движения нижнего черпакового барабана по забою не более 0,2—0,3 м/с.

Таблица XI.3

Способ съемки бровок откосов дражного разреза	Снимаемая бровка драж- ного разреза		
	верхняя		нижняя
	подвод- ная	надвод- ная	
Линейный (рулеточными засечками или ординатными промерами от пикетов прямоугольной сетки и пунктов обоснования)	—	+	—
Тахеометрический — по рейке:			
устанавливаемой непосредственно на снимаемые точки бровки (при глубине воды до 3 м)	+	+	—
устанавливаемой над погруженными лотом, наметкой или над вибратором-излучателем эхолота (при глубине воды более 2 м)	+	—	+
устанавливаемой над центром буруна (всплеска) на воде в зоне вращения нижнего черпакового барабана драги (при глубинах черпания до 10 м)	+	—	+
устанавливаемой над центром нижнего черпакового барабана по шкале заложений забойного откоса, размеченной на перилах берегового мостика или на диаметральном рейкодержателе	+	—	+
укрепляемой на контурных точках драги с последующим нанесением точек забоя по дражной палетке, имеющей шкалу заложений забойного откоса	+	—	+
Фотограмметрический (наземный или воздушный)	—	+	—
Гидроакустический с привязкой центра вибратора-излучателя эхолота или гидролокатора тахеометрическим способом (применим на глубинах более 2—3 м)	+	—	+
Радиотехнический (радиолокационный) с автоматическим нанесением на план дражного полигона бровки забойного откоса (по ВНИМИ)	—	—	+

Положение бровок забойного откоса на глубинах более 2 м рекомендуется определять по положению центра нижнего черпакового барабана при его перемещении по забойной площадке. Линию забоя на глубине черпания определяют точками проекции центра нижнего черпакового барабана на горизонтальную плоскость, а правые и левые угловые точки забоев — точками бровок соответственно правого и левого бортовых откосов дражного разреза [18, 11].

Если деления шкалы заложений размечены на перилах берегового мостика (рис. XI.4), то при съемке забоя дальномерную рейку устанавливают на мостике против деления шкалы, соответствующего глубине черпания. Расчет шкалы делений производят графически или аналитически — по конструктивным размерам драги и средним геометрическим параметрам забоев и разрезов.

Для расчета применяют формулу

$$l_i = \sqrt{L_p^2 - H_b^2}, \quad (\text{XI.7})$$

где l_i — горизонтальное расстояние между центром нижнего и проекцией центра верхнего черпаковых барабанов на глубине черпания $h_{ч}$, м; L_p — расстояние между центрами нижнего и верхнего черпаковых барабанов, м; H_b — вертикальное расстояние между центром нижнего и проекцией на вертикальную плоскость центра верхнего черпаковых барабанов, м.

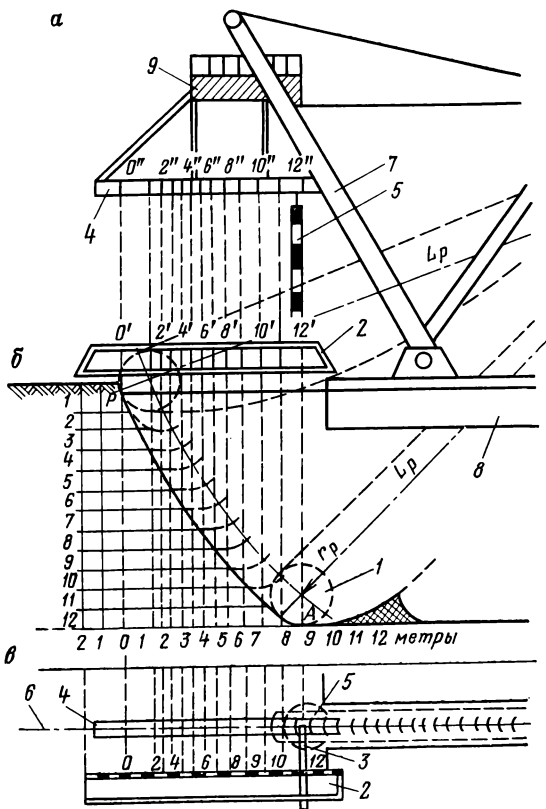


Рис. XI.4. Разметка шкалы заложений забойного откоса на диаметральном рейкодержателе (а), на перилах берегового мостика (б) и ее вид сверху (в):

1 — нижний черпаковый барабан; 2 — перила берегового мостика; 3 — поперечный рейкодержатель рычажного типа; 4 — диаметральный рейкодержатель; 5 — дальномерная рейка с грузом на нижнем конце в момент съемки забоя при глубине черпания $h_r = 12$ м; 6 — след диаметральной плоскости драги; 7 — передняя мачта драги; 8 — понтон; 9 — ремонтная площадка передней мачты драги

В свою очередь, вертикальное расстояние между центрами верхнего и нижнего черпаковых барабанов вычисляют по формуле

$$H_b = h_b - r_p + h_{ч_i}, \quad (\text{XI.8})$$

где h_b — высота центра верхнего черпакового барабана над уровнем воды в дражном разрезе, м; r_p — радиус резания на нижнем черпаковом барабане (по паспортным данным), м; $h_{ч_i}$ — глубина черпания, м.

Размечать шкалу заложений на поручнях берегового мостика можно и способом непосредственных промеров. Для этого на

центре крыши буксы нижнего черпакового барабана приваривают штырь длиной 50—100 мм и диаметром 10—20 мм, поднимают черпаковую раму так, чтобы штырь находился над водой на высоте радиуса резания r_p . Под прямым углом к оси берегового мостика поперек его поручней располагают рейку так, чтобы подвешенный на ее конце отвес проектировался на штырь — центр нижнего черпакового барабана. По срезу рейки на поручнях намечают риски нулевого деления шкалы заложений, т. е. деления, соответствующего глубине черпания $h_{\text{ч}} = 0$ м. Затем к штырю на центре нижнего черпакового барабана привязывают один конец шнура, размеченного через дециметры и метры. На другом свободном конце шнура закрепляют поплавок, черпаковую раму опускают на 1 м, рейку перемещают по поручням параллельно ее первоначальному положению так, чтобы отвес на конце рейки проектировался над центром поплавка, который проектируется над центром нижнего черпакового барабана на глубине черпания $h_{\text{ч}} = 1$ м. По срезу рейки на поручнях намечают деление шкалы «1», соответствующее глубине черпания $h_{\text{ч}} = 1$ м. Аналогично размечаются и остальные деления шкалы заложений забойного откоса.

При работе драги в разрезе с большим надводным бортом или при смежном ходе со стороны мостика вдоль высоких галечных отвалов предыдущего хода драги мостик обычно находится в наклонном положении. Тогда деления шкалы не будут проектироваться над центром нижнего черпакового барабана. В таких случаях рекомендуется применять поправку за наклон берегового мостика, вычисляемую по формуле

$$\Delta l_i = (l_i - d) (\sec \alpha - 1), \quad (\text{XI.9})$$

где α — угол наклона берегового мостика к горизонту, измеренный ватерпасом, транспортиром или подвесным кругом, градус; d — расстояние от шарнира мостика до проекции центра верхнего черпакового барабана, м.

При тахеометрической съемке забоя рейку на мостике в этом случае ставят не против деления, а со смещением в сторону забоя на величину поправки Δl_i .

Для совмещения дальномерной рейки с центром нижнего черпакового барабана удобно пользоваться специальным рейкодержателем [18], представляющим собой деревянный брус длиной 3—4 м, с замком (типа трубины) на конце для крепления дальномерной рейки. На время съемки рейкодержатель укладывают на перилах берегового мостика.

Такой рейкодержатель может применяться и при тахеометрической съемке верхних бровок откосов дражного разреза в слабостойчивых породах, подверженных обвалам и осыпям, так как рейкодержатель позволяет ставить рейку непосредственно на точки верхней бровки откосов, не подвергаясь опасности падения в дражный разрез.

Для съемки дражных разрезов с высоким надводным бортом или смежными высокими галечными отвалами предыдущего хода драги шкалу заложений рекомендуется [1, 18] размечать на специальном диаметральном рейкодержателе [1].

Диаметральный рейкодержатель представляет собой продольно располагаемый в диаметральной плоскости драги над черпаковой рамой деревянный брус длиной 10—15 м, укрепленный на перед-

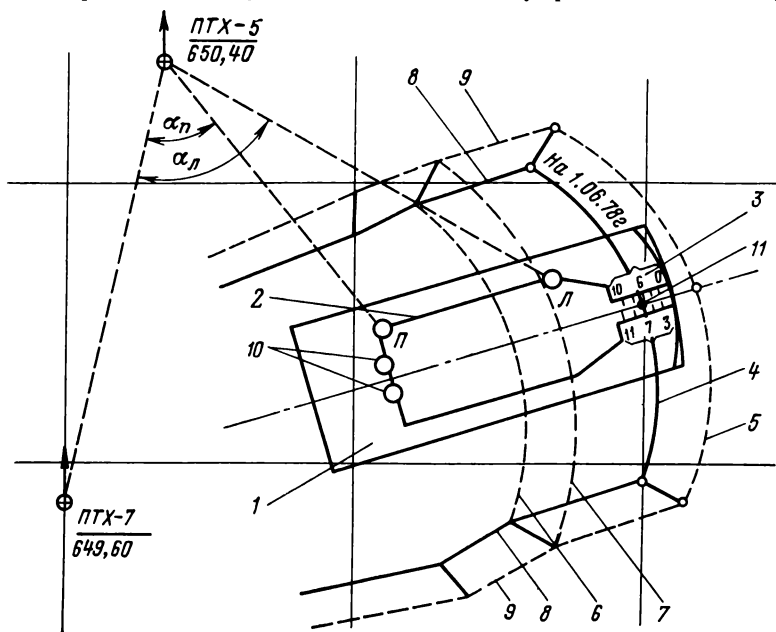


Рис. XI.5. Определение на плане положения нижней бровки забойного откоса дражного разреза с помощью дражной палетки:

1 — дражная палетка; 2 — контур дражного понтона и палубной надстройки; 3 — шкала заложений забойного откоса; 4 и 5 — соответственно нижняя и верхняя бровки забойного откоса, наносимого на план; 6 и 7 — то же, по результатам предыдущей съемки ранее отработанного забоя; 8 и 9 — соответственно нижняя и верхняя бровки бортовых откосов; 10 — сваи; 11 — наносимая на план средняя точка нижней бровки забойного откоса; П и Л — привязанные угловые точки контура палубной надстройки драги; ПТХ-5 и ПТХ-7 — пункты съемочного обоснования на дражном полигоне

ней мачте и жестко подвешенный под ее ремонтной площадкой (рис. XI.4). Брус должен быть горизонтален поверхности воды в дражном разрезе.

При съемке забоев применяется обычная дальномерная рейка с крючком на одном конце и отвесом массой 5—10 кг на другом ее конце. Рейка крючком подвешивается на соответствующее деление шкалы заложений на рейкодержателе (см. рис. XI.4).

Положение линий бровок откосов дражного разреза на плане можно также определять с помощью дражной палетки [18]. Деления шкалы заложений забойных откосов размечаются на рамной прорези палетки, изготавливаемой из прозрачного пластика, име-

ющего вид плоского контура макета драги в масштабе плана горных выработок, составляемого для этой цели в более крупном масштабе 1 : 500 или 1 : 1000.

Для определения положения каждой снимаемой точки бровки забойного откоса снимаются не менее двух контурных точек самой драги (например, сваи и одного из носовых углов палубной надстройки). Вначале на план наносят контурные точки драги, а затем, совмещая с ними соответствующие контурные точки палетки по делению ее шкалы заложений (согласно измеренной глубине черпания), на план наносят точки бровки забойного откоса (рис. XI.5).

На некоторых россыпях тахеометрическим способом снимают только верхнюю бровку забойного откоса. Положение нижней бровки проводят на планах горных выработок относительно верхней бровки по величине заложения откоса, которая определяется опытным путем для различных глубин и литологических особенностей рыхлых отложений россыпи. Такой способ можно применять в редких случаях, когда борты дражного разреза сложены достаточно устойчивыми от обрушения породами, сохраняющими первичную конфигурацию забоя в течение всего межзамерного периода.

Средняя глубина дражного разреза $H_{\text{ср}}$ вычисляется усреднением непосредственно измеренных высот забоев (глубин черпания и высот надводных бортов) или усреднением разностей высотных отметок поверхности полигона в контуре верхней бровки и дна дражного разреза.

Глубины черпания могут измеряться лотом, наметкой, дражным механическим глубиномером и эхолотом или гидролокатором. Погрешность измерения глубины черпания любым из перечисленных инструментов зависит от многих факторов (глубины, степени заиливания дна, скорости течения, температуры и солености воды, качества самого мерного инструмента, квалификации исполнителя и др.) и на средних глубинах составляет не менее $\pm 0,1$ м. Такая погрешность измерения глубин черпания удовлетворяет требованиям точности определения объема горной массы, добытой драгой. Горизонт воды в дражном разрезе при промерах глубин необходимо определять с погрешностью, не превышающей $\pm 0,02$ м.

При непосредственном измерении глубин дражного разреза отдельно измеряются глубины черпания и высоты надводного борта. Измерения производят сразу после доработки забойного участка россыпи перед зашагиванием на следующий забой. Глубины черпания необходимо промерять над точками проекций центра нижнего черпакового барабана вслед за его перемещением по забойной площадке не менее чем в трех точках (в углах и в середине забоя). При сложном рельефе дна дражного разреза число промеров по забою увеличивают не менее чем до $\left(\frac{B_2}{10} + 1\right)$ раз (где B_2 — ширина разреза по дну, м) [18].

Среднюю глубину разреза вычисляют методом среднего арифметического из общего числа промеров на акватории

дражного разреза в течение отчетного периода по формуле

$$H_{\text{ср}} = \frac{\sum h_{\text{ч}_i}}{n_i} \pm \frac{\sum h_{\text{н.б}_j}}{n_j}, \quad (\text{XI.10})$$

где $h_{\text{ч}_i}$ — глубина черпания в точке i , м; $\pm h_{\text{н.б}_j}$ — высота надводного борта в точке j , м; n_i и n_j — количество промеренных глубин черпания и соответственно высот надводного борта.

Если организация геологического и маркшейдерского контроля на предприятии позволяет документировать каждый дражный забой, то способ непосредственного измерения глубин дражного разреза обеспечивает требуемую точность определения средней глубины дражного разреза.

Способ вычисления средней глубины дражного разреза, как разности средних высотных отметок поверхности полигона и дна дражного разреза, предпочтительнее предыдущего. Средняя глубина дражного разреза в этом случае вычисляется по формулам:

$$H_{\text{ср}} = h_{\text{вср}} - h_{\text{дср}},$$

или

$$H_{\text{ср}} = \frac{\sum (h_{\text{в}_i} - h_{\text{д}_i})}{n}, \quad (\text{XI.11})$$

где $h_{\text{в}_i}$ и $h_{\text{д}_i}$ — высотные отметки поверхности полигона и дна разреза в точке i , м; $h_{\text{вср}}$ и $h_{\text{дср}}$ — средние высотные отметки поверхности полигона и дна разреза, м; n — число промерных точек, принятых в подсчет объема за отчетный период.

Перед разработкой поверхность полигона нивелируют по пикетам прямоугольной сетки. Высотные отметки пикетов могут определяться по результатам геометрического, тригонометрического и стереофотограмметрического способов.

Высотные отметки дна дражного разреза вычисляют вычитанием измеренных глубин из высотной отметки уровня (уреза) воды в разрезе в момент промера. Постоянный контроль уровня воды осуществляется по водомерным рейкам или уровнемерам, устанавливаемым на акватории разреза. Правильность установки реек или уровнемеров проверяется геометрическим нивелированием уровня воды от береговых реперов.

Фотограмметрические способы рекомендуется применять для съемки дражных полигонов с целью обновления планов горных выработок на начало и конец промывочного сезона. Снимать верхние бровки откосов дражных разрезов во время маркшейдерских замеров фотограмметрическими способами нерентабельно.

Радиотехнические способы привязки точек на акваториях водоемов, рек и морей в последние годы широко применяются на гидрографических промерных работах. Впервые радиотехнический способ определения положения дражных забоев был разработан во ВНИМИ. Опытные испытания подтвердили перспективность применения этого способа для съемки забоев, особенно при автоматическом нанесении на план линий забойных бровок.

СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК И ОХРАНА СООРУЖЕНИЙ

§ 53. Вводные замечания

При подземной выемке полезных ископаемых в связи с тем, что в недрах образуются пустоты, происходит потеря устойчивости пород, приводящая к сдвигению горных массивов и земной поверхности. В горной практике отмечены нередкие случаи, когда в результате сдвигения разрушались поверхностные и подземные сооружения.

Вопросы сдвигения горных пород и земной поверхности приобрели большое значение в современных условиях интенсивного развития горнодобывающей промышленности для охраны поверхностных сооружений, выбора рационального и безопасного способа выемки запасов полезного ископаемого, а также сохранения земельного фонда и природного комплекса.

Из истории горного дела известно, что сдвигение горных пород интересует горняков давно. Еще в XV в. в Бельгии существовал закон, обязывающий предпринимателей для снижения вредного влияния сдвигения горных пород на городские здания вести разработку угольных пластов под г. Льежем на глубине не менее 100 м. Научное же изучение особенностей протекания процесса сдвигения под влиянием подземных разработок началось сравнительно недавно — со второй половины XIX в. В эти годы были предложены первые гипотезы, в которых делались попытки установления закономерностей процесса сдвигения (гипотезы Гоно, Дюмона, Ржихи, Файоля и др.). Некоторые положения этих гипотез не утратили значения и в настоящее время.

Первые инструментальные наблюдения были проведены в конце XIX в. в г. Дортмунде. Результаты наблюдений явились основанием для разработки правил расчета предохранительных целиков. Эти правила охраны, получившие в дальнейшем название «Дортмундских», имели широкое распространение не только в Германии, но и в других странах, в том числе в СССР: вплоть до 20-х годов ими пользовались в Донбассе для построения предохранительных целиков. В первой четверти XX в. объемы наблюдений резко возрастают, они проводятся в Великобритании, США, Чехословакии, Бельгии, Польше и в других странах.

В 1923 г. были утверждены разработанные при участии проф. П. М. Леонтовского «Временные правила оставления предохранительных целиков под охраняемыми зданиями и сооружениями на

рудниках Донбасса». Однако при их составлении стало ясно, что отсутствие достаточных натуральных наблюдений делает их не совсем надежными. Поэтому проф. И. М. Бахуриным был поставлен вопрос об организации систематических инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород в основных угольных бассейнах и на различных рудных месторождениях страны. Первые крупные наблюдения были проведены в 1928—1929 гг. в Донбассе и Кузбассе. Кроме того, наряду с наблюдениями за сдвижением земной поверхности начиная с 1933 г. в нашей стране проводятся работы по исследованию деформаций в массиве пород и горного давления в подземных выработках. Особенно широкий размах эти исследования получили в послевоенное время, когда началось изучение усилий, возникающих в крепях; давления пород и закладки на крепь; особенностей проявления горного давления при применении механизированных крепей; закономерностей сдвижения и давления горных пород на рудных месторождениях и т. п. Выполненные в последние годы исследования по изучению механизма таких грозных явлений, как горные удары и внезапные выбросы угля и газа, позволили разработать ряд существенных мероприятий по предупреждению динамического проявления горного давления и тем самым повысить безопасность труда шахтеров.

Большой вклад в развитие науки о сдвижении горных пород был сделан в последние годы советскими учеными С. Г. Авершиным, Д. А. Казаковским, Н. Н. Медянцевым, М. А. Кузнецовым, М. В. Коротковым, С. П. Колбенковым, И. А. Петуховым, А. Г. Акимовым, В. Н. Земисевым, Р. А. Муллером. В результате их исследований были установлены основные закономерности сдвижения горных пород на угольных и рудных месторождениях и составлены правила охраны сооружений и природных объектов угольных и рудных месторождений страны, а также даны рекомендации по проектированию мероприятий для защиты зданий и сооружений от влияния горных выработок для основных угольных бассейнов.

§ 54. Общие сведения о процессе сдвижения горных пород под влиянием подземных разработок

До подработки массивы горных пород находятся в естественном напряженном состоянии, о происхождении которого высказаны следующие гипотезы.

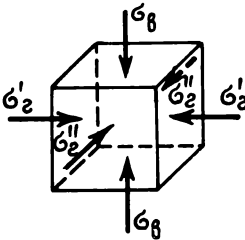
1. *Гипотеза А. Гейма* (конец XIX в.), по которой предполагается, что в горных породах в результате непрерывного пластического деформирования напряжения по всем направлениям выравниваются и массивы находятся в равностороннем (гидростатическом) сжатии. А. Гейм считал, что основной причиной возникновения напряжений являются гравитационные силы, которые определяются давлением столба вышележащей толщи. По этой гипотезе

напряжения, действующие на гранях кубика изотропного массива (рис. XII.1) со стороны, равной 1 см, расположенного на глубине H , будут равны

$$\sigma_v = \sigma'_r = \sigma''_r = \gamma H,$$

где γ — плотность горных пород, кг/см³; σ_v — вертикальные напряжения, кгс/см²; σ'_r , σ''_r — горизонтальные напряжения, действующие в двух взаимно перпендикулярных направлениях, кгс/см².

2. *Гипотеза упругого состояния горного массива* предложена акад. А. Н. Динником в 30-е годы. В ней горные породы рассматриваются как упругие изотропные тела. Напряженное состояние рассмотренного выше кубика выражается зависимостями:



$$\sigma_v = \gamma H; \quad \sigma'_r = \sigma''_r = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_v,$$

где μ — коэффициент Пуассона, показывающий отношение поперечной относительной деформации к продольной относительной деформации.

Рис. XII.1. Действие напряжений на грани кубика

В обеих гипотезах предполагается статическая уравновешенность земной коры.

3. *Современная гипотеза.* Наблюдения последних лет, проведенные в не тронутых горными работами массивах горных пород, показали, что фактически напряжения зачастую не соответствуют первым двум гипотезам.

Первые инструментальные данные о том, что поля напряжений в нетронутых массивах горных пород отличаются от гравитационных, были получены шведским исследователем Н. Хастом на рудниках Скандинавии. Им было установлено, что существующие горизонтальные напряжения намного превосходят по величине напряжения, обусловленные массой пород. Так, сумма горизонтальных главных напряжений $\sigma'_r + \sigma''_r$ уже у земной поверхности равна 160 кгс/см²; с увеличением же глубины напряжения увеличиваются по линейному закону и на Скандинавском полуострове при глубине 1000 м достигают 1050 кгс/см².

Накопленный в настоящее время обширный материал инструментальных наблюдений показал, что практически повсеместно в земной коре существуют поля напряжений, характеризующиеся повышенными значениями горизонтальных напряжений, которые зачастую на 50—300 кгс/см², а иногда даже на 500 кгс/см² превосходят величину гидростатического давления.

Приведенные выше материалы подтверждают мнение о том, что в верхних слоях земной коры возможно существование дополнительно к гравитационным (геостатическим) полям напряжений геодинамических полей напряжений, возникающих за счет текто-

нической деятельности Земли. Считается установленным, что геодинамические поля напряжений возрастают с глубиной.

Исходные поля напряжений определяют характер нового напряженного состояния, возникающего после образования в массиве полости после проведения выработки. Величина и особенности перераспределения напряжений зависят от формы выработки. На рис. XII.2 приведено распределение напряжений вокруг выработки квадратного поперечного сечения, полученное на моделях из оптико-поляризационного материала (цифрами показана концентрация напряжений после проведения выработки).

В начальный период, когда забой лавы еще не отошел от разрезной печи на большое расстояние, непосредственная кровля

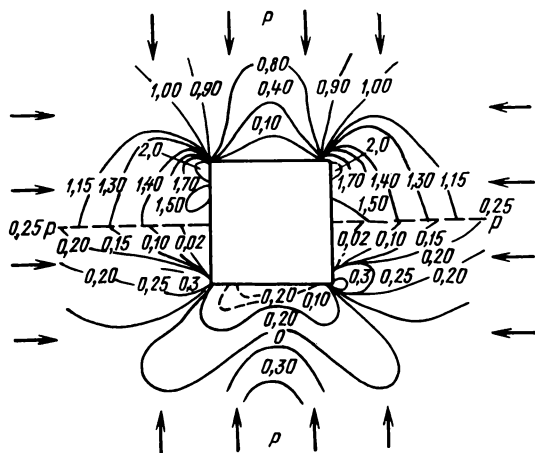


Рис. XII.2. Распределение напряжений вокруг квадратного выреза

пласта находится в относительно устойчивом состоянии и ее сдвигание (изгиб) происходит в небольших пределах. По мере расширения выработанного пространства величина и скорость сдвигания возрастают. Сплошность слоев нарушается, они расслаиваются. В пластах, примыкающих к выработанному пространству, образуются трещины и разломы и происходит обрушение слоев кровли в выработанное пространство.

С увеличением размеров выработанного пространства происходит расширение зоны деформаций горных пород. При некотором соотношении размеров выработанного пространства и глубины горных работ зона сдвижений достигает земной поверхности.

В общем случае вокруг очистной выработки можно выделить следующие зоны деформаций горных пород (рис. XII.3, 4).

Зона обрушения I, непосредственно прилегающая к выработанному пространству и характеризующаяся тем, что в ней происходит отделение от массива слоев пород, расчленение их на блоки и обрушения в выработанные пространства с нарушением природного строения и связей. Высота зоны обрушения

зависит главным образом от соотношения мощностей отдельных слоев непосредственной кровли и мощности извлекаемого полезного ископаемого, крепости слоев непосредственной кровли, применяемой системы разработки и угла падения пласта. Приближенно она может быть определена по формуле

$$h = \frac{m}{k-1} \cos \alpha,$$

где m — вынимаемая мощность пласта; k — коэффициент разрыхления пород; α — угол падения пласта.

По данным натуральных наблюдений высота зоны обрушения по нормали к пласту в большинстве угольных бассейнов не превышает 3—4-кратную мощность пласта.

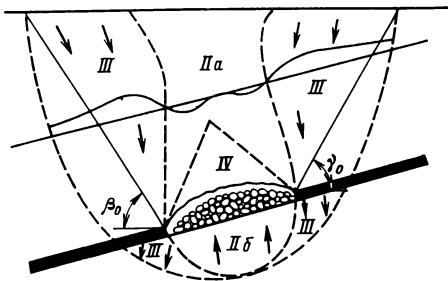


Рис. XII.3. Характер сдвижения горных пород вокруг очистной выработки при пологом залегании угольного пласта

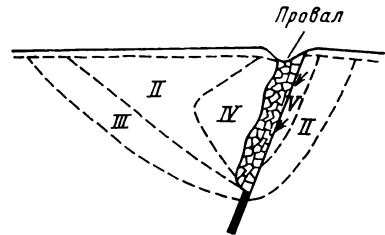


Рис. XII.4. Характер сдвижения горных пород вокруг очистной выработки при крутом падении угольного пласта

Зона изгиба II наблюдается как в налегающей толще, так и в подстилающих породах. Деформации пород в этой зоне происходят в виде расслоения толщи на отдельные слои и их изгиба с сохранением связей между отдельными блоками. В зоне изгиба различают две части: зону прогиба с образованием трещин, примыкающую непосредственно к зоне полных оседаний, и зону прогиба без образования трещин и расслоений, расположенную над зоной прогиба с образованием трещин.

В породах почвы изгиб слоев происходит в результате упругого восстановления пород в области разгрузки.

Зона опорного давления III развивается в прилегающей к пласту области вблизи границы очистной выемки. Величина и характер зоны опорного давления в покрывающих породах зависят от зависания пород у границ выработки, глубины горных работ и свойств пород, в которых пройдена выработка.

Опорное давление возникает в массивах горных пород вследствие того, что проведение выработки лишает вышерасположенный массив опоры, он зависит и, как следствие, его масса перераспределяется на горные породы, окружающие эту выработку (рис. XII.5).

Теоретически опорное давление должно распространяться за пределами выработки бесконечно, но на практике зона опорного давления не превышает расстояния 80—100 м от стенки выработки. Если бы материал залежи, в котором проводится выработка, был абсолютно твердым телом, то эпюра опорного давления имела бы вид *a*, показанный на рис. XII.6. В реальных же условиях в призабойной зоне происходит разрушение части залежи, непосредственно прилегающей к выработке. В объеме, где произошло разрушение, горные породы перестают сопротивляться усилиям со стороны кровли и в результате происходит смещение максимума опорного давления в глубь массива (см. рис. XII.6, б).

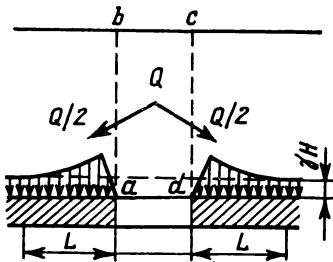


Рис. XII.5. Схема к образованию опорного давления (Q — масса пород, расположенных над выработкой; γH — вертикальное напряжение, существующее в нетронутым массиве; L — глубина распространения опорного давления)

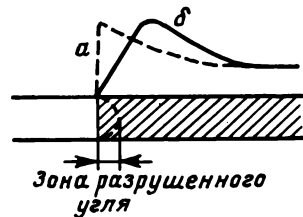


Рис. XII.6. Эпюра опорного давления для случая неразрушенного пласта (*a*) и для случая, когда разрушена призабойная часть пласта (*б*)

Зона полных сдвижений *IV* образуется как на поверхности, так и в толще пород. Принято считать, что в зоне полных сдвижений напряженное состояние близко к гравитационному.

При отработке мощных крутых угольных пластов часто происходят оползания пород лежачего бока и образования провалов на поверхности над выходами пластов (см. рис. XII.4).

Процесс движения горных пород на рудных месторождениях отмечается своеобразием, которое объясняется более сложными, чем на угольных месторождениях, горно-геологическими условиями.

В общем случае все рудные месторождения по признаку сдвижения горных пород разделяются на три типа:

- 1) со слоистым строением вмещающих пород и согласно залегающими с ними рудными телами;
- 2) с неслоистым строением вмещающих пород;
- 3) со слоистым строением вмещающих пород и несогласно залегающими с ними рудными телами (главным образом жильные месторождения).

К типичному представителю первого типа месторождений относится Криворожский железорудный бассейн, где рудные залежи представлены в основном телами большой мощности крутого залегания и процесс сдвижения на земной поверхности проявляется в виде образования воронок обрушения, провалов, оползней, трещин и относительно небольших зон сдвижения без разрыва сплошности пород.

При начавшемся процессе сдвижения в условиях Криворожского бассейна прежде всего появляется и развивается зона сдвиже-

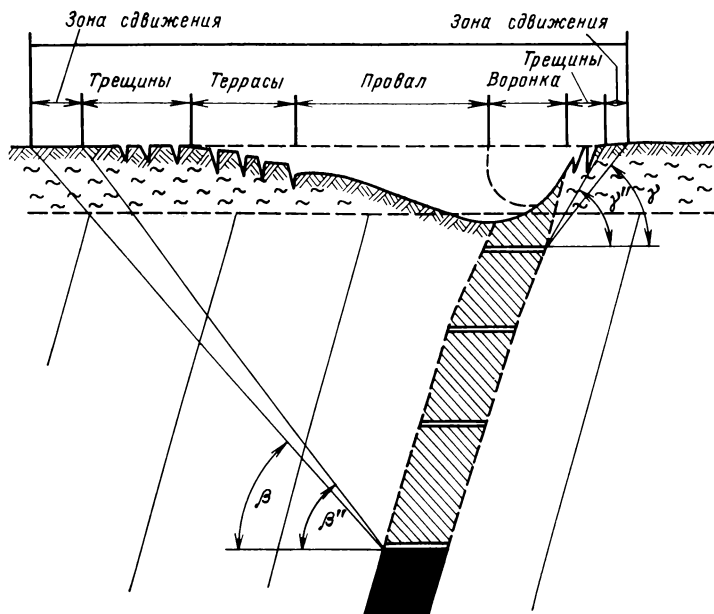


Рис. XII.7. Характер сдвижения поверхности в условиях Кривого Рога

ния без разрыва сплошности пород, которая резко, без заметных предварительных признаков переходит в зону обрушения. После образования зоны обрушения зона сдвижения без разрыва сплошности пород уничтожается совсем или остается на весьма небольшом участке. Мульда сдвижения в главных сечениях является несимметричной: висячий бок разрушается более интенсивно и под более пологими углами, чем лежащий бок (рис. XII.7). Период времени между отработкой рудного тела и появлением процесса обрушения на поверхности равен 1—3 мес.

Для Кривого Рога принято различать следующие особенности процесса сдвижения в зависимости от размеров залежей:

при отработке залежей длиной 700—2500 м наблюдается периодическое обрушение пород висячего бока вслед за погашением выработанного пространства;

при отработке залежей длиной 250—700 м с увеличением глубины горных работ происходит зависание пород всячего бока; при отработке залежей до 250 м по мере понижения очистной выемки происходит обрушение пород всячего бока участками по простиранию или падению с отставанием от горизонта очистных работ. Начиная с некоторой глубины, обрушения всячего бока не выходят на поверхность.

При переходе горных работ на глубины более 400—500 м в Криворожском бассейне начались случаи сдвижения пород лежачего бока мощных крутых залежей (зона V на рис. XII.4), которые были отмечены при разработке пластообразных залежей неограниченного простирания и наличии в приконтактной зоне слабых, легко разрушающихся пород. Размер этой зоны сдвижения в лежачем боку при разработке залежей мощностью более 50 м и крепости пород лежачего бока $f \geq 5$ равен $0,15H$ (H — глубина разработки); для залежей мощностью до 50 м и крепостью пород лежачего бока от 5 до 8 размер опасной зоны равен около $0,08H$.

На месторождениях второго типа с неслоистым строением вмещающих пород и сложенных, как правило, крепкими породами сдвижение происходит в резкой форме в виде сдвига или отрыва по трещинам и обрушениям. Зона плавных сдвижений практически отсутствует, углы сдвижений контролируются трещиноватостью.

При разработке жильных месторождений, представленных главным образом рудными телами небольшой мощности и залегающих в крепких вмещающих породах, в сдвижение в основном вовлекаются только выветрелые породы и наносы. На поверхности при этом образуются воронки, трещины, террасы.

§ 55. Параметры процесса сдвижения

К параметрам процесса сдвижения, характеризующим качественно и количественно этот процесс, относят углы сдвижения, граничные углы, углы разрыва, углы полных сдвижений, углы максимальных оседаний, абсолютные и относительные сдвижения (оседания, наклон, кривизна, горизонтальные сдвижения, растяжения и сжатия), скорость и время протекания процесса, характер распределения величин сдвижений и деформаций в пределах мульды.

В результате подземной разработки на поверхности возникают деформации. Участок земной поверхности, затронутый сдвижением горных разработок, называется м у л ь д о й с д в и ж е н и я. Обычно мульда сдвижения представляет тарелкообразную или корытообразную (редко чашеобразную) впадину на земной поверхности. Для практических целей представляет интерес то сечение мульды, по которому ее края наиболее удалены от границ выработки. Эти сечения, как правило, проходят через центр мульды, ориентированы по простиранию и падению пластов и называются г л а в н ы м и с е ч е н и я м и м у л ь д ы с д в и ж е н и я.

Распределение сдвижений и деформаций земной поверхности в пределах мульды неравномерно. Часть мульды сдвижения, где возникли деформации земной поверхности, вызывающие в сооружениях повреждения, нарушающие нормальную их эксплуатацию, называется зоной опасного сдвижения. Для обозначения на поверхности зон опасных сдвижений используются углы сдвижения. Углы сдвижения являются одними из наиболее важных параметров процесса сдвижения, так как с их помощью производится построение предохранительных целиков. Углами сдвижения называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах в главных сечениях мульды по простиранию и вкрест простирания залежи (пласта) полезного ископаемого горизонтальными линиями и

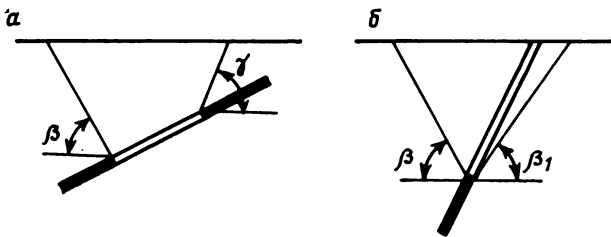


Рис. XII.8. Углы сдвижения в коренных породах: а — при пологом падении залежи на разрезе вкрест простирания; б — при крутом падении залежи на разрезе вкрест простирания

линиями, соединяющими границы выработанного пространства с границами критических деформаций поверхности. Главными сечениями мульды являются вертикальные сечения, проведенные по простиранию и вкрест простирания пласта в точках наибольшего оседания.

Углы сдвижения определяются в условиях полной подработки, под которой подразумевается такое состояние дна мульды сдвижения, когда дальнейшее расширение отрабатываемой площади не вызывает увеличения сдвижений в этой части мульды.

Не все деформации, возникающие при сдвижении поверхности, опасны для подрабатываемых объектов. Наибольшие деформации земной поверхности, не вызывающие повреждений и не нарушающие нормальную эксплуатацию поверхностных сооружений, называются критическими, или предельно безопасными деформациями поверхности. Хотя для различных сооружений эти деформации будут разными, опыт показывает, что для большинства сооружений можно принять следующие значения опасных деформаций: наклон $4 \cdot 10^{-3}$, кривизна $0,2 \cdot 10^{-3}$, растяжения $2 \cdot 10^{-3}$.

Различают углы сдвижения в коренных породах и наносах. В коренных породах на разрезе вкрест простирания углы сдвижения обозначаются висячем боку со стороны нижней границы выработанного пространства через β , со стороны верхней границы — через γ (рис. XII.8, а). При крутом падении опасная зона определяется от нижней границы выработанного пространства висячем

боку углом сдвига β , в лежащем — углом сдвига β_1 (рис. XII.8, б). На разрезе по простиранию углы сдвига принимаются одинаковыми с обеих сторон выработанного пространства и обозначаются через δ (рис. XII.9).

В наносах углы сдвига φ равны по всем трем направлениям.

Углы сдвижений зависят от строения месторождения и физико-механических свойств пород, поэтому они различны для разных месторождений. Их величины для угольных бассейнов и крупнейших рудных месторождений определены в результате инструментальных наблюдений и приводятся в соответствующих правилах охраны сооружений от вредного влияния подземных горных работ.



Рис. XII.9. Углы сдвига в коренных породах на разрезе по простиранию

Граничными углами β_0 , γ_0 , δ_0 , β_{01} называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные при полной подработке на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды горизонтальной линией и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с граничными точками, т. е. точками на земной поверхности, в которых оседание не превышает средней погрешности нивелирования. Практически

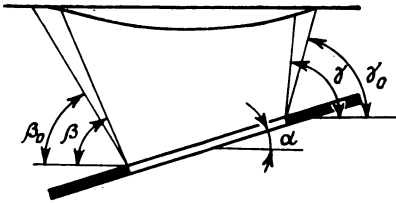


Рис. XII.10. Граничные углы сдвига

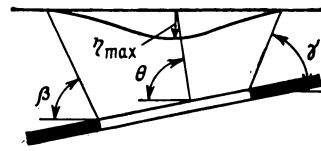


Рис. XII.11. Угол максимальных оседаний

за границы мульды сдвига принимаются точки с оседаниями 15 мм или горизонтальными деформациями растяжения $0,5 \cdot 10^{-3}$.

Различают граничные углы на разрезе вкрест простирания β_0 , γ_0 , β_{01} (рис. XII.10) и на разрезе по простиранию δ_0 .

На величину граничных углов существенное влияние оказывают глубина разработки, угол падения пластов и плотность пород. Количественно эта связь в условиях Донбасса выражается следующим образом:

а) в не подработанной ранее толще:

$$\beta_0 = 75^\circ - 0,8\alpha \text{ при } H > 200 \text{ м,}$$

$$\beta_0 = 80^\circ - 0,8\alpha - \rho \frac{H_0}{H} \text{ при } H < 200 \text{ м,}$$

$$\gamma_0 = 80^\circ - \rho \frac{H_0}{H} \text{ при } H > 200 \text{ м,}$$

$$\gamma_0 = 75^\circ \text{ при } H < 200 \text{ м,}$$

минимальные значения β_0 и γ_0 равны 25° ;

б) в подработанной ранее толще:

$$\beta_0 = 75^\circ - \alpha \text{ при } H > 200 \text{ м,}$$

$$\beta_0 = 80^\circ - \alpha - \rho \frac{H_0}{H} \text{ при } H < 200 \text{ м,}$$

$$\gamma_0 = 75^\circ - 0,2\alpha \text{ при } H > 200 \text{ м,}$$

$$\gamma_0 = 80^\circ - 0,2\alpha - \rho \frac{H_0}{H} \text{ при } H < 200 \text{ м,}$$

$$\delta_0 = 75^\circ,$$

минимальные значения β_0 и γ_0 равны 20° .

В приведенных выше выражениях ρ — радиан ($57^\circ,3$), α — угол падения пластов.

Граничные углы используются главным образом для предрасчета сдвижений и деформаций поверхности.

Центр мульды сдвижения при горизонтальном залегании располагается над серединой выработанного пространства, а при наклонном — сдвинут относительно нее на угол θ (рис. XII.11). Угол θ называется углом максимальных оседаний и определяется он углом со стороны падения пласта, образованным на вертикальном разрезе в главном сечении мульды вкрест простирания горизонтальной линией и линией, соединяющей середину выработки с точкой на поверхности, испытавшей максимальные оседания, или с серединой плоского дна мульды.

При большой величине отношений линейных размеров выработанного пространства к глубине залегания на поверхности может образоваться обширная площадь, все точки которой осядут на равную и максимальную в данных условиях величину. Дальнейшее расширение выработки не ведет к увеличению оседания поверхности, последняя рассматривается находящейся в условиях *полной подработки*. В противном случае подработка называется *неполной*.

Определение зоны полной подработки производится с помощью углов *полных сдвижений*, которыми называются внутренние относительно выработанного пространства угла, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды линий пласта и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с границами плоского дна мульды сдвижения.

Различают углы полной подработки на разрезе вкрест простирания: ψ_1 — со стороны падения, ψ_2 — со стороны восстания

выработанного пространства и на разрезе по простиранию, ψ_3 — с обеих сторон выработанного пространства (рис. XII.12).

Для характеристики процесса сдвижения часто используется коэффициент подработанности, под которым понимается отношение длины очистной выработки к минимальной ее длине, необходимой для полной подработки земной поверхности по данному направлению. Применяются два коэффициента подработанности: по линии падения и по линии простирания пласта.

Обозначим через D_1 и D_2 фактические размеры выработки по падению и простиранию залежи, соответственно через D_{01} и D_{02} минимальные размеры, необходимые для полной подработки. Коэффициент подработанности по направлению падения пласта

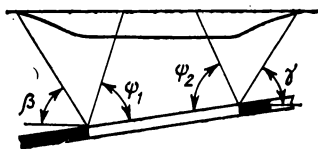


Рис. XII.12. Углы полной подработки

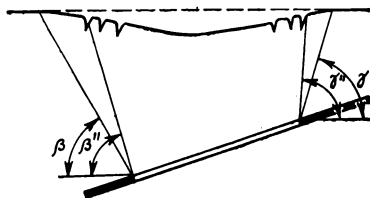


Рис. XII.13. Углы разрывов (обрушения)

выразится как отношение $n_1 = \frac{D_1}{D_{01}}$; по простиранию пласта $n_2 = \frac{D_2}{D_{02}}$.

Важным показателем степени подработанности является отношение длины лавы D к глубине горных работ H , при котором наступает условие полной подработки. Полная подработка считается при $n_1 \geq 1$ и $n_2 \geq 1$.

В ряде случаев при сдвижении поверхности возникают трещины.

Зона мульды сдвижения, в которой наблюдаются трещины, оконтуривается углами разрывов (обрушения), которыми называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения горизонтальной линией и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с ближайшими к краям мульды трещинами на земной поверхности (рис. XII.13). Различают углы разрывов на разрезе вкрест простирания пласта β'' и γ'' и по простиранию пласта δ'' .

Оседание поверхности η благодаря простоте наблюдений изучено значительно полнее других параметров. Оседание поверхности является вертикальной составляющей вектора сдвижения.

Принято различать максимальное оседание при полной подработке η_0 и неполной подработке η_m .

Вертикальные деформации возникают вследствие неравномерности оседаний и характеризуются наклонами, кривизной и радиусом кривизны.

На рис. XII.14 точки 1, 2, 3 — реперы на поверхности до подработки; 1', 2', 3' — то же, после подработки; η_1, η_2, η_3 — оседания соответствующих реперов; S_{1-2}, S_{2-3} — расстояния между точками до подработки.

Наклон интервала поверхности определяется по отношению к его первоначальному положению. Например, наклон отрезка 2—3 после подработки выражается углом i_{2-3} . На практике о величине наклона судят по разности оседаний крайних точек интервала, отнесенной к первоначальной его длине

$$i_{2-3} = \frac{\eta_3 - \eta_2}{S_{2-3}}.$$

Рис. XII.14. Определение вертикальных деформаций

Наклон соседних интервалов мульды сдвижения в большинстве случаев неодинаков. Эта неравномерность оседаний дает второй вид вертикальных деформаций — кривизну. Значение неравномерности оседаний поверхности характеризуется разностью углов наклона двух соседних отрезков

$$K_2 = \frac{i_{2-3} - i_{1-2}}{\frac{S_{1-2}}{2} + \frac{S_{2-3}}{2}},$$

т. е. кривизна в мульде — отношение разности наклонов соседних интервалов к полусумме этих интервалов.

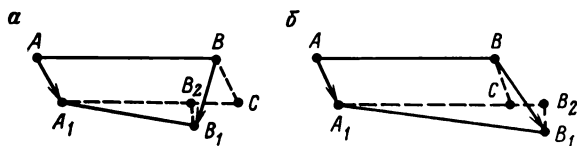


Рис. XII.15. Определение горизонтальных деформаций при сжатии (а) и растяжении (б)

Радиусом кривизны R является величина, обратная кривизне.

Горизонтальные деформации — одна из наиболее важных характеристик процесса сдвижения поверхности. Рассмотрим совместное движение двух точек поверхности: A и B (рис. XII.15). В результате сдвижения точка A переместилась в точку A_1 , а B — в точку B_1 . В случае сжатия отрезка AB соотношение между векторами AA_1 и BB_1 будет таково, как это показано на рис. XII.15, а, а в случае растяжения — как на рис. XII.15, б.

Проведем через точку B линию, параллельную и равную вектору $\overline{AA_1}$. Очевидно, вектор $\overline{A_1B_1}$ характеризует расстояние AB после деформаций поверхности. Относительная горизонтальная деформация будет

$$\varepsilon_{AB} = \frac{\overline{AB} - \overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}.$$

Таким образом, горизонтальная деформация (растяжение—сжатие) является укорочением или удлинением длины интервала, отнесенными к первоначальной длине. Горизонтальная деформация — величина безразмерная.

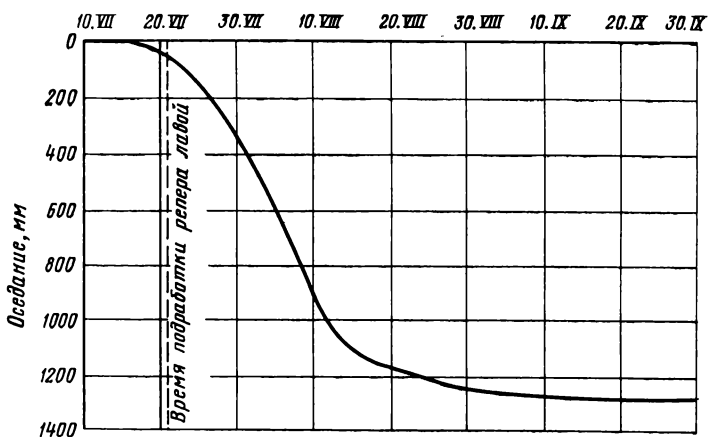


Рис. XII.16. Кривая оседания репера для условий Томь-Усинского месторождения

Продолжительность процесса сдвижений представляет интерес главным образом при оценке возможности возведения сооружений на подрабатываемой площади. В процессе сдвижения принято различать три стадии: начальную, активную и затухающую. Под *начальной* стадией процесса сдвижения понимается отрезок времени, во время которого происходит возникновение процесса. В большинстве случаев начальная стадия сдвижения протекает до подхода забоя под наблюдаемую точку. Скорости оседания начальной стадии составляют от десятых долей до 1—1,5 мм/сут. Под *активной* стадией принято считать период, когда скорость оседания превышает 50 мм/мес при пологом оседании и 30 мм/мес при крутом залегании пласта. Процесс сдвижения считается законченным на ту дату наблюдений, после которой сумма оседаний в течение 6 мес не превышает 30 мм.

Длительность всего процесса сдвижения в основном зависит от глубины горных работ, мощности пласта, физико-механических свойств пород. На рис. XII.16 показана кривая оседания репера

во времени для условий Томь-Усинского месторождения. Глубина горных работ 100 м, мощность вынимаемого слоя 2 м, преобладающее значение в разрезе имеют песчаники и алевролиты.

Как видно из графика, процесс сдвижения происходит быстро: активная стадия протекает всего лишь 30—35 сут, скорости оседаний в этот период достигают 35—40 мм/сут.

На рис. XII.17 показана кривая оседания репера для условий Донбасса. Глубина работ 740 м, мощность пласта 1 м. Здесь уже нет бурно протекающей активной стадии: темпы роста оседаний значительно меньше, чем в первом примере, продолжительность активной стадии 13—14 мес.

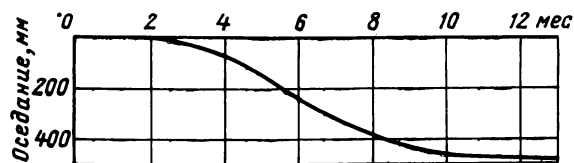


Рис. XII.17. Кривая оседания репера для условий Донбасса

В табл. XII.1 приводятся данные, характеризующие продолжительность процесса сдвижения для различных бассейнов страны.

Т а б л и ц а XII.1

Глубина разработки, м	Общая продолжительность процесса сдвижения, мес.					Период опасных деформаций, мес.				
	Донбасс	Кузбасс	Карагандинский бассейн	Кизеловский бассейн	Челябинский бассейн	Донбасс	Кузбасс	Карагандинский бассейн	Кизеловский бассейн	Челябинский бассейн
До 50	—	8—12	—	—	8	—	3	—	—	2
100	12	12—18	5—10	9	8—16	3—4	6	2—4	4	2—4
200	24	18—24	10—17	18	16—24	4—6	10	4—8	7	4—6
300	36	24—36	17—24	24	—	6—8	12	8—10	8	—
400	48	—	—	—	—	4—6	—	—	7	—
500	60	—	—	—	—	2—4	—	—	—	—
и более	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

В Подмосковном бассейне общая продолжительность процесса сдвижения около 15 мес, опасный период для поверхностных сооружений — 6 мес.

Траектория движения точек и распределение величины сдвижений и деформаций в пределах мульды сдвижения имеют вполне определенные закономерности. По мере подвигания забоя точки поверхности при приближении забоя сдвигаются ему навстречу. Затем после того, как забой пройдет под точкой, поворачиваются

в сторону удаляющегося забоя и, наконец, при достаточном удалении забоя точки начинают двигаться по вертикали вниз (рис. XII.18).

При решении задач, связанных с охраной поверхностных сооружений, необходимо знать распределение величин сдвижения и деформаций в пределах мульды. Обычно достаточно ограничиться распределением в мульде следующих элементов:

наибольшего значения вертикальной и горизонтальной составляющих сдвижения;

величины наибольших деформаций в главных сечениях мульды по простиранию и вкрест простирания пласта;

наибольшего наклона;

наибольшей кривизны;

наибольшего растяжения и сжатия.

На рис. XII.19 показаны кривые, характеризующие распределение деформаций поверхности на разрезе вкрест простирания при пологом залегании пласта (здесь кривая 1 — вертикальные сдвижения, кривая 2 — горизонтальные сдвижения, кривая 3 — горизонтальные деформации).

При горизонтальном залегании и пологом падении кривые наклонов, как правило, повторяют форму кривых горизонтальных сдвижений. Кривые кривизны повторяют кривые горизонтальных деформаций.

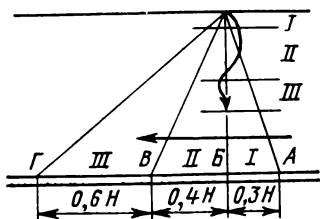


Рис. XII.18. Траектория сдвижения точки А. Н. Медянцеву)

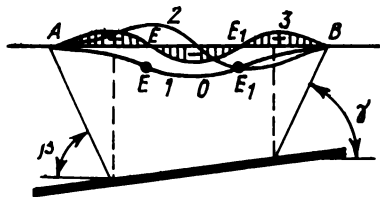


Рис. XII.19. Распределение деформаций поверхности в мульде сдвижений при слабонаклонном залегании пласта

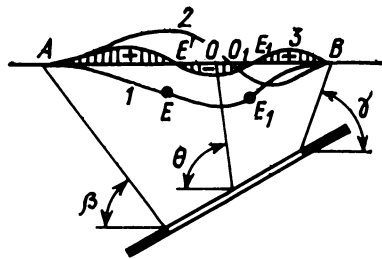


Рис. XII.20. Распределение деформаций и сдвижений поверхности в мульде сдвижения при наклонном падении пласта

При горизонтальном залегании пласта кроме граничных точек A и B важными точками являются точки E , E_1 и O . Последняя является местом наибольшего оседания, наименьшего горизонтального сдвижения и наибольшего сжатия. Точки E и E_1 являются точками перегиба кривой оседаний. К этим точкам приурочены наибольший наклон, наибольшее сдвижение и нулевая горизонтальная деформация. Наибольшее растяжение находится приблизительно по середине между точками перегиба и границей мульды.

При наклонном залегании (рис. XII.20) указанные соотношения изменяются. С увеличением угла наклона залежи увеличиваются асимметрия кривой I в сторону восстания: точка с нулевым горизонтальным сдвижением не совпадает с точкой наибольшего оседания, точки E и E_1 располагаются несимметрично относительно точек O и O_1 (отсюда несимметричный вид кривых). С дальнейшим увеличением угла падения пласта резко увеличивается асимметрия сдвижения поверхности.

§ 56. Факторы, обуславливающие процесс сдвижения горных пород

На процесс сдвижения горных пород оказывают влияние физико-механические свойства горных пород и условия их залегания, угол падения залежи, глубина залегания горных пород, вынимаемая мощность залежи, наличие и мощность насосов и рельеф поверхности, степень подработанности массива, система разработки месторождений полезных ископаемых.

Физико-механические свойства горных пород и условия их залегания. Уже само состояние горных пород в значительной степени предопределяет характер сдвижения горных пород. Так, при раздельнозернистых породах, обладающих небольшой связностью (сцеплением), сдвижение протекает бурно, резко отражаясь на поверхности. При этом часто образуются уступообразные трещины. Типичным примером может служить Подмосковский угольный бассейн, где посадка кровли при глубине горных работ 40—50 м сказывается на поверхности уже через 2—3 ч.

Пластичные породы, например глинистые сланцы, способствуют развитию пластических деформаций. Процесс сдвижения происходит равномерно и плавно вслед за подвиганием забоя лавы. Сдвижение поверхности происходит плавно с небольшими разрушениями поверхностных сооружений.

Значительно осложняют протекание процесса сдвижения пльвуны. Были отмечены случаи, когда пльвуны, залегающие в подрабатываемой толще, резко выполаживали углы сдвижения. Подработка пльвунов сопровождается большой их водоотдачей, что вызывает опускание поверхности иногда далеко впереди забоя.

Большое влияние на характер сдвижения оказывает строение месторождения. Чередование в толще пластов крепких и слабых пород приводит к появлению вторичных осадков основной кровли. Вторичные осадки проявляются в тех случаях, когда в непосредственной кровле залегают слабые, быстро обрушающиеся породы, а выше их — слои (пачка) крепких пород, которые периодически зависят на больших площадях. Внезапные обрушения этих пачек вызывают повышенное давление как в очистных, так и в прилегающих к ним подготовительных выработках, иногда приводящие даже к авариям и завалам лав.

Угол залегания залежи является одним из важнейших факторов, определяющих как качественную, так и количественную сторону процесса сдвижения. С углом падения связан характер сдвижения покрывающей толщи: для крутого падения характерно значительное развитие сдвига слоев пород, при горизонтальном и пологом залегании основной вид деформаций — прогиб слоев. Крутому залеганию соответствует преобладание горизонтальной составляющей вектора сдвижения, при пологом залегании — вертикальной составляющей.

Наблюдениями установлено, что при прочих равных условиях большие деформации претерпевают те сооружения, под которыми отбатываются пласты с более крутым углом падения. Так, в условиях Донбасса, где для пологого залегания при глубине 200—250 м выемка не вызывает появления трещин на поверхности, отработка крутых пластов даже при глубине 600 м сопровождается появлением значительных трещин разрыва.

Увеличение угла падения залежи влечет за собой изменение положения мульды относительно выработанного пространства, т. е. происходит ее смещение в сторону падения пласта. С углом падения залежи связано распределение в мульде наиболее опасных зон.

Еще первые исследователи вопросов горных пород подметили связь между углом сдвижения β и углом падения залежи α . Действительно, если обратиться к Правилам охраны сооружений для различных угольных бассейнов, то можно легко установить функциональную зависимость между углом падения пласта и величиной угла сдвижения $\beta = 90 - k\alpha$ (где k — некоторый коэффициент). Для месторождений, сложенных крепкими породами (например, в Донбассе), коэффициент $k = 1$. Для менее прочных пород коэффициент меньше единицы, причем чем слабее породы, слагающие месторождение, тем меньше коэффициент k .

Глубина горных работ существенно влияет на величину сдвижения пород, время и скорость его проявления. С увеличением глубины разработки уменьшается величина сдвижения, процесс приобретает более плавный и менее опасный для поверхностных сооружений характер. Но заметное уменьшение оседаний поверхности с увеличением глубины наблюдается до определенной глубины. Увеличение глубины горных работ всегда приводит к увеличению продолжительности процесса сдвижения.

Мощность вынимаемой залежи. Мощность пласта по сравнению с глубиной горных работ оказывает на сдвижение обратный эффект: чем больше вынимаемая мощность, тем резче происходит процесс сдвижения и тем больше горизонтальные и вертикальные деформации. При значительной мощности залежи зона плавного прогиба может полностью отсутствовать, и сдвижение поверхности в этом случае происходит в виде обрушения с образованием террас.

Над маломощными залежами процесс сдвижения в основном происходит в виде прогиба слоев. Зона обрушения получает неболь-

шее развитие в непосредственной близости к выработанному пространству.

Наличие и мощность наносов и рельеф поверхности. Перемещения точек при сдвигении в коренных породах происходят почти по нормали к напластованию. В наносах значительной мощности направление смещения происходит от краев к центру мульды. Впервые это обстоятельство было подмечено в Челябинском бассейне, где оказалось, что перемещение наносов и коренных пород на контакте со стороны восстания пласта происходит в противоположные стороны (рис. XII.21), зачастую вызывая отрыв наносов от коренных пород и, таким образом, разрушение подземных объектов.

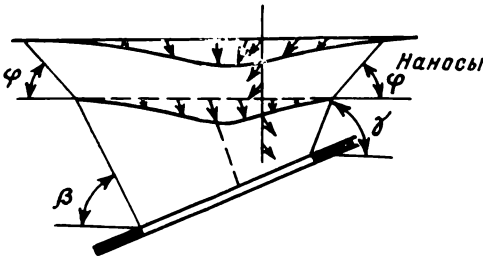


Рис. XII.21. Влияние наносов на процесс сдвигения

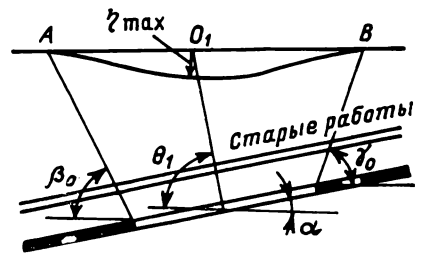


Рис. XII.22. Случай подработки полностью нарушенного массива горных пород

Влияние рельефа на процесс сдвигения существенным образом сказывается только в гористой местности, где подработкой крутых склонов часто вызываются искусственные оползни. Устойчивость горных пород к оползанию во многом зависит от угла внутреннего трения и сцепления по поверхностям скольжения. В результате сдвигения происходит разрыхление массива горных пород, которое сопровождается понижением прочностных свойств пород (в основном сцепления), что, в свою очередь, ведет к снижению устойчивости склонов и оползневым явлениям.

Нарушенность массива горных пород ранее произведенными очистными работами. Многочисленные натурные наблюдения, проведенные в различных бассейнах, показали, что ведение горных работ по нарушенной толще вызывает активизацию процесса сдвигения: увеличиваются величины деформаций, скорости и неравномерность сдвигения поверхности. Активизация процесса сдвигения происходит по следующим причинам:

1) при первичной подработке в налегающей толще образуются пустоты за счет зависания слоев горных пород. Повторная подработка в значительной степени ликвидирует зависания, вызывая лучшее уплотнение нарушенного массива;

2) первичная подработка за счет раскрытия старых и образования новых трещин снижает прочность массива. Поэтому при повторной подработке сдвигание протекает с большими скоростями, так как происходит оно в массиве горных пород с пониженными прочностными свойствами.

Повторная подработка влияет и на величину угла максимальной подработки. По данным А. Н. Медянцева, для условий Донбасса возможны следующие три случая повторной подработки:

1) толщина была ранее нарушена полностью (рис. XII.22). Угол θ определяется из выражения $\theta = 90^\circ - 0,8\alpha$;

2) верхняя половина лавы и линия, проводимая под углом γ_0 , находятся в условиях ранее нарушенной толщи (рис. XII.23).

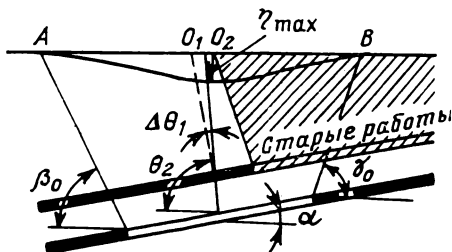


Рис. XII.23. Случай подработки массива горных пород со стороны восстания пласта

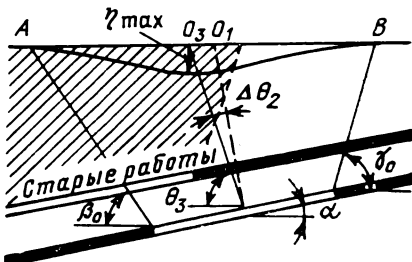


Рис. XII.24. Случай подработки массива горных пород со стороны падения пласта

В этом случае центр тяжести нарушенного ранее участка толщи смещается в сторону восстания от середины разрабатываемой лавы. В ту же сторону поворачивается линия максимального оседания на угол $\Delta\theta_1 = 0,3\alpha$. Таким образом,

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta\theta_1 = 90^\circ - 0,5\alpha;$$

3) нижняя половина лавы и линия, проведенная под углом β_0 , находятся в условиях ранее нарушенной толщи (рис. XII.24) В этом случае центр тяжести нарушенного ранее участка толщи смещается вниз по падению, в ту же сторону отклоняется линия максимального оседания на угол $\Delta\theta_2 = 0,2\alpha$. Откуда угол

$$\theta_3 = \theta_1 - \Delta\theta_2 = 90^\circ - 0,6\alpha.$$

При выемке сближенных пластов или одного пласта на нескольких горизонтах наблюдается выполаживание углов сдвигания. Но при послойной выемке мощных пластов, наоборот, происходит некоторое увеличение угла сдвигания (Челябинский бассейн, Томь-Усинское месторождение).

Система разработки. Основными параметрами системы, влияющими на процесс сдвигания, являются высота этажа

и длина выемочного поля, способ управления кровлей, скорость подвигания забоя, полнота выемки полезного ископаемого.

Высота этажа и длина выемочного поля имеют одинаковое значение: они определяют форму мульды сдвижения. При небольших размерах выработанного пространства получают развитие чашеобразные мульды. С увеличением их размеров происходит переход от чашеобразной к тарелкообразной мульде сдвижения.

Способом управления кровлей, лучше всего сохраняющим поверхность от сдвижений, является закладка выработанного пространства. Роль закладки заключается в том, что она, уменьшая размер пустот, поддерживает породы, замедляя и уменьшая до известной степени процесс сдвижения.

Роль закладки зависит от ее качества. Сплошная сухая закладка уменьшает объем пустоты выработанного пространства всего на 40%, т. е. уплотнение достигает 60%. Наиболее благоприятный эффект на сдвижение поверхности оказывает мокрая закладка. Величина оседания поверхности при тщательном выполнении мокрой закладки может составлять до 3% мощности пласта. В обычных случаях при мокрой закладке оседания поверхности достигают 8—10%. Характер оседаний поверхности при этом становится весьма плавным и спокойным; подрабатываемые сооружения, даже весьма громоздкие, оседают плавно, не претерпевая заметных повреждений. Коэффициент уплотнения различных видов закладки по данным ВНИМИ приведен ниже.

Гидравлическая закладка	15—5
Пневматическая закладка	20—10
Самотечная закладка при крутом падении:	
порода в мелких кусках	25—15
порода в крупных кусках	40—25

При сплошной системе разработки, особенно при длинных лавах и полном обрушении кровли, сдвижение поверхности происходит плавно и равномерно. При столбовых и камерно-столбовых системах с обрушением кровли, когда в выработанном пространстве оставляются целики на небольшом расстоянии друг от друга, покрывающая толща последними разламывается на отдельные блоки, а образующиеся при этом трещины часто доходят до поверхности, вызывая большую неравномерность оседания.

По вопросу влияния частичной закладки (бутовые полосы) на характер сдвижения поверхности существуют противоречивые мнения. Вероятно, все зависит от характера кровли. Если в кровле твердые породы, то последние, оседая на бутовые полосы, раздавливают их и вместе с ними плавно оседают. В этих случаях происходит уменьшение оседаний. В тех же случаях, когда пространство между бутовыми полосами заполняется обрушенной породой непосредственной кровли, сдвижение поверхности по своей величине будет такое же, как и при работах с полным обрушением.

§ 57. Наблюдения за сдвижением горных пород

Устройство поверхностных наблюдательных станций. Поверхностной наблюдательной станцией принято называть систему закрепленных точек (реперов), заложенных в грунте или сооружении (рис. XII.25). Реперы, как правило, закладываются по профильным линиям, располагаемым по простиранию и вскрест простирания залежи. В горных, лесистых и сильно застроенных районах допускается излом профильных линий.

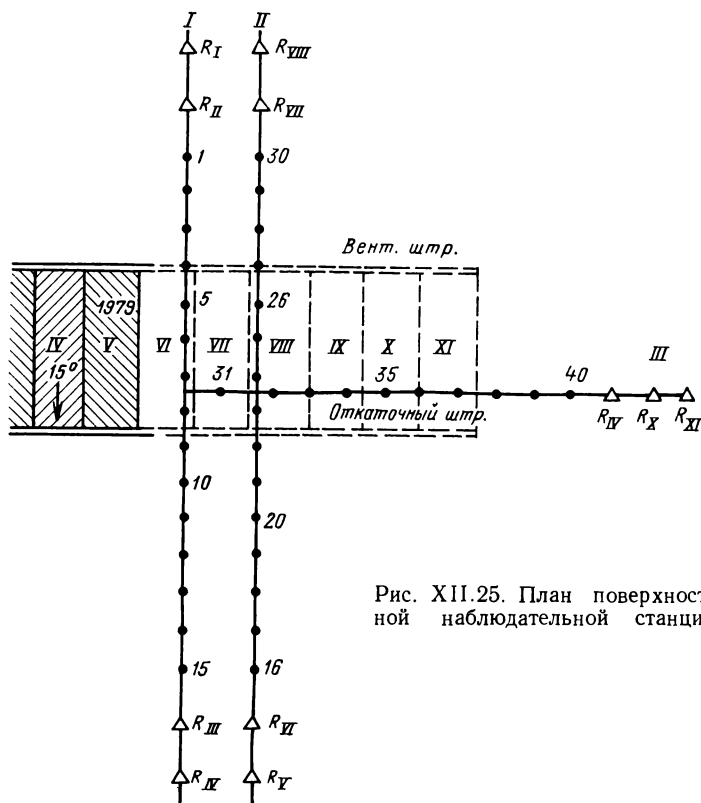


Рис. XII.25. План поверхностной наблюдательной станции

При изучении условий подработки железных дорог, трубопроводов и прочих вытянутых объектов профильные линии могут располагаться по диагонали к простиранию пласта. В некоторых случаях, например при подземной газификации, станции закладываются в виде сеток.

Различают следующие типы наблюдательных станций.

Долговременные, которые закладывают с целью получения основных параметров сдвижения земной поверхности при выемке свиты пластов или одного пласта на нескольких гори-

зонтах. Продолжительность существования долговременных станций и наблюдений на них составляет не менее трех лет.

Рядовые станции, которые закладывают с целью получения основных параметров сдвижения земной поверхности от одного-двух пластов на одном горизонте. Продолжительность существования станций и наблюдений на них составляет от одного года до трех лет.

Кратковременные станции закладывают при глубине горных работ не более 250 м для получения отдельных параметров сдвижения земной поверхности, скоростей вертикального и горизонтального сдвижения, углов сдвижения по простирающему пласту над движущимся забоем и т. п. Продолжительность существования станций и наблюдений на них составляет от одного до пяти месяцев.

Специальные станции закладывают с целью детального изучения отдельных вопросов сдвижения горных пород или деформаций поверхностных сооружений, например для изучения влияния подработки на сооружения, взаимосвязи деформаций сооружений и грунта, влияния подработки на фильтрационные свойства налегающей толщи, выбора рациональных параметров системы разработки и т. п.

Перед закладкой наблюдательной станции составляется ее проект, который состоит из пояснительной записки и графических приложений.

Графический материал проекта должен содержать: 1) совмещенный план поверхности и горных работ с нанесением профильных линий наблюдательной станции (масштабы плана 1 : 500, 1 : 1000 или 1 : 2000), на нем указываются границы шахтного поля, состояние горных работ на момент составления проекта и дальнейшее их развитие, предполагаемая зона сдвижения, тектонические нарушения, проект привязки опорных пунктов; 2) геологические разрезы по профильным линиям с отражением на них горных выработок; 3) конструкции опорных и рабочих реперов.

В геологической части пояснительной записки проекта должно быть освещено: структура месторождения, форма и условия залегания залежи, возраст пород, тектонические нарушения, степень обводненности различных слоев, мощность и характер рыхлых отложений. Особое внимание уделяется описанию физико-механических свойств пород. При характеристике трещиноватости следует привести данные об элементах залегания трещин и их развитии в налегающих породах и залежи полезного ископаемого.

В горной части записки кратко описываются системы разработки с указанием порядка и времени отработки отдельных участков земли и целиков, способов управлений кровлей, крепления очистного пространства и т. п. Должны быть поставлены задачи, которые будут решаться в результате наблюдений на станции, определены объем и продолжительность наблюдений, сроки и точность отдельных измерительных операций и т. д. При определении цели

наблюдений должно быть приведено краткое описание изученности поставленной задачи, проанализированы и приведены имеющиеся на предприятии ранее поставленные наблюдения.

Место заложения наблюдательной станции определяется положением горных работ и задачей наблюдений. Удобной для наблюдений является ровная, мало застроенная местность, расположенная в стороне от погрузочных путей и дорог.

В связи с тем, что изучение сдвижения горных пород и поверхности в ряде случаев проводят для решения возможности подработки водных объектов, определения оптимальных параметров системы разработки, установления связи деформаций поверхности и фундаментов зданий, подработки отдельных сооружений и т. д., допускаются профильные линии располагать исходя из положения указанных объектов. Так, при установлении связи деформаций

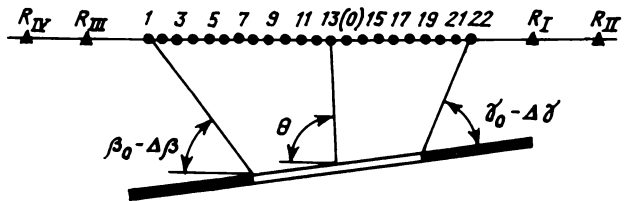


Рис. XII.26. Расчет длины профильной линии вкrest простиранья пласта

фундаментов зданий и поверхности положение профильных линий выбирается в зависимости от ориентировки сторон здания. Обычно закладывают две профильные линии вкrest простиранья и одну линию по простиранью залежи. При разработке месторождений с изменяющимися геологическими и горнотехническими условиями профильные линии закладываются над несколькими участками, отличающимися друг от друга элементами залегания, мощностью пластов, системой разработки и т. д.

Ближайшую к целику профильную линию вкrest простиранья залежи располагают на расстоянии не менее $0,85H_{cp}$ от разрезной печи или места останковки забоя (H_{cp} — средняя глубина разработки). Если забой лавы уже отошел от разрезной печи, то расстояние от нее до профильной линии определяется по формуле

$$d = H_{cp} \operatorname{ctg} \delta_0 \geq 0,85H_{cp}.$$

Вторую профильную линию закладывают параллельно первой на расстоянии 50 м.

Длина профильных линий вкrest простиранья (рис. XII.26) определяется на вертикальных разрезах по граничным углам сдвижения. На продолжении профильных линий за пределами ожидаемой зоны сдвижения закрепляются два опорных репера. Расстояние от первого опорного репера до конца рабочей части профильной линии должно быть не менее 50 м, расстояние между опорными реперами в зависимости от местных условий — 50—100 м.

Профильная линия по простиранью залежи проходит через точку мульды сдвижения с максимальными оседаниями, для опре-

деления ее на разрезе вкрест простирания из середины выработанного пространства проводится линия под углом θ до пересечения с поверхностью.

Длина профильной линии по простиранию определяется следующим образом (рис. XII.27). Место предполагаемой остановки забоя проектируется на поверхность (точка k). В сторону целика откладывается расстояние $B = H_{\text{ср}} \text{ctg} (\delta_0 - \Delta\delta)$, а в сторону выработанного пространства — расстояние, равное $1,75H_{\text{ср}}$. Таким образом, полная длина профильной линии будет

$$H_{\text{ср}} = \text{ctg} \delta_0 + 1,75H_{\text{ср}}$$

Опорные реперы закладываются по тем же правилам, которые были приняты для профильных линий вкрест простирания.

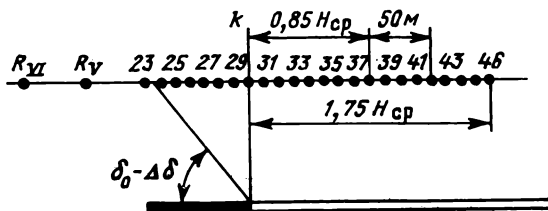


Рис. XII.27. Расчет длины профильной линии по простиранию пласта

На профильных линиях закладываются рабочие реперы, расстояние между которыми принимается в зависимости от глубины горных работ.

Глубина разработки, м	Расстояние между рабочими реперами, м
До 50	5
50—100	10
100—200	15
200—300	20
300—400	25
400 и более	30

Конструкция реперов должна обеспечить прежде всего их устойчивость и сохранность в течение длительного времени и, кроме того, быть дешевой и способствовать удобству закладки и производства наблюдений. Для долговременных и рядовых станций, как правило, реперы представляют собой забетонированные металлические трубы, штыри или обрезки рельсов. Реперы следует закладывать на глубину ниже горизонта промерзания. В качестве реперов для кратковременных станций можно использовать деревянные столбы или колья, забитые в грунт. Для сохранности реперов их части делают скрытыми под почвой на глубину 30—40 см. Для экономии металла иногда его металлическую часть делают короткой, а на остальную глубину опускают проволоку, приваренную к стержню.

Производство наблюдений. Наблюдения на поверхностных наблюдательных станциях состоят из привязки опорных реперов

станции к существующей опорной сети, первичных наблюдений на реперах станции в горизонтальной и вертикальной плоскостях и повторных наблюдений. Привязка опорных реперов наблюдательной станции в горизонтальной плоскости осуществляется триангуляционным путем или с помощью замкнутых теодолитных ходов. Допускается прокладывание висячего теодолитного хода при обязательном измерении углов и длин в прямом и обратном направлениях. Допускаемая относительная невязка теодолитного хода не должна превышать $1 : 2000$. Привязка опорных реперов в вертикальной плоскости производится от реперов и пунктов нивелирной сети с помощью геометрического нивелирования, невязка которых не должна превышать $\Delta h \leq \pm 15\sqrt{L}$, мм (где L — длина хода, км).

После привязки станции должны быть произведены первичные, а затем повторные наблюдения. Полная серия инструментальных наблюдений включает нивелирование всех реперов, определение расстояний между реперами вдоль профильных линий, определение отклонений рабочих реперов от створа профильной линии, съемку трещин, образовавшихся на поверхности, с фиксированием времени их появления, замеры деформаций сооружений.

Первое наблюдение на станции рекомендуется проводить через 7—10 сут после закладки реперов, если они бетонировались, и через 2—3 сут при забивных реперах. Начальные наблюдения проводятся два раза, и за окончательное значение берется среднеарифметическое.

Интервал времени между наблюдениями зависит от целей наблюдений. Если надо установить только конечные стадии процесса сдвижения, то повторное наблюдение достаточно произвести в конце активной стадии процесса сдвижения, продолжительность которой можно определить из следующих соотношений:

а) на участке у остановившегося очистного забоя $T = \frac{H}{C}$;

б) на участке у разрезной печи $T_1 = \frac{2H}{C}$,

где T — время от момента остановки очистного забоя до окончания активной стадии, сут; T_1 — время от начала очистных работ до окончания активной стадии, сут; H — глубина горных работ, м; C — средняя скорость продвижения забоя, м/сут.

Если надо получить более полное представление о характере процесса сдвижения, то кроме начальных и конечных наблюдений дополнительно проводится не менее четырех наблюдений в период подработки наблюдательной станции. Интервал между этими наблюдениями можно определить по формуле

$$t = \frac{H}{C}.$$

На специальных станциях в период начальной и активной стадий процесса сдвижения наблюдения проводятся не реже трех

раз в месяц, в период затухания — не реже одного раза в месяц. Проведение нивелировок на наблюдательных станциях следует проводить по нормам нивелирных ходов IV класса.

На всех типах станций измерение расстояний между реперами вдоль профильной линии производится стальными компарированными рулетками. Измерение горизонтальных перемещений поперек профиля (ординат) производится ординатометром, который представляет собой линейку с миллиметровыми делениями с перемещающимся по ней движком, который с помощью отвеса центрируется над репером.

После контрольных проверок полевых измерений производится вычисление сдвижений и деформаций поверхности и построение их графиков. Вычисление оседаний осуществляется по формуле

$$\eta = H_n - H_{n-1};$$

наклона по формуле

$$i = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{S};$$

кривизны по формуле

$$K = \frac{i_n - i_{n-1}}{S_{cp}};$$

горизонтальных сдвижений по формуле

$$\xi = D_2 - D_1;$$

горизонтальных деформаций по формуле

$$\varepsilon = \frac{S_n - S_{n-1}}{S},$$

где η — величина оседания репера; H_n — абсолютная отметка репера предыдущего наблюдения; H_{n-1} — абсолютная отметка

Т а б л и ц а XII.2

№ репера	1-е наблюдение 2.III.1978, м	2-е наблюдение 6.VI. 1978, м	1—2, мм	3-е наблюдение 19.VIII. 1978, м	2—3, мм	1—3, мм	4-е наблюдение 12.I. 1979, м	3—4	1—4
1	109,725	109,725	0	109,725	0	0	109,725	0	0
1	109,252	109,252	0	109,252	0	0	109,252	0	0
2	108,854	108,853	1	108,851	2	3	108,848	3	6
3	108,898	108,897	1	108,891	6	7	108,883	8	15
4	109,252	109,250	2	109,237	13	15	109,227	10	25
5	109,411	109,408	3	109,388	20	23	109,377	11	34
6	109,302	109,297	5	109,275	22	27	109,255	20	47
7	109,481	109,474	7	109,431	43	60	109,407	24	74
8	109,097	109,088	9	109,002	86	95	108,969	33	128
9	108,791	108,777	14	108,623	154	168	108,584	39	207
10	108,731	108,716	15	108,427	289	304	108,362	65	369

Таблица XII.3

№ перера	Длина интервала, м	1-е — 2-е		(2.III — 6.VI.1978)			1-е — 3-е (2.III — 19.VIII.1978)			1-е — 4-е (2.III — 12.I.1979)						
		Разность осе- даний концов, мм	Наклон	Разность на- клонов	Кривизна К, 1/м	Разнос кривиз- ны р м	Разность осе- даний концов, мм	Наклон	Разность на- клонов	Кривизна К, 1/м	Разнос кривиз- ны р, м	Разность осе- даний концов, мм	Наклон	Разность на- клонов	Кривизна К, 1/м	Разнос кривиз- ны р, м
1	56,262	0	0	+0,1	+0,03	+33,3	0	0	+0,3	+0,01	+100,0	0	0	+0,6	+0,02	+50,0
1	9,893	+1	+0,1	-0,1	-0,01	-100	+3	+0,3	+0,1	+0,01	+100,0	+6	+0,6	+0,3	+0,03	+33,3
2	10,031	+0	+0	+0,1	+0,01	+100	+4	+0,4	+0,4	+0,04	+25,0	+9	+0,9	+0,1	+0,01	+100,0
3	10,002	+1	+0,1	0,0	0,00	+100	+8	+0,8	0,0	0,00	0,00	+10	+1,0	-0,1	-0,01	-100,0
4	10,134	+1	+0,1	+0,1	+0,01	+100	+8	+0,8	-0,4	-0,04	-25,0	+9	+0,9	+0,4	+0,04	+25,0
5	10,062	+1	+0,1	0,0	0,00	+100	+4	+0,4	+1,9	+0,19	+52,5	+13	+1,3	+1,5	+0,15	+67,5
6	9,951	+2	+0,2	0,0	0,00	+100	+23	+2,3	+2,1	+0,21	+47,5	+27	+2,7	+2,6	+0,26	+38,5
7	9,943	+2	+0,2	+0,3	+0,03	+33,3	+45	+4,5	+2,8	+0,28	+35,7	+57	+5,7	+2,5	+0,25	+40,0
8	9,972	+2	+0,2	+0,3	+0,03	+33,3	+73	+7,3	+5,2	+0,52	+19,2	+79	+7,9	+8,5	+0,85	+11,8
9	10,051	+5	+0,5	-0,4	-0,04	-25,0	+136	+13,6	+13,5	+13,5	+13,5	+163	+16,3	+16,4	+16,4	+16,4
10		+1	+0,1													

Т а б л и ц а XII.4

№ репера	1-е наблюдение 2.III.1978, м	2-е наблюдение 6.VI.1978, м	2—1, мм	3-е наблюдение 19.VIII.1978, м	3—1, мм	4-е наблюдение 12.I.1979, м	4—1, мм
1	56,262	56,262	0	56,262	0	56,262	0
2	66,155	66,155	0	66,160	+5	66,160	+5
3	76,186	76,188	+2	76,198	+12	76,196	+10
4	86,188	86,192	+4	86,202	+14	86,204	+16
5	96,322	96,330	+8	96,343	+21	96,345	+23
6	106,384	106,399	+15	106,414	+30	106,415	+31
7	116,335	116,355	+20	116,382	+47	116,385	+50
8	126,278	126,302	+24	126,348	+70	126,353	+75
9	136,250	136,268	+18	136,362	+112	136,377	+127
10	146,301	146,316	+15	146,506	+205	146,549	+248

репера последующего наблюдения; i — наклон кривой оседания; K — кривизна кривой оседания; i_n, i_{n-1} — величины наклонов последующего и предыдущего интервалов; ξ — горизонтальные сдвигения; D_2, D_1 — расстояния от опорного репера до данного репера из последующего и предыдущего наблюдений; ε — горизонтальная деформация; S_n, S_{n-1} — длины интервалов из последующего и предыдущего наблюдений; S_{cp} — полусумма длин предыдущего и последующего интервалов.

Вычисление деформаций и сдвижений земной поверхности производится в специальных ведомостях. Ведомость оседаний приведена в табл. XII.2.

Ведомость деформаций приведена в табл. XII.3, горизонтальных сдвижений — в табл. XII.4, горизонтальных деформаций — в табл. XII.5.

§ 58. Расчет сдвижений горных пород

При решении вопросов подработки необходима предварительная оценка будущих деформаций поверхности, которая должна дать возможность сделать оценку ожидаемого воздействия на сооружения подземных разработок. Предварительный расчет сдвижений горных пород может производиться двумя путями: 1) с помощью сбора и анализа фактического материала и использования его для прогноза и 2) на базе построения общей теории сдвижения горных пород и поверхности. Второй путь является более перспективным, но он более труден.

Первые попытки создания методов предрасчета деформаций земной поверхности были предприняты в конце XIX и начале XX вв. Но широкое развитие методов предрасчета получило в последние 20—30 лет.

Немаловажное место в методах предрасчета сдвижений занимают максимальные оседания, величина которых может быть вы-

Таблица XII.5

№ интервала	1-е наблюдение 2.III.1978, м	2-е наблюдение 6.VI.1978, м	2—1, мм	Деформация (1.10—9)	3-е наблюдение 19.VIII.1978, м	3—1, мм	Деформация (1.10—9)	4-е наблюдение 12.I.1979, м	4—1, мм	Деформация (1.10—9)
1—1	56,262	56,262	0	0,0	56,262	0	0	56,262	0	0,0
1—2	9,893	9,893	0	0,0	9,898	+5	+0,5	9,898	+5	+0,5
2—3	10,031	10,033	+2	+0,2	10,038	+7	+0,7	10,036	+5	+0,5
3—4	10,002	10,004	+2	+0,2	10,004	+2	+0,2	10,008	+6	+0,6
4—5	10,134	10,138	+4	+0,4	10,141	+7	+0,7	10,141	+7	+0,7
5—6	10,062	10,069	+7	+0,7	10,071	+9	+0,9	10,070	+8	+0,8
6—7	9,951	9,956	+5	+0,5	9,968	+17	+1,7	9,970	+18	+1,9
7—8	9,943	9,947	+4	+0,4	9,966	+23	+2,3	9,968	+25	+2,5
8—9	9,972	9,966	-6	-0,6	10,014	+42	+4,2	10,024	+52	+5,2
9—10	10,051	10,048	-3	-0,3	10,144	+93	+9,3	10,172	+121	+12,1

числена несколькими способами. Определенный интерес представляет способ постоянства объемов мульд сдвижения, предложенный Д. А. Казаковским, в котором использовано предположение о том, что при сдвижении пород происходит прогиб слоев, уменьшающийся при удалении по нормали от выработки. Однако объемы мульд оседания, рассмотренные на различных расстояниях от очистной выработки, равны между собой. Это положение хорошо иллюстрируется схемой, показанной на рис. XII.28 (здесь L'_0, L_0 — размеры мульд сдвижения на границе полных и неполных сдвижений соответственно на разрезах вкрест простирания и по простиранию пласта).

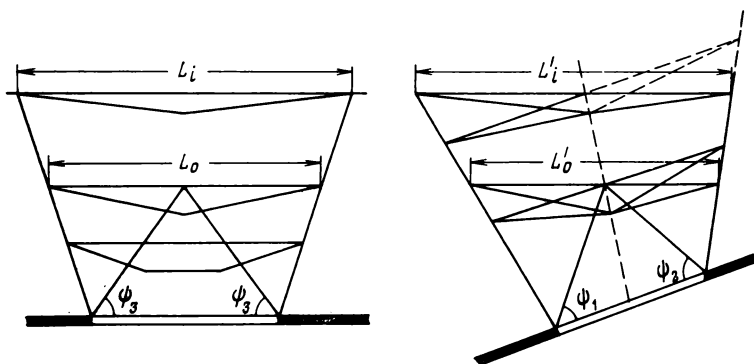


Рис. XII.28. Схема предрасчета сдвижений, в которой используется постоянство объемов мульд

Для определения величины максимального оседания используются два коэффициента, позволяющие учитывать степень затухания сдвижения при неполной подработке как вкрест простирания k_1 , так и по простиранию пласта k_2 .

Максимальное оседание на поверхности определяется из выражения

$$\eta_{\max} = \eta_0 k_1 k_2,$$

где η_0 — вертикальная составляющая полного вектора сдвижения в условиях полной подработки.

Д. А. Казаковский рассмотрел следующие возможные случаи определения максимальной величины оседания:

1) на разрез по простиранию фиксируется полная, а на разрезе вкрест простирания — неполная подработка

$$k_1 = \frac{L'_0}{L_i}; \quad k_2 = 1,$$

2) полная подработка имеет место как вкрест простирания, так и по простиранию пласта

$$k_1 = 1; \quad k_2 = 1,$$

3) в обоих сечениях имеет место неполная подработка

$$k_1 = \frac{L'_0}{L'_i}; \quad k_2 = \frac{L_0}{L_i}.$$

При определении возможности подработки поверхностных объектов часто недостаточно данных только о величине максимальных оседаний, необходимо знать характеристики сдвижений и деформаций по всей протяженности главных сечений мульды.

Одним из первых в нашей стране уравнение кривой оседания при выемке пологих пластов угля дал проф. С. Г. Авершин

$$\eta(x) = \eta_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13l} \right)^{4,54} e^{2,13 \frac{l}{x}},$$

где $\eta(x)$ — оседание точки с абсциссой x , равной расстоянию от точки максимального оседания; η_{\max} — наибольшее оседание; l — расстояние от точки максимального оседания до точки перегиба кривой оседания; e — основание натурального логарифма. Им же в результате теоретических исследований и обработки большого фактического материала выявлены следующие свойства кривой оседания:

максимум растяжений совпадает с точкой наибольшей кривизны кривой оседания или с точкой, в которой вторая производная кривой оседания достигает наибольшего значения;

нуль деформаций совпадает с точкой перегиба кривой оседания, т. е. с точкой, в которой вторая производная кривой оседания обращается в нуль;

максимум сжатий соответствует точке наибольшего оседания, т. е. точке, где первая производная кривой оседания обращается в нуль, а вторая производная достигает максимума по абсолютной величине.

Во ВНИМИ создан метод предрасчета сдвижений, основанный на данных многочисленных наблюдений за сдвижением поверхности. Ниже показаны формулы предрасчета, пригодные для условий Донецкого угольного бассейна [15].

1. Максимальное оседание при первичной подработке и угле падения $\alpha = 0 - 70^\circ$

$$\eta_m = q_0 m \cos \alpha \sqrt{t_1 t_2},$$

где m — вынимаемая мощность пласта; α — угол падения пласта; q_0 — коэффициент ($q_0 = 0,75$ — в районах залегания антрацитов; $q_0 = 0,80$ — в районах залегания каменных углей при мощности наносов менее $0,3H$; $q_0 = 0,85$ — в районах залегания каменных углей при мощности наносов более $0,3H$);

$$t_1 = 0,9 \left(\frac{D_1}{H} - \frac{\Delta D}{H} \right); \quad t_2 = 0,9 \left(\frac{D_2}{H} - \frac{\Delta D}{H} \right)$$

(здесь D_1 и D_2 — размеры очистной выработки соответственно по падению и простиранию пласта; H — средняя глубина разработки;

$\frac{D}{H} = 0,4$ — в районах залегания антрацитов; $\frac{D}{H} = 0,25$ — в районах залегания каменных углей при мощности наносов менее $0,3H$; $\frac{D}{H} = 0,20$ — в районах залегания каменных углей при мощности наносов более $0,3H$).

2) Максимальный наклон при угле падения пластов от 0 до 70°

$$i_0 = \left(1,6 - \frac{a}{\rho} \right) \frac{m}{H},$$

где $a = 0,3$ — в районах залегания антрацитов и в районах залегания каменных углей при мощности наносов не менее $0,3H$; $a = 0,4$ — в районах залегания каменных углей при мощности наносов более $0,3H$.

3) Максимальная кривизна выпуклости и вогнутости при $\alpha < 45^\circ$ в полумульде по падению и при $\alpha \leq 70^\circ$ в полумульде по восстановлению

$$K_0 = \frac{\eta_{\max}}{L^2} S''(z)_{\max},$$

где η_{\max} — максимальное оседание; L — длина полумульды, определяемая графически по граничным углам и углу максимального оседания при неполной подработке или по граничным углам и углам полных сдвижений при полной подработке; $S''(z)_{\max}$ — функция типовой кривой (она табулирована, определяется в зависимости от коэффициента подработанности).

4) Максимальный радиус кривизны

$$R_{\min} = \frac{1}{K_0} = \frac{L^2}{\eta_{\max} S''(z)_{\max}}.$$

5) Максимальное горизонтальное сдвижение в мульде при угле падения α от 0 до 70° :

а) по линии простираения пласта

$$\xi_{03} = a\eta_{\max},$$

б) по линии вкрест простираения пласта

$$\xi_{01} = (a + 0,7\rho)\eta_{\max},$$

где $\rho = \operatorname{tg} \alpha - \frac{h}{H}$

(здесь h — мощность наносов и меловых отложений).

В том случае, если величина $\operatorname{tg} \alpha - \frac{h}{H}$ отрицательная, ρ принимают равным нулю.

6) Максимальные горизонтальные деформации (растяжения и сжатия) вкрест про-

стирания пласта при угле падения α от 0 до 70°

$$\varepsilon_0 = \left[0,6 + \frac{a}{\rho} - \frac{h}{H} \left(\frac{a}{\rho} - 0,4 \right) \right] \frac{m}{H} \cos \alpha.$$

Обозначения здесь прежние.

7) Значения величин движений и деформаций в любых точках мульды сдвижения определяются исходя из максимальных величин сдвижений или деформаций и соответствующих функций типовых кривых:

$$\begin{aligned} \eta_{(x)} &= \eta_{\max} S(z); \\ i_{(x)} &= \pm \frac{\eta_{\max}}{L} S'(z); \\ k_{(x)} &= \frac{\eta_{\max}}{L^2} S''(z); \\ \xi_{(x)} &= \eta_{\max} F(z); \\ \varepsilon_{(x)} &= \frac{\eta_m}{L} F'(z). \end{aligned}$$

Функции типовых кривых $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$, $F(z)$, $F'(z)$ выражают собой закономерности изменения величин оседания, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в мульде. Они установлены в результате массовых инструментальных измерений сдвижения земной поверхности.

§ 59. Меры охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок

Вопросы охраны сооружений и зданий от повреждений в результате выемки под ними полезного ископаемого приобрели в последние годы большое значение, особенно в таких угольных бассейнах, как Донецкий, Кузнецкий, Карагандинский, Львовско-Волынский, Челябинский и др., так как подработка ведет или к значительному удорожанию стоимости полезного ископаемого, или к большим потерям угля в предохранительных целиках.

Меры охраны зданий и сооружений выбираются в зависимости от следующих факторов: категорий охраны сооружений, конструктивных особенностей сооружений, глубины разработки и мощности пласта, системы разработки, особенностей процесса сдвижения, геологического строения участка месторождения.

Выбор конкретного способа охраны производится согласно «Правилам охраны сооружений», составленным практически для всех бассейнов страны, и «Рекомендациям по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горных работ».

Возможно применение следующих мер охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок.

1) Охрана сооружений предохранительным целиком. Эта мера охраны применяется тогда, когда другие меры не могут обеспечить сохранности объекта или являются экономически не выгодными.

2) Охрана сооружения с помощью закладки выработанного пространства является довольно эффективной мерой, но использование закладки в ряде случаев может быть затруднено по экономическим соображениям. Наибольший эффект дает гидравлическая и твердеющая закладка выработанного пространства, при которых получают наименьшие величины оседания поверхности.

3) Охрана сооружений путем применения различных режимов выемки полезного ископаемого. К ним относятся нарезка выемочных участков таким образом, чтобы сооружения располагались в той части мульды, где наименьшая неравномерность сдвижений; безостановочное интенсивное подвигание забоя очистной выработки, которое уменьшает время вредного воздействия на сооружения очистной выработки; выемка угля в обе стороны от разрезной печи, расположенной под серединой сооружения, и др.

Одним из возможных способов охраны поверхностных сооружений является оставление ленточных целиков с большим запасом прочности с расстоянием между ними, обеспечивающим устойчивость основной кровли. Так, для охраны поверхностных сооружений для одной из шахт Джезказганского месторождения был составлен проект охраны, по которому на каждые 60 м предусмотрены ленточные целики шириной 20 м. Сущность способа заключается в том, что в случае разрушения междукамерных целиков процесс обрушения локализуется на площади, заключенной между барьерными целиками. Таким образом, сдвигание (обрушение) налегающей толщи будет только в пределах свода естественного равновесия.

4) Временное изменение характера эксплуатации сооружения, подвергающегося подработке (переселение жильцов, прекращение учебного или производственного процесса и т. п.). В дальнейшем после затухания процесса сдвижения и ремонта сооружения производится нормальная эксплуатация этого объекта.

5) Перенос сооружения на участки поверхности, под которыми нет полезного ископаемого. Этот метод, безусловно, должен применяться только в крайнем случае и после тщательного экономического анализа его целесообразности.

6) Осуществление специальных конструктивных мероприятий, уменьшающих деформации зданий.

При выборе конструктивных мероприятий необходимо учитывать категории основания по ожидаемым деформациям земной поверхности, приведенные в табл. XII.6.

При небольших деформациях, когда радиус кривизны $R > 20$ км и относительная горизонтальная деформация $\epsilon < 1 \times 10^{-3}$ и при весьма больших значениях деформаций ($R < 1$ км,

Т а б л и ц а XII.6

Пределы измерения	Категория основания по деформациям земной поверхности			
	I	II	III	IV
Пределы измерения радиусов кривизны $R_{кр}$, км	1—3	3—7	7—12	12—20
Пределы измерения относительных горизонтальных деформаций $\varepsilon \cdot 10^3$	8—12	5—8	3—5	1—3
Пределы измерения наклонов земной поверхности $i \cdot 10^3$	10—20	7—10	5—7	3—5

$\varepsilon > 12,10^{-3}$), конструктивные мероприятия и специальные меры защиты сооружений нецелесообразны.

Конструктивные мероприятия снижают напряжения и деформации, возникающие в зданиях, и усиливают несущую способность конструкций, но не исключают появления мелких трещин в стенах, фундаментах и т. д., которые не мешают нормальной эксплуатации. В числе конструктивных мероприятий, применяющихся для уменьшения деформации зданий, отметим следующие.

Длинные здания целесообразно с помощью осадочных швов разрезать на отдельные отсеки, размеры которых выбираются в зависимости от конфигурации здания и его конструктивной схемы. Осадочные швы должны располагаться рядом с внутренними поперечными стенами, их толщина выбирается таким образом, чтобы отдельные отсеки в процессе подработки работали независимо друг от друга. По вертикали здание рекомендуется разрезать на всю высоту, исключением является фундамент. Каждый отсек здания оформляется таким образом, чтобы в плане он имел замкнутый контур.

Возникающие горизонтальные напряжения в зданиях можно погашать податливыми фундаментами. Для этого делается шов, отделяющий подземную часть здания от фундамента. Шов заполняется прокладочным материалом с небольшим коэффициентом трения.

Идея фундаментных плит состоит в том, что на выровненную и уплотненную поверхность грунта укладывается железобетонная плита, разрезанная диагональными швами, заполненными эластичным материалом. На плиту насыпается слой влажного песка толщиной до 5 см и укладывается еще одна, но сплошная плита, на которой возводится здание без применения конструктивных мероприятий.

Эффективную защиту зданий от подземных разработок можно осуществить с помощью компенсационных траншей, которые сооружаются в грунте вдоль зданий. Дно траншей должно быть несколько ниже (около 50 см) отметки заложения фундамента. Компенсационные траншеи заполняются компенсаторами из листовых

волнистой стали, мелкого кокса или смесью грунта с опилками. Компенсационные траншеи в 1,5—2,0 раза снижают величину горизонтальных деформаций.

Расчет предохранительных целиков производится в соответствии с «Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок», которые в настоящее время составлены для большинства угольных месторождений и ряда рудных месторождений, и «Указаниями по охране сооружений от вредного влияния подземных разработок на месторождениях с неизученным характером сдвижения горных пород».

В Правилах и Указаниях помимо методики расчета предохранительных целиков изложены рекомендации по определению границы зоны вредного влияния подземных разработок, продолжительности процесса сдвижения, разделению охраняемых объектов на категории охраны, выбору мер охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок.

Охраняемые объекты по степени их охраны разделяются на категории, характеризующиеся назначением объектов, конструктивными особенностями и последствиями их подработки. В различных бассейнах существуют свои классификации категорий. Так, в Донбассе их 7, Кузбассе — 4, Кизеловском бассейне — 4 и т. п. Приведем к примеру разделение объектов на категории охраны в Кузнецком угольном бассейне. К I категории охраны отнесены наиболее ответственные здания и сооружения: центральные и групповые обогатительные фабрики, доменные, мартеновские, прокатные и т. п. цехи металлургических заводов, общественные здания особой значимости, сложной конфигурации с залами, имеющими пролеты более 12 м, трех-четырёхэтажные здания учебных заведений, реки Томь, Уса, Кондома и т. п.; ко II категории — вертикальные вентиляционные стволы с аварийным подъемом вместе с копрами и подъемными машинами, одно- и двухэтажные кирпичные и шлакоблочные здания учебных заведений, стационарных лечебных учреждений, детских яслей, компрессорные станции, железнодорожные мосты с пролетами до 20 м и т. п.; к III категории — вертикальные и наклонные шахтные стволы без механического подъема, закрепленные деревом или другими типами податливых крепей, вентиляционные шурфы, вентиляционные скважины, одно- и двухэтажные деревянные рубленые здания учебных заведений, лечебных учреждений, детских садов, яслей, кирпичные или железобетонные дымовые трубы высотой до 50 м, автомагистрали с бетонным покрытием и т. п.; к IV категории охраны относятся: наземные трубопроводы, железнодорожные подъездные пути МПС, автомагистрали с асфальтовым покрытием, сады-парки, трамвайные линии и т. п.

При определении целесообразности и необходимости предохранительного целика под поверхностным объектом необходимо руководствоваться величиной безопасной глубины, начиная с которой выемка полезного ископаемого не отражается вредно на поверх-

ночном сооружении. Безопасная глубина вычисляется по формуле

$$H_6 = K_6 m,$$

где m — вынимаемая мощность залежи; K_6 — коэффициент безопасности, который определяется по совокупности фактических случаев подработки, инженерно-строительных и экономических расчетов, лабораторных исследований и натуральных наблюдений за сдвижением поверхности.

Для Донецкого бассейна значения коэффициента безопасности при выемке одного пласта приведены в табл. XII.7.

Т а б л и ц а XII.7

Категория охраны	Коэффициент безопасности		Категория охраны	Коэффициент безопасности	
	$\alpha \leq 45^\circ$	$\alpha > 45^\circ$		$\alpha \leq 45^\circ$	$\alpha > 45^\circ$
I	400	500	IV	150	200
II	300	350	V	100	150
III	200	250	VI	75	75

Границы зоны опасного влияния подземных разработок определяются относительно границ выработанного пространства по углам сдвижения: в коренных породах β , γ , δ , β_1 и в наносах ϕ .

С целью создания некоторого запаса надежности охраняемого объекта площадь охраны увеличивается со всех сторон на величину предохранительной бермы, размер которой зависит от категории охраны охраняемого объекта. В условиях Донецкого бассейна размер предохранительной бермы следующий:

категория охраняемых объектов	I	II	III	IV	V	VI
ширина предохранительной бермы, м	20	15	10	5.		

Построение предохранительных целиков выполняется одним из трех возможных способов: вертикальных разрезов, перпендикуляров, в проекции с числовыми отметками.

Способ вертикальных разрезов. В способе вертикальных разрезов рассмотрим два случая: 1) построение предохранительного целика под здание методом вертикальных разрезов, 2) построение целиков под вытянутый объект методом вертикальных разрезов.

Построение предохранительного целика под зданием методом вертикальных разрезов. Требуется построить в условиях Донецкого бассейна целик для четырехэтажного каменного здания школы, имеющего в плане форму прямоугольника размером 28×45 м (рис. XII.29) и расположенного диагонально под углом 45° к простиранию пласта. Под зданием залегает пласт l_1 мощностью $m = 0,9$ м и под

углом падения $\alpha = 30^\circ$. Глубина залегания пласта под центром здания $H = 250$ м. Таким образом, кратность подрработки $\frac{H}{m} = 280$. Мощность наносов 25 м. Согласно работе [15] охраняемое здание относится ко II категории охраны (см. табл. 4.5 [15]), коэффициент безопасности $K_6 = 300$ (см. табл. 4.2 [15]), углы сдвижения в коренных породах равны: $\beta = 84^\circ - 0,8\alpha = 60^\circ$; $\gamma = 84^\circ$; $\delta = 84^\circ$ (см. табл. 2.1 [15]), в наносах $\varphi = 60^\circ$. Ширина предохранительной бермы 15 м.

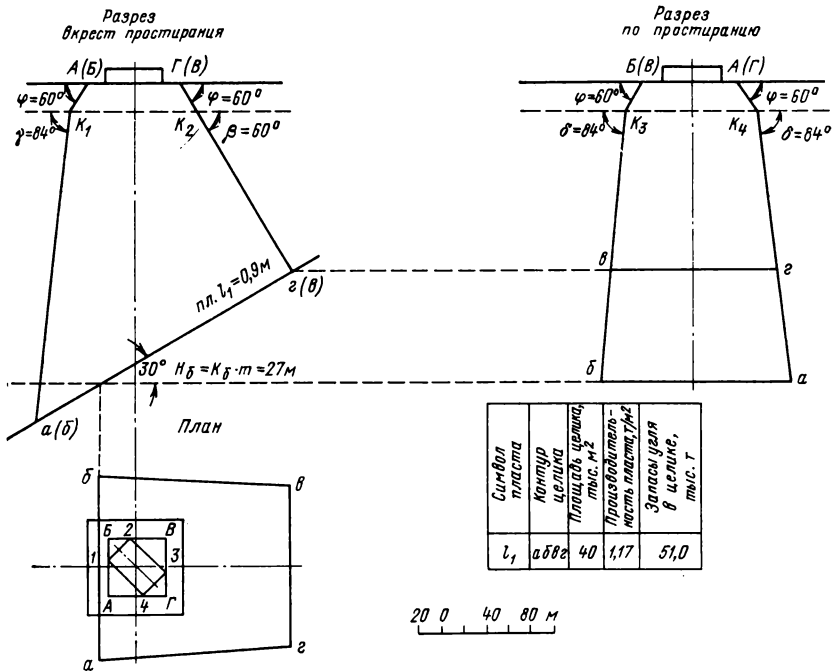


Рис. XII.29. Построение предохранительного целика под отдельное здание способом вертикальных разрезов

Построение целика начинается с того, что на плане через угловые точки 1, 2, 3, 4 проводятся линии, параллельные и перпендикулярные линии простираения пласта. Вокруг полученного прямоугольника строится берма шириной 15 м. Таким образом, получается прямоугольник $АВВГ$. Строится разрез вкрест простираения пласта, на который проектируются угловые точки здания и бермы. Через точки $A (B)$ и $\Gamma (B)$ проводятся в наносах линии под углом сдвижения $\varphi = 60^\circ$ до контакта с коренными породами. Через полученные точки K_1 и K_2 проводятся линии в коренных породах со стороны падения под углом $\gamma = 84^\circ$, со стороны восстания под углом $\beta = 60^\circ$.

Глубина безопасности $H_6 = K_6 m = 300 \cdot 0,9 = 270$ м.

В связи с тем, что часть пласта, ограниченная линией, проведенной под углом γ , находится ниже безопасной глубины, границей целика со стороны его падения будут точки a (b), являющиеся точками пересечения горизонта безопасной глубины с плоскостью пласта. Верхней границей целика являются точки z (θ), полученные при пересечении с плоскостью пласта линии сдвига, проведенной под углом β .

На вертикальный разрез по простиранию пласта также проектируются угловые точки бермы B (B) и A (Γ), через которые в наносах до пересечения с коренными породами проводятся линии под углом $\varphi = 60^\circ$. Через полученные точки K_3 и K_4 проводятся линии под углом наклона $\delta = 84^\circ$. Пересечение этих линий с линиями верхней и нижней границ целика определит размеры целика на разрезе по простиранию.

После построения проекций целика на разрезах по простиранию и вкрест простирания пласта производится построение контуров целика в плане $abvg$.

Запасы угля в предохранительном целике определяются произведением производительности пласта на общую площадь предохранительного целика.

Построение предохранительного целика под вытянутый объект способом вертикальных разрезов. Требуется построить в условиях Челябинского бурогольного бассейна предохранительный целик для полотна железной дороги (рис. XII.30), расположенного над угольным пластом диагонально к простиранию. Мощность пласта 1,3 м, угол падения 25° . Коренные породы, залегающие над угольным пластом, представлены глинистыми сланцами, аргиллитами, алевролитами. Мощность наносов 20 м. Дорога охраняется по I категории охраны. Углы сдвига $\beta = 65^\circ$ — $0,7\alpha = 47^\circ$; $\gamma = 65^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\delta = 65^\circ$.

Построение целиков для объектов, вытянутых диагонально к простиранию пласта, производится по углам сдвига: в наносах φ , в коренных породах под углом β' — со стороны восстания пласта и под углом γ' — со стороны падения пласта. Последние два угла определяются по формулам:

$$\operatorname{ctg} \rho' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \beta \cos^2 \theta + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \theta};$$

$$\operatorname{ctg} \gamma' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \gamma \cos^2 \theta + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \theta},$$

где β , γ , δ — углы сдвига для данного месторождения в главных сечениях мульды; θ — острый угол между линией простирания пласта и контуром охраняемого объекта.

Границы предохранительного целика определяются по нескольким разрезам, проводимым перпендикулярно к трассе железной дороги в характерных местах охраняемой площади (1—2, 3—4, 5—6, 7—8, 9—10). На разрезах от берм строятся следы охраняемых плоскостей вначале в наносах под углом сдвига φ

и затем в коренных породах под углами сдвижения β'_i , γ'_i . Под плотном железной дороги определяется глубина залегания угольного пласта как разность отметок земной поверхности и почвы пласта. Полученную глубину откладывают на разрезах и получают точки, через которые проводят под углом α_i линию пласта на разрезах. Угол падения пласта в плоскости разреза определяется графическим методом. Точки, получаемые при пересечении следов пласта с охранными плоскостями, переносятся на план и для определения контуров предохранительного целика соединяются прямыми линиями или плавными кривыми.

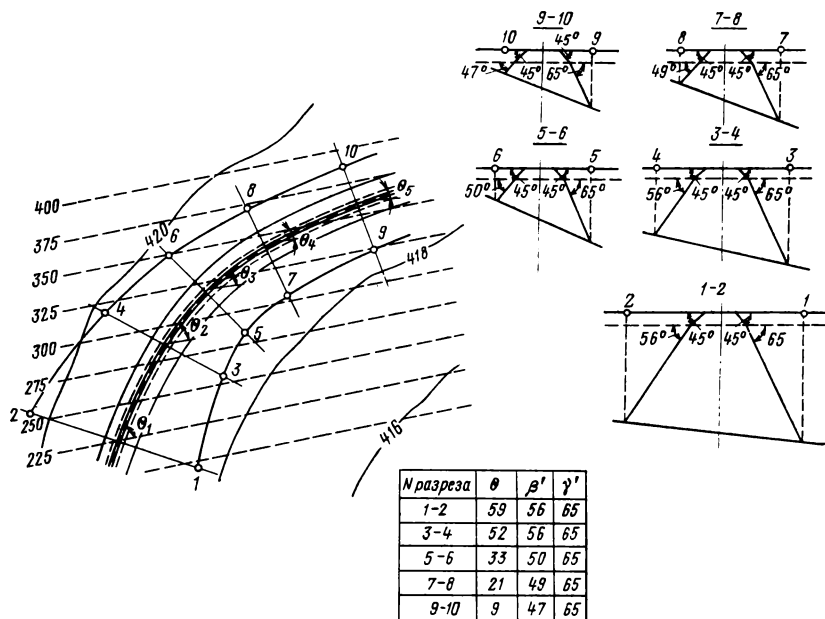


Рис. XII.30. Построение предохранительного целика под вытянутый объект способом вертикальных разрезов

Способ перпендикуляров. В этом способе границы целиков получают сразу же на плане без построения дополнительных разрезов с помощью так называемых перпендикуляров, длины которых вычисляют по формулам:

$$q = \frac{(H - M) \operatorname{ctg} \beta'}{1 + \operatorname{ctg} \beta' \operatorname{tg} \alpha \cos \theta}; \quad l = \frac{(H - M) \operatorname{ctg} \gamma'}{1 - \operatorname{ctg} \gamma' \operatorname{tg} \alpha \cos \theta},$$

где q — величина перпендикуляров в сторону восстания пласта; l — величина перпендикуляра в сторону падения пласта; H — глубина от земной поверхности до почвы пласта; α — угол падения пласта; M — мощность наносов; β' , γ' — значения углов сдвижения.

Рассмотрим для примера построение предохранительного целика для железной дороги, проходящей диагонально к простирающую пласта (рис. XII.31). В характерных местах охраняемой площади выбираются точки, в них восставляются перпендикуляры к контуру предохранительной бермы. На перпендикулярах откладываются соответствующие длины q и l . Через полученные точки $1, 2, 3, 1', 2', 3'$ проводится граница предохранительного целика. Подсчитываются запасы угля в целике.

Построение предохранительного целика для охраны двух глубоких вертикальных стволов с жесткой крепью для условий Донецкого угольного бассейна. Вертикальные шахтные стволы охраняются

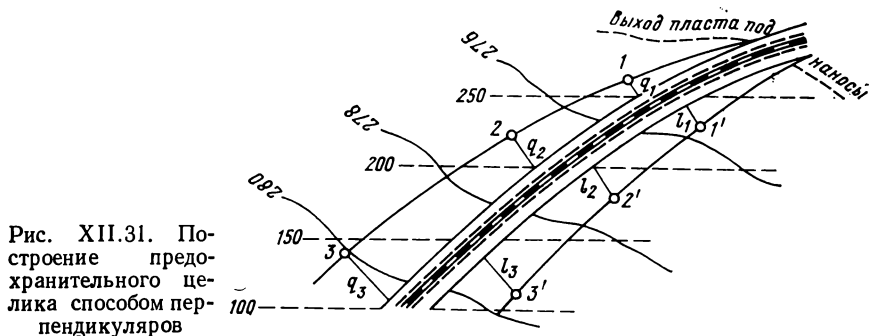


Рис. XII.31. Построение предохранительного целика способом перпендикуляров

вместе с копрами и подъемными машинами без учета безопасной глубины. Предохранительные целики могут строиться по углам сдвижения и по граничным углам. Выбор того или иного способа зависит от следующего [15]:

1) границы предохранительных целиков для всех стволов до глубины 400 м, а для блоковых, вентиляционных и воздухоподающих стволов с жесткой крепью также и при глубинах более 400 м определяются по углам сдвижения;

2) границы предохранительных целиков для глубоких главных вертикальных стволов с жесткой крепью и вентиляционных стволов с жесткой крепью со сроком эксплуатации более 20 лет, оборудованных постоянным подъемом, определяются при больших глубинах (600 м и более при $\alpha \leq 45^\circ$ и 700 м и более при $\alpha > 45^\circ$) по граничным углам.

При больших глубинах разработки для уменьшения запасов угля, консервируемых в целиках, рекомендуется построение предохранительных целиков криволинейного очертания. Ниже рассмотрим пример построения такого целика.

Охране подлежит площадь, на которой расположены стволы с копрами, надшахтные здания и здания подъемных машин (рис. XII.32). Угол падения пласта $l_1 = 15^\circ$, мощность пласта 1,2 м, наносы отсутствуют. Глубина залегания пласта по оси ство-

лов 900 м. Стволы расположены по простиранию пласта. Проектная глубина разработки 1050 м.

В связи с большой глубиной стволов контур предохранительного целика должен определяться по граничным углам:

$$\beta_0 = 75^\circ - 0,8\alpha = 75^\circ - 0,8 \cdot 15^\circ = 63^\circ;$$

$$\gamma_0 = \delta_0 = 75^\circ.$$

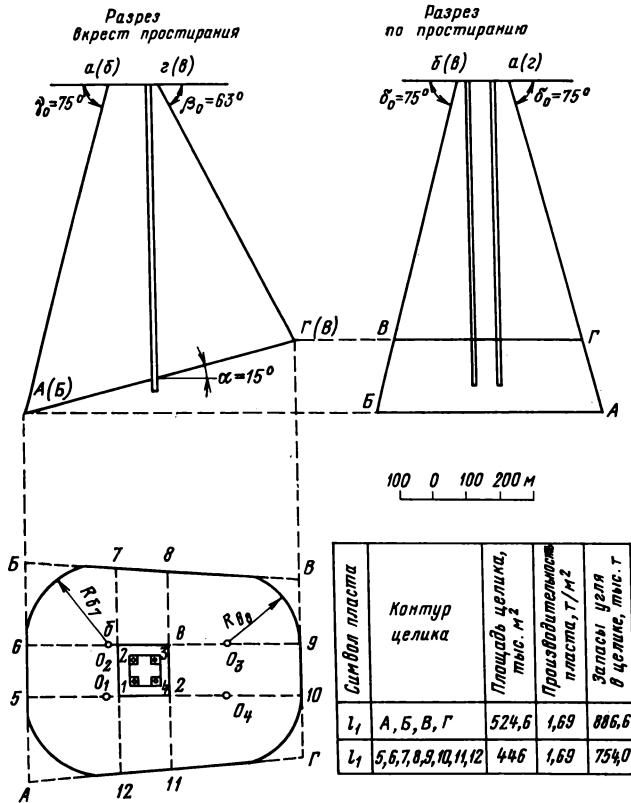


Рис. XII.32. Построение предохранительного целика под вертикальный ствол

Построение целика начинается с определения площадки, на которой расположены охраняемые здания. Для этого на плане через угловые точки охраняемых объектов параллельно падению и простиранию пласта проводятся линии, при их пересечении образуется прямоугольник 1234. Вокруг полученного контура строят берму шириной 20 м, в результате получают контур *абвг*.

На разрезах вкрест простирания и по простиранию строят разрезы, на которых отмечают границы охраняемого участка и оси стволов. С помощью граничных углов строят целик трапециевидной формы *АВВГ*. Для этого на разрезе вкрест простиранию из точки *а* (*б*) проводят линию под граничным углом $\gamma_0 = 75^\circ$, из

точки $г$ ($г$) — под граничным углом $\beta_0 = 63^\circ$. Их пересечение с пластом угля определяет нижнюю и верхнюю границы предохранительного целика. На разрезе по простиранию из точек $б$ ($г$), $а$ ($г$) проводят линии под углом $\delta_0 = 75^\circ$, которые определяют боковые границы целика.

По проекциям, полученным на разрезах вкрест и по простиранию пласта, строят третью проекцию — план.

На плане через берму проводят линии до их пересечения с контуром целика (точки 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). После этого выбирают радиусы для закругления углов целика. Причем радиусы должны быть: один для закругления углов A и B , другой — для закругления углов B и $Г$.

За радиусы закругления выбирают соответственно расстояния $бб$ или $б7$ и $в8$ или $в9$. В каждой паре определяется кратчайшее расстояние, оно и является радиусом закругления.

В нашем случае из точек O_1, O_2 радиусом $R_{б7}$, из точек O_3, O_4 радиусом $R_{в8}$ проводят дуги окружностей. Таким образом, производят построение на плане криволинейного контура целика. После этого подсчитываются запасы угля в целике.

СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

§ 60. Общие сведения

Сдвигение горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых является важным вопросом, определяющим как экономику добычи, так и безопасность труда горнорабочих. Открытый способ разработки стал преобладающим при добыче руд черных и цветных металлов и неметаллических руд. В ближайшие годы удельный вес открытой добычи угля достигнет 50—55%. При открытой разработке наблюдается постоянная тенденция непрерывного роста глубины карьеров. В настоящее время осуществляются проекты отработки Баженовского асбестового месторождения до глубины 680 м, Хибинского апатитового месторождения до глубины более 500 м, Бачатского угольного разреза до глубины 540 м.

Подсчитано, что при глубине карьера 500 м увеличение угла наклона борта карьера на 1° ведет к увеличению объема вскрыши 1 км длины борта на 6 млн. м³. Если учесть, что в нашей стране объемы вскрышных работ исчисляются более чем 2 млрд. м³ пустой породы, то становится очевидным, какое актуальное значение с точки зрения экономики горного производства имеют в настоящее время вопросы повышения устойчивости бортов карьеров и какое еще большее значение они приобретут в будущем. Завышенные углы бортов карьеров ведут к возникновению обрушений и оползней горных пород. Обрушения бортов, имеющих угол наклона более 30—35°, представляют большую опасность для людей и механизмов. Часты случаи, когда в процесс оползания борта карьера вовлекались большие массы (до десятков млн. м³), нарушавшие нормальный технологический режим эксплуатации месторождения.

Так, в США на руднике Юнайтед Верде произошел оползень породного уступа объемом 380 тыс. м³. При его ликвидации и для придания борту карьера безопасного угла откоса было удалено около 4 млн. м³ пустой породы. На Бингамском карьере (США) в результате сдвигения 16 млн. м³ породы засыпало половину карьера и все находившиеся в нем механизмы. На карьере Клетвиц (ГДР) оползание отвалов привело к разрушению транспортно-отвального места.

В нашей стране в 1964 г. при ликвидации оползня на Магнитогорском карьере потребовалось отгрузить дополнительно около

2 млн. м³ горной массы. На ряде угольных разрезов произошли оползни, в которых в движение пришло по 5—6 млн. м³ горной массы.

Потеря устойчивости (сдвигение) бортов и уступов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых связана главным образом с изменением напряженного состояния нетронутого массива, вызванного проведением горных выработок. Разрушение горных пород происходит под действием касательных напряжений, которые при определенной величине вызывают в массиве необратимые деформации сдвига по поверхностям, называемым поверхностями скольжения.

Все многообразие деформации пород бортов карьеров может быть разделено на 5 видов: осыпи, обрушения, оплывины, просадки и оползни. Особенности отмеченных видов деформаций горных пород заключаются в следующем.

Осыпи характеризуются тем, что с верхней части откоса происходит постепенное скатывание небольшими объемами сыпучих масс в нижнюю часть. Такое перемещение происходит в том случае, когда угол откоса больше угла внутреннего трения при практическом отсутствии сцепления пород.

Обрушения — быстрое смещение породных масс по поверхности скольжения, которыми могут являться: поверхности, ослабленные геологическими нарушениями и трещиноватостью; плоскости напластования, падающие в сторону почвы карьера; вновь возникшие поверхности.

Для предотвращения обрушений проектирование борта и уступов карьера производится с обязательным учетом особенностей слагающего массива. Возможно применение соответствующих искусственных мероприятий, повышающих устойчивость горных пород.

Опывины происходят в породах, способных насыщаться водой и в результате переходить из твердого в текучее состояние. Чаще всего опывины наблюдаются при насыщении влагой рыхлых и высокопористых отложений (лессов, лёссовидных суглинков и т. п.) до консистенции текучести и при выносе песчаных частиц фильтрующимся потоком. Устраняются опывины с помощью дренажа.

Просадки — вертикальное опускание прибортовых участков рыхлых породных масс без образования сплошной поверхности скольжения. Причинами их возникновения могут быть: уплотнение отвалов рыхлых пород, которое усиливается при увлажнении; насыщение водой высокопористых отложений; наличие слабых пластических слоев в основании откоса.

Оползни характеризуются тем, что движение пород происходит медленно, процесс продолжается в течение длительного времени и сдвигению подвергаются большие горные массивы. При оползнях происходят пластические деформации в движущемся массиве. В движении могут принимать участие как коренные породы, так и породы отвалов.

Наблюдаемые на карьерах оползни пород Г. Л. Фисенко классифицирует следующим образом.

Оползни изотропных массивов, характеризующиеся тем, что они не связаны с наличием в массиве поверхностей ослабления. Поверхность скольжения имеет вид плавной кривой, заканчивающейся вверху вертикальной трещиной (рис. XIII.1).



Рис. XIII.1. Схема оползня изотропного массива

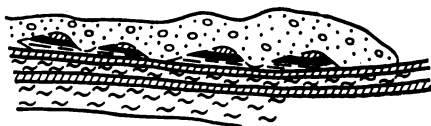


Рис. XIII.2. Схема покровного оползня

Покровные оползни, происходящие в рыхлых водонасыщенных породах, расположенных на склоне твердых пород и при отсутствии регулирования стока дождевых вод (рис. XIII.2).

Фильтрационные оползни из-за выноса фильтрующимся потоком слабосвязанных частиц (рис. XIII.3), являющиеся результатом подкапывания откоса.

Глубинные оползни слоистых пород лежачего бока, которые чаще всего проявляются на участках, сложенных слабыми глинистыми породами и где слои имеют слабое или наклон-

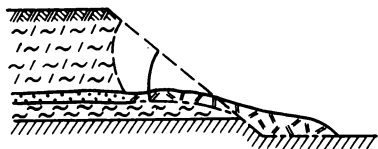


Рис. XIII.3. Схема фильтрационного оползня

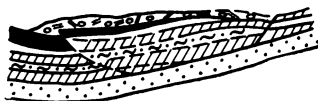


Рис. XIII.4. Схема глубинного оползня слоистых пород

ное падение в сторону выработанного пространства (рис. XIII.4). Причиной возникновения этих оползней в большинстве случаев являются напорные воды в породах лежачего бока.

Оползни-надвижки характеризуются тем, что в нижней части оползня поверхность скольжения проходит по ослабленному контакту между слоями или по слабому пластическому прослойку, полностью пересеченному бортом, а средняя и верхняя части поверхности скольжения пересекают слои пород (рис. XIII.5).

Оползни выпирания происходят в тех случаях, когда в основании бортов залегают слои слабых пластичных глин, прочность которых значительно меньше прочности вышележащих пород (рис. XIII.6).

Контактные оползни, возникающие в тех случаях, когда производится подрезка обводненных контактов полого залегающих слоев глинистых пород и дизъюнктивных нарушений, заполненных глиной трения.

При деформациях отвалов возможны следующие виды оползней.

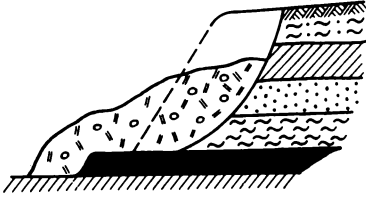


Рис. XIII.5. Схема оползня-надвига

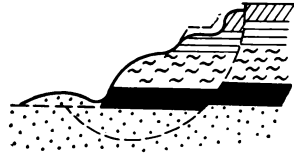


Рис. XIII.6. Схема оползня выпирания

Надпочвенные оползни, происходящие при слабых песчано-глинистых породах отвалов, расположенных на устойчивом основании (рис. XIII.7).

Подпочвенные оползни отвалов возникают в тех случаях, когда отвалы размещаются на пластичных обводненных породах лежащего бока (рис. XIII.8). Основной причиной возник-

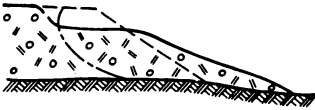


Рис. XIII.7. Схема надпочвенного оползня пород отвала

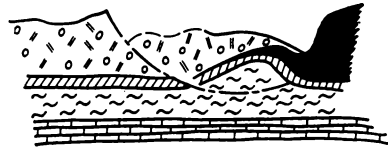


Рис. XIII.8. Схема подпочвенного оползня пород отвала

новения подпочвенных оползней является небольшая прочность пород основания отвалов.

Подпочвенные оползни отвалов наблюдаются в тех случаях, когда в основании отвалов залегают наклонно-слоистые породы с незначительными сдвиговыми характеристиками по контактам слоев.

§ 61. Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров и отвалов

Устойчивость откосов определяется соотношением сил, удерживающих откос, и сил, стремящихся его сдвинуть. На величину отмеченных сил оказывают влияние многие факторы.

Прочность горных пород. Определение устойчивых углов наклона бортов карьеров (откосов) по существу является задачей

теории предельного равновесия, согласно которой прочность горной породы можно охарактеризовать следующим уравнением:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + k,$$

где τ — касательное напряжение по площадке сдвига, кгс/см²; ρ — угол внутреннего трения пород; σ_n — нормальное напряжение на площадке сдвига, кгс/см²; k — коэффициент сцепления пород, кгс/см².

Реальные горные породы представляют собой сложную среду, обладающую неравномерностью (анизотропией) свойств. Основной причиной, вызывающей анизотропность механических свойств, является структура — различные поверхности ослабления (напластование, трещиноватость и пр.). Из-за анизотропии законы геометрического подобия, используемые для изотропных твердых тел (металлов, пластмасс и т. п.), не могут быть применены к массивам горных пород.

Механические свойства в массиве отличаются от свойств, полученных на образцах. Для определения свойств в массиве производятся специальные испытания на сдвиг больших призм, оконеченных в местах их естественного залегания (in situ).

Опыты, проведенные с большим количеством массивов горных пород, показали, что из двух параметров (сцепление и угол внутреннего трения), характеризующих сопротивление сдвигу, наиболее изменчивым является сцепление.

Угол внутреннего трения в массиве, когда поверхность скольжения не совпадает с поверхностями контактов между слоями, можно принять равным углу внутреннего трения, определенного при испытаниях на срез образцов горных пород. В табл. XIII.1 приведены значения углов внутреннего трения для некоторых пород.

Т а б л и ц а XIII.1

Литологическое наименование породы	Угол внутреннего трения в куске, градус	Угол естественного откоса, градус
Песчаники	36	34—36
Алевролиты	33	
Аргиллиты	27—30	33—35
Известняки	34	
Метаморфические сланцы	29	
Кварцевые порфиры и гранодиорит-порфиры	36	35
Сиениты и порфириты	35	

Углы внутреннего трения по контактам слоев принимаются равными углу трения, полученному по результатам лабораторных испытаний на трение по этим поверхностям. В табл. XIII.2 пока-

Т а б л и ц а XIII.2

Породы	Углы трения в зависимости от характера поверхности, градус			
	неровные шероховатые	ровные шероховатые	неровные гладкие	гладкие ровные
Порфиры, роговики, джеспилиты, крепкие песчаники	28—31	24—28	22—27	20—26
Вторичные кварциты, гранодиориты, кварцевые порфиры, гранодиорит-порфиры, скарнированные породы, сиениты, диориты, алевролиты	25—28	22—25	20—23	17—20
Известняки, метаморфические сланцы, магнетиты	24—27	23—25	20—22	16—19
Глинистые сланцы, аргиллиты	23—26	21—23	18—20	15—18
Филлиты, талькохлоритовые и сецицитовые сланцы	23—25	20—22	13—15	9—12

заны некоторые значения для угла трения, полученные при испытаниях по контактам слоев и трещин.

Механические свойства горных пород в массиве (особенно сцепление) не только отличаются от свойств в образце, но и являются величинами переменными, зависящими в значительной степени от соотношения размеров деформирующегося объекта, размера структурного блока и прочности горной породы в образце.

Для учета размеров структурного блока и их влияния на прочностные свойства массива предложено использовать различные коэффициенты структурного ослабления. Профессор Г. Л. Фисенко для определения величины сцепления в массиве по направлению, не совпадающему с поверхностями ослабления, использует эмпирическую формулу

$$k_m = \frac{k_k}{1 + a \ln \frac{H}{l}},$$

где k_k — сцепление в массиве и образце, кгс/см²; a — коэффициент, определяемый по табл. XIII.3; $\frac{H}{l}$ — отношение высоты борта к среднему размеру структурных блоков.

Таким образом, для оценки механических характеристик массивов горных пород необходимо знание особенностей трещиноватости. Изучение трещиноватости должно выявить основные и второстепенные системы трещин, установить удельный вес каждой из систем в общей массе трещин, пространственные углы между системами трещин, оценить интенсивность трещиноватости, характер ее размещения в карьерном поле, значение каждой из систем трещин в структуре месторождения, ее влияние на устойчивость откосов.

Т а б л и ц а XIII.3

Группа пород	Наименование пород и характер трещиноватости	Величина сцепления в куске, кгс/см ²	Величина коэффициента α	
III	Слабоуплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения, сильноветрелые, полностью каолинизированные изверженные Уплотненные песчано-глинистые, в основном с нормально-секущей трещиноватостью	4—9	0,5	
		10—20		
II	Сильнокаолинизированные изверженные Уплотненные песчано-глинистые с развитой косесекущей трещиноватостью, каолинизированные изверженные Средней крепости, слоистые, преимущественно с нормально-секущей трещиноватостью	30—80	20	
		30—80		
		100—150		3
		150—170		4
I	Крепкие, преимущественно с нормально-секущей трещиноватостью Крепкие изверженные с развитой косесекущей трещиноватостью	200—300	6	
		300	7	
		200	10	

Полевые наблюдения трещиноватости должны производиться в разведочных и дренажных выработках на естественных и искусственных обнажениях горных пород. Густота участков замера трещиноватости и их взаимное расположение определяются сложностью геологического строения месторождения или шахтного поля. Участки замеров трещин должны располагаться так, чтобы изучению был подвергнут весь комплекс горных пород и все элементы структур месторождения. Массивы горных пород, расчлененные крупными геологическими нарушениями, должны иметь каждый 1—2 участка замеров трещин. При простом строении месторождения или шахтного поля расстояние между участками замеров принимается равным 150—200 м.

На каждом участке замера трещиноватости определяются элементы залегания всех систем трещин, элементы залегания напластования и сланцеватости, линейные размеры отдельных трещин, расстояние между трещинами каждой системы, характер поверхности трещин, форма и размер структурных блоков.

Элементы залегания трещин определяются с помощью обычного или специального горного компаса. Измерению должны быть подвергнуты по возможности все трещины, которые встречаются на

площадке замера. Общее число замеров элементов залегания трещин на площадке замера определяется количеством систем трещин и характером их поверхностей. При этом следует исходить из того, чтобы каждая система трещин имела не менее 15—20 замеров элементов залегания. При сильном разбросе данных для отдельных систем число замеров увеличивается до 30.

Камеральная обработка замеров трещин состоит в определении средних значений ориентировки трещин и интенсивности трещиноватости. Определение элементов ориентировки трещин в пространстве удобнее всего производить на стереографических сетках, из которых наибольшее распространение получила равно-проемжучотная сетка. Для ее построения чертятся круг диаметром от 9 до 18 см. Радиус делится на 9 равных частей, через точки деления проводятся концентрические окружности. Через 10° проводятся радиусы.

Статистическая обработка точечной диаграммы заключается в подсчете трещин, располагающихся в определенных площадных интервалах, на основании чего производится сглаживание. Затем проводятся изолинии концентрации трещин. Статистическая обработка трещин на стереографических сетках позволяет разделить всю совокупность трещин в изучаемом массиве на системы, но это производится без учета их размещения в пространстве.

Трещины, располагаясь в горных породах на определенном расстоянии друг от друга, пересекаясь или сопрягаясь, образуют густую пространственную сетку. Первичной ячейкой подобной сетки (ее элементарной единицей) является структурный блок, ограниченный соседними трещинами.

На прочность горных пород, а следовательно, на их устойчивость, существенное влияние оказывает их выветрелость. Особенно этот фактор важен для карьеров с большим сроком службы, когда из-за выветривания происходят обрушения уступов, оползни и осыпи. В результате указанных деформаций наблюдается выполаживание первоначальных откосов с накоплением осыпей, что приводит к уменьшению ширины предохранительных и транспортных берм.

Под выветриванием понимается процесс изменения и разрушения горных пород на земной поверхности под действием природных агентов: температуры, воды, кислорода, углекислоты, живых организмов.

Склонность горных пород к выветриванию зависит в большей мере от структуры и минерального состава, а также от способности горной породы увеличивать трещиноватость.

Гидрогеологические факторы. К ним относятся подток грунтовых вод, гидростатическое и гидродинамическое давление, суффозия, выщелачивание, внезапные прорывы воды, оплывание.

Влияние как каждого из этих факторов в отдельности, так и в совокупности приводит к резкому снижению прочностных характеристик пород, а также к уменьшению сопротивления сдвигу.

Климатические факторы: количество атмосферных осадков, температурный режим района, микрорельеф, ветры.

Атмосферные осадки при отсутствии регулируемого стока приводят к обводнению песчано-глинистых пород и насыщению их влагой до состояния, когда капиллярная вода переходит в гравитационную, резко снижая силы сопротивления сдвигу и тем самым уменьшая устойчивость откосов. Существенное влияние на устойчивость горных пород оказывают температурный режим и ветры, зачастую способствуя ускорению выветривания. Микрорельеф, особенно бессточный, нередко является причиной забочности поверхности.

Горнотехнические факторы. Способ производства взрывных работ наиболее существенно влияет на устойчивость бортов, так как после взрыва в некоторой области массива его прочность не превышает 20—25% естественной. При этом во избежание оползней или обрушений приходится изменять в сторону ухудшения их эффективности параметры системы разработки (ширину площадок и берм, высоту и угол откосов, уступов и т. п.).

Из других горнотехнических факторов необходимо учитывать при оценке устойчивости откосов влияние ширины берм очистки и транспортных берм, профиль рабочих площадок, подработку бортов подземными горными выработками.

§ 62. Маркшейдерские наблюдения за деформациями горных пород при открытых разработках

Наблюдения за сдвижением горных пород при открытых разработках и обработка результатов наблюдений являются важнейшими задачами маркшейдерской службы карьеров.

Систематические наблюдения за оползневыми очагами разделяются на два основных этапа: 1) разведка и выявление оползневых очагов, 2) наблюдения оползневых очагов и разработка мероприятий по ликвидации оползневых явлений.

Подвижность откоса определяет своеобразие наблюдений, так как заложенные на откосах точки не могут долго сохраняться, особенно на уступах рабочего борта. Поэтому наблюдения нужно организовать так, чтобы в относительно небольшие сроки (3—3,5 мес.) они были закончены. Различаются два основных типа наблюдений: наблюдения видимых деформаций бортов и уступов с целью установления формы оползня и характера его развития во времени и пространстве; наблюдения участков, где нет видимых деформаций, но где они могут возникнуть и принести значительный ущерб предприятию.

В результате наблюдений должны быть установлены: характер сдвижения; размеры сдвигающегося массива; поверхности скольжения; стадии процесса сдвижения (начальная, активная, затухающая); степень опасности сдвижения пород для горных работ или сооружений на поверхности и под землей, если обработка место-

рождения ведется комбинированным способом. Для проведения наблюдений за сдвижением горных пород на борту карьера закладываются наблюдательные станции, на которых периодически (через определенные промежутки времени) производятся инструментальные наблюдения. Наблюдательные станции представляют собой систему реперов (рис. XIII.9), закладываемых на земной поверхности, на откосе борта карьера и в горных выработках исследуемого участка. Реперы закладываются по линиям, перпендикулярным простиранию борта карьера. Чтобы учесть влияние различных факторов на устойчивость бортов, профильные линии наблюдательной станции закладываются по возможности в различных горно-геологических условиях. В первую очередь профильные линии следует располагать в менее устойчивых местах борта и в местах, где имеются факторы, способствующие ослаблению устойчивости борта или отдельных уступов (крутой угол заоткоски, большая глубина карьера, подрезка слоев, наличие тектонических нарушений, обводненность и т. п.).

Длина профильных линий должна быть такой, чтобы оба или один ее конец были вне зоны ожидаемых сдвижений. При небольшой глубине профильные линии могут быть проведены через весь карьер, но в большинстве случаев на каждом борту они закладываются самостоятельно. Расстояние между реперами профильной линии зависит от глубины карьера и размеров уступов. На каждом уступе должно быть заложено не менее двух реперов: один вблизи бровки уступа, другой — у почвы вышележащего уступа. Реперы на уступах располагаются так, чтобы была обеспечена безопасность наблюдателя при работе на них. Расстояние между реперами на поверхности, в зависимости от глубины карьера принимаются следующие:

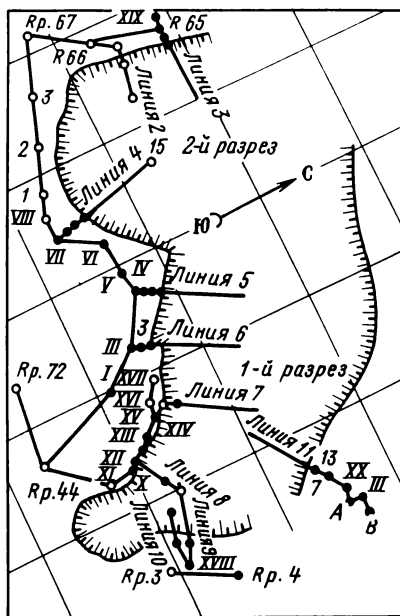


Рис. XIII.9. План наблюдательной станции

Глубина карьера, м	Расстояние между реперами, м
До 100	5—10
100—200	10—20
250 и более	20—50

На концах профильных линий имеются опорные реперы, закладываемые (не менее двух штук) с каждой стороны профильной линии. Одновременно с устройством наблюдательной станции закладывается не менее трех исходных реперов таким образом, чтобы была гарантия их сохранности. К исходным реперам привязываются опорные реперы всех линий.

Маркшейдерские наблюдения на станциях складываются из следующих операций: нивелировки всех реперов, включая опорные, измерения расстояний между реперами стальными рулетками с постоянным натяжением с помощью динамометров и замеров температуры; инструментальной съемки отдельных уступов, навалов пород, особенностей залегания пород, трещиноватости, образовавшихся смещений и т. п.

Все измерения должны производиться с контролем. Точность наблюдений должна удовлетворять следующим условиям: при геометрическом нивелировании разность превышений из двух нивелировок должна быть не более 3 мм; при измерении длин непосредственно между реперами расхождение двух измерений не должно быть более 2 мм; при тригонометрическом нивелировании разность между двумя измерениями одного и того же превышения при длинах до 10 м должна равняться 5 мм, при длинах более 10 м — 8 мм.

В результате выполнения наблюдений должна быть составлена следующая графическая документация:

1) план наблюдательной станции в масштабах 1 : 500—1 : 2000 с нанесением всех реперов профильных линий, изменений состояния и положения бортов карьеров и ситуации поверхности;

2) вертикальные разрезы по каждому профилю, на которых должно быть отмечено положение борта на моменты закладки профильной линии и данной серии наблюдений;

3) графики векторов сдвижений реперов в вертикальной плоскости (масштабы 1 : 1, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20);

4) графики скоростей сдвижения реперов по направлению векторов.

Одной из задач маркшейдерских наблюдений за оползнями является определение положения в теле откоса поверхности скольжения и установление причин их возникновения. При интерпретации результатов наблюдений по профильным линиям необходимо иметь в виду, что векторы перемещения отдельных точек, находящихся на поверхности скольжения, совпадают с перемещениями точек поверхности откоса, расположенных на нормалях к поверхности скольжения. Таким образом, по известным из маркшейдерских наблюдений векторам перемещений поверхности оползня можно, решая обратную задачу, определить положение линии скольжения.

Построение линии скольжения производится следующим образом (рис. XIII.10).

По результатам наблюдений за сдвижением оползня строят профиль откоса, на который наносят положение всех реперов и трещин, возникающих при оползне. Особенно тщательно должны документироваться трещины в верхней части и у основания оползня. На построенный профиль наносят векторы перемещений реперов, к серединам которых восставляют в сторону массива пер-

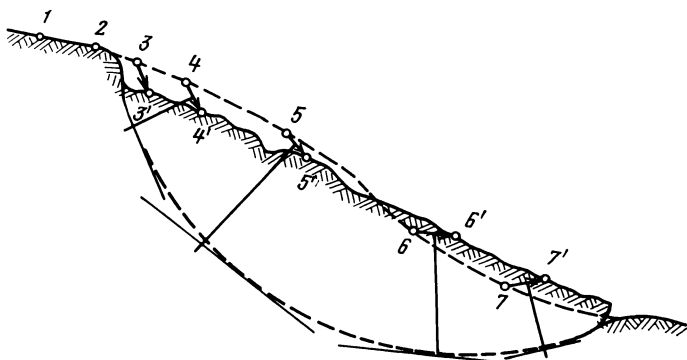


Рис. XIII.10. Определение положения поверхности скольжения по данным наблюдений за сдвижением реперов

пендикуляры. От верхней и нижней границ оползня (вверху — трещина отрыва, внизу — линия надвига) проводятся отрезки, параллельные векторам перемещения реперов на соответствующих перпендикулярах. Если при построении ломаной линии от верхней и нижней границ она не смыкается, то проводят среднюю ломаную кривую, которая затем сглаживается в плавную кривую.

§ 63. Устойчивость уступов и бортов карьеров

При проектировании, строительстве и эксплуатации карьеров важное значение имеет правильный выбор методики расчета углов наклона борта, которая должна обеспечить: устойчивость уступов и бортов карьеров, размещение на бортах необходимых съездов и бERM, экономичность работ.

Линия погашения борта может быть конструктивной, когда она соответствует профилю, отстроенному по горнотехническим условиям; устойчивой, когда борт карьера имеет минимально достаточный запас устойчивости для данных особенностей горных пород; конструктивно-устойчивой, когда оба вышеуказанных профиля совпадают или очень близки между собой.

Если для карьеров, борта которых сложены скальными необводненными породами, угол наклона, определенный по конструктивным соображениям, зачастую совпадает с устойчивым, то в случаях бортов, сложенных слабыми или сильнообводненными поро-

дами, борт, как правило, более пологий, чем отстроенный по горнотехническим условиям.

Для суждения об устойчивости откосов широко используется коэффициент устойчивости, понимаемый как отношение суммы всех удерживающих сил к сумме сил, сдвигающих оползневой клин. Для случая круглоцилиндрической поверхности скольжения (рис. XIII.11) коэффициент устойчивости определяется в следующей последовательности.

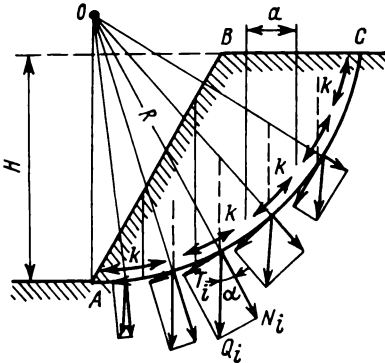


Рис. XIII.11. Определение устойчивости оползневого клина для круглоцилиндрической поверхности

1. Условно из откоса выделяется полоса, перпендикулярная простиранию откоса, шириной 1 м. Участок ABC этой полосы, ограниченной с одной стороны поверхностью скольжения, с другой — поверхностью откоса, разбивается вертикальными линиями на ряд призм шириной a .

2. Масса выделенных призм, за которую условно принимается их высота, раскладывается на две составляющие: нормальную N_i и касательную T_i к поверхности скольжения.

3. Все отрезки касательных и нормальных составляющих, измеренные в миллиметрах, суммируются и суммы умножаются на масштаб векторов, равный

$$c = \frac{a\gamma M}{1000},$$

где M — знаменатель масштаба; γ — плотность породы, т/м^3 ; a — ширина призмы, мм.

4. Измеряется длина расчетной поверхности скольжения L , после чего определяется удерживающая сила, возникающая за счет сцепления пород k .

5. Определяется коэффициент устойчивости откоса. Удерживающие силы возникают главным образом за счет трения и сцепления. Сдвигающие силы являются главным образом результатом сдвигающего действия массы оползневого клина. Возможно также действие других сил. Выражение для коэффициента устойчивости записывается следующим образом:

$$R = \frac{\sum F_{\text{тр}} + \sum F_{\text{сц}} + A}{\sum F_{\text{сдв}} + B};$$

$$\sum F_{\text{тр}} = fc \sum N_i; \quad \sum F_{\text{сц}} = kL; \quad \sum F_{\text{сдв}} = c \sum T_i,$$

где L — длина поверхности скольжения; f — коэффициент внутреннего трения пород; k — сила сцепления, приходящаяся на

единицу площади расчетной поверхности, тс/м²; $F_{\text{тр}}$ — сила трения; $F_{\text{сц}}$ — сила сцепления; A , B — другие удерживающие и сдвигающие силы.

В верхней части откоса в результате действия растягивающих усилий образуются вертикальные трещины разрыва, глубина которых может быть определена по формуле

$$H_{90} = \frac{2k \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right)}{\gamma},$$

где k и ρ — соответственно сцепление и угол внутреннего трения пород; γ — средняя плотность пород.

При расчете устойчивого положения бортов по круглоцилиндрической поверхности скольжения большую сложность представляет отыскание центра наиболее опасной дуги скольжения. Рассмотрение условия равновесия оползневой клина дает только одно уравнение, не позволяющее решать задачу сразу однозначно. Поэтому отыскание центра наиболее опасной дуги скольжения осуществляется путем подбора, что сопряжено со сложными вычислениями.

Профессор Г. Л. Фисенко предложил способ определения поверхности скольжения, использующий теорию предельного равновесия, при котором сразу определяется ее положение с наименьшим запасом устойчивости.

Согласно теории предельного равновесия элементарные площадки скольжения в однородном массиве горных пород могут возникнуть при напряжениях не менее $\sigma_s = 2k \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right)$ и эти площадки располагаются под углом $\left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right)$ к направлению наибольшего главного напряжения. В нетронутом горными процессами массиве, если исходить из гравитационного генезиса естественных полей напряжений, направление главного наибольшего напряжения совпадает с вертикалью, в некоторой же близости от поверхности откоса это направление поворачивается в сторону выемки.

Исходя из этих положений, проф. Г. Л. Фисенко рекомендует следующий порядок построения поверхности скольжения (рис. XIII.12).

1. На чертеже откоса проводим линию BD , отстоящую от поверхности откоса на расстоянии H_{90} , и одновременно вертикальную линию AB .

2. На линии BD выбираем произвольную точку D и через нее проводим линию DC под углом $45^\circ + \frac{\rho}{2}$ к линии BD . Под этим же углом из точки B проводим линию BC .

3. Из нижней точки откоса M под углом $45^\circ - \frac{\rho}{2}$ к линии откоса MA проводим линию MK .

4. На линию MK от точки M откладываем равные отрезки MP , PP' , $P'P''$, а на линии DC от точки C вниз — отрезки CC' , $C'C''$ и $C''C_0$;

5. Из точек P , P' , P'' проводим прямые линии, параллельные линии откоса MA , а из точек C' и C'' и C_0 — линии, параллельные BC . Пересечение этих линий дает точки F , F_1 , F_2 , F_3 . Через полученные точки проводим прямую FO до пересечения с линией MK .

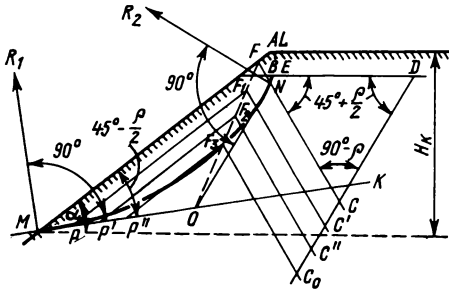
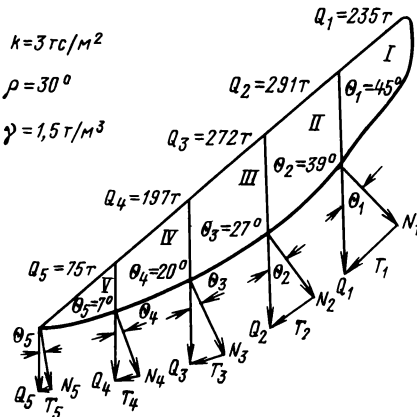


Рис. XIII.12. Определение положения поверхности скольжения по Г. Л. Фисенко

6. Из точки O проводим прямую, параллельную DC , до пересечения с линией BD в точке E .

7. Из точки N проводим перпендикуляр к линии OE , а из точки M — перпендикуляр к линии MK . Пересечение перпендикуляров дает положение центра окружности, проходящей через точки M и E . Кривая MF_3N представит собой наиболее опасное положение поверхности скольжения. Точки E и N соединяем прямой.

После проделанных операций производится проверка устойчивости откоса. Для этого в крупном масштабе строится оползне-



<i>N</i> блока	Q_i	θ_i	N_i	T_i
I	235	45°	165	165
II	291	39°	226	183
III	272	27°	243	124
IV	197	20°	185	67
V	75	7°	74	9
Σ	-	-	893	548

Рис. XIII.13. Схема расчета устойчивости оползневого клина

вой клин, который вертикальными линиями разбивается на ряд призм (рис. XIII.13). Измеряется площадь каждого блока S_i , определяется масса пород в каждой призме на 1 м фронта карьера по формуле

$$Q_i = S_i \gamma 1, \text{ т.}$$

Вертикальные линии, являющиеся границами призм, продолжаютсЯ вниз на расстояния, соответствующие в выбранном масштабе массе призм. Из точек пересечения этих линий с поверхностью скольжения восстанавливаются перпендикуляры. Для каждой призмы определяются Q_i и N_i , между которыми измеряется угол θ_i . Вычисляются N_i и T_i по формулам $N_i = Q_i \cos \theta_i$; $T_i = Q_i \sin \theta_i$ (значения N_i и T_i помещены в табл. рис. XIII.13).

Находится длина поверхности скольжения L , после чего определяется коэффициент устойчивости по формуле

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \rho \sum N_i + kL}{\sum T_i};$$

здесь ρ — угол внутреннего трения, градус; k — сцепление породы, тс/м²; L — длина поверхности скольжения, м.

Если полученный коэффициент устойчивости больше или равен заданному, то построенный борт считается устойчивым, если меньше, то неустойчивым, и необходимо или выполаживание угла его наклона, или проведение искусственных мероприятий по увеличению устойчивости массива горных пород, которые осуществляются по результатам специальных исследований, проводимых маркшейдерами непосредственно на предприятиях и в лабораторных условиях.

§ 64. Проектирование противооползневых явлений

Оползни горных пород на карьерах причиняют огромный материальный ущерб предприятиям, нарушают нормальный технологический процесс, нередко ведут к большим потерям вскрытых и готовых к выемке запасов полезного ископаемого и вызывают необходимость многократной перевалки оползающих масс, а иногда и их отгрузки.

Если параметры рабочего борта и уступов рассчитаны в соответствии с изложенной выше методикой, то их общая устойчивость должна быть обеспечена. Однако не исключено и то, что на отдельных ослабленных участках могут возникнуть оползневые очаги, ликвидацию которых можно предотвратить противооползневыми мероприятиями, среди которых следует отметить: выполаживание угла откоса уступа или борта; оставление целиков породы или полезного ископаемого в районе оползневого очага; снятие нагрузки с откоса с целью уменьшения сил, создаваемых призой активного давления; отгрузка очага оползня; искусственное упрочнение горного массива.

При проектировании противооползневых мероприятий необходимо различать случаи, когда поверхность скольжения ярко выражена в натуре (по поверхности ослабления, контактам слоев и пр.) или же является условной линией при проектировании.

В первом случае поверхность скольжения может быть представлена наиболее слабыми контактами, когда напластования

горных пород падают в сторону выработки. Роль поверхности скольжения играют также прослойки глинистых и суглинистых пород в однородной толще откоса. Поверхность скольжения может также проходить по смоченным контактам горных пород; здесь возникают поверхности ослабления, породы разуплотняются и их показатели сопротивления сдвигу уменьшаются и т. д. Примером такой поверхности может служить контакт песка с суглинком.

Во втором случае положение поверхности скольжения не обнаруживается никакими видимыми признаками и определяется только на основании маркшейдерских наблюдений за деформациями откоса или расчетным путем. При этом невозможно установить точное положение этой поверхности, однако даже прибли-

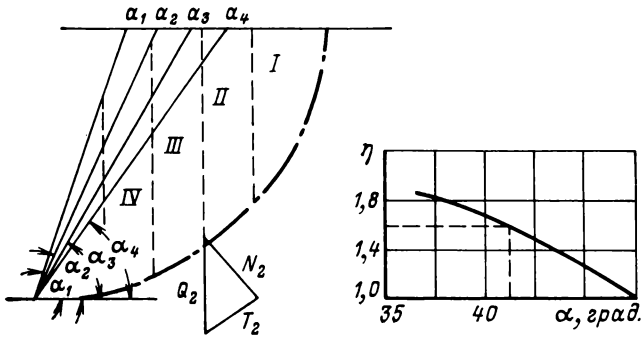


Рис. XIII.14. Схема к расчету выполаживания угла борта карьера

женное ее определение дает возможность установить характер ожидаемого оползня и принять соответствующие меры охраны.

Зная положение поверхности скольжения, в зависимости от обстоятельств принимают тот или иной способ предотвращения оползня. Ниже излагаются способы проектирования противооползневых мероприятий.

Выполаживание угла откоса. Сущность данного способа заключается в том, что в целях предупреждения оползня борту или откосу уступа уменьшают угол наклона до какой-то определенной величины, при которой оползания не произойдет.

Расчет такого угла откоса производится последовательно для нескольких углов наклона борта (рис. XIII.14). По результатам подсчета коэффициента устойчивости и для ряда значений угла α строится график $\eta = f(\alpha)$, по которому выбирается угол откоса с заданным коэффициентом устойчивости. В нашем случае при $\eta = 1,5$ угол наклона борта должен быть 41° .

Снятие нагрузки с призмы активного давления. При ведении горных работ в зоне действующих глубинных оползней или в зоне их возможного образования целесообразно управление устойчи-

востью откоса путем разгрузки призмы активного давления и, наоборот, увеличения массы призмы упора отсыпкой дамбы в ее нижней части.

Эффективность метода определяется тем обстоятельством, что при небольших углах наклона борта карьера развитие оползня происходит медленно и это позволяет произвести значительные работы по перемещению горных масс с активной призмы в район пассивной призмы (призмы упора).

Отгрузка очага оползня дает хорошие результаты в тех случаях, когда падение слоев направлено в сторону выработанного пространства и угол их наклона не менее $18-20^\circ$. При подрезке слоев горными работами неизбежно скольжение пород по плоскостям напластования, и поэтому для предотвращения оползня целесообразно заранее снять часть пород борта и тем самым повысить его устойчивость.

Искусственное упрочнение горного массива. Необходимо выделить две стороны вопроса: упрочнение откосов, сложенных скальными и полускальными породами, и упрочнение откосов, сложенных мягкими (песчаными и песчано-глинистыми) породами.

При рассмотрении искусственного укрепления скальных и полускальных откосов имеют в виду, что общее уменьшение угла наклона борта карьера вызывается не недостаточной устойчивостью всего объема пород откоса, а наличием отдельных ослабленных зон из-за неблагоприятной ориентировки слоистости, большой интенсивности трещиноватости, дизъюнктивных нарушений и пр.

При выборе методов искусственного укрепления должны быть учтены технико-экономические показатели выбираемого способа повышения устойчивости откосов.

Экономическое обоснование определяется оценкой эффективности мероприятий по укреплению и удалению в отвал 1 м^3 породы, слагающей борт карьера. Так, при укреплении бортов глубоких карьеров, когда укрепляемая зона, как правило, находится на значительной глубине, необходимо сравнивать затраты на укрепление ослабленного участка со стоимостью ликвидации обрушений пород и стоимостью восстановления проектного контура борта. Целесообразно проведение укрепительных мероприятий даже тогда, когда их стоимость несколько выше стоимости удаления объемов вскрыши, так как искусственное укрепление осуществляется без нарушения основных добычных процессов.

М. А. Ревазовым предложено объем породы, подлежащей выемке, при реконструкции борта и ликвидации последствий обрушения, определять по формуле

$$V = ahL\eta,$$

где a — ширина обрушившейся бермы, м; h — высота от бермы до поверхности, м; L — длина обрушившегося участка, м; η — коэффициент, зависящий от конфигурации борта и принятого вида транспорта.

Стоимость выемки указанного объема будет

$$S = bVq + S_0,$$

где S_0 — затраты на ликвидацию последствий обрушения с учетом ущерба неполной или частичной остановки предприятия; b — себестоимость 1 м^3 вскрыши; q — коэффициент удорожания 1 м^3 вскрыши при разносе борта.

Стоимость укрепительных работ может быть вычислена из выражения

$$S_y = b_y V_y,$$

где b_y — себестоимость укрепления 1 м^3 породы; V_y — объем пород, подлежащих укреплению.

Таким образом, эффективность укрепительных работ равна разности стоимости работ по выемке и отгрузке объема пород, связанного с реконструкцией борта и ликвидацией последствий обрушения, и стоимости укрепления участка борта.

По данным ВНИМИ себестоимость 1 м^3 вскрыши на месторождениях, сложенных скальными и полускальными породами, с применением буровзрывных работ и автомобильного транспорта изменяется от 50 коп. до 2 руб., составляя в среднем 0,8—1,0 руб. Себестоимость укрепительных работ, полученная на некоторых месторождениях, приведена в табл. XIII.4.

Существующие способы укрепления откосов удобно разделить на следующие группы: использующие механические принципы укрепления; использующие повышение механических характеристик путем инъекций в массив укрепляющих сред; использующие изоляцию участков откосов устойчивыми покрытиями.

К первой группе относятся способы укрепления анкерной крепью, тросовыми тязями, контрфорсными стенками и т. п. Во втором случае наиболее распространенным является способ инъекций цементного раствора. Эффективными в ряде случаев могут быть инъекции полимерных смол. Среди способов третьей группы наибольшего распространения получили покрытия торкрет-бетоном, битумом, эпоксидными смолами. Часто искусственное покрытие применяется вместе с металлической сеткой и анкерной крепью.

Приведенные выше способы повышения устойчивости откосов имеют свои оптимальные условия применения. Так, железобетонные сваи наиболее надежно закрепляют участки, имеющие ярко выраженные плоскости ослабления: тектонические трещины, слоистость, зоны нарушений и т. п. К достоинствам свайного метода необходимо отнести в первую очередь, высокую их несущую способность (до 150 тс) при работе на срез и возможность укрепления участков с глубоким залеганием поверхностей скольжения.

Технология сооружения скважин включает в себя бурение скважин, изготовление и спуск в них арматуры и набивку скважины бетоном или цементным раствором. Наибольшее распро-

Т а б л и ц а XIII.4

Карьер	Способ укрепления	Затраты на укрепление 1 м ³ породы, руб.
Угольные разрезы в Кузбассе	Анкерная крепь	0,60—0,85
Коунрадский карьер		1,67
		0,40—0,50
Кургашинканский карьер	Гибкие троссовые тяги	0,40—0,50
	Цементация	0,53—0,60
Златоуст-Беловский карьер	Железобетонные сваи с цементацией	0,26—0,27
		0,26—0,35
Высокогорский карьер		0,28—0,35

странение получила гибкая арматура, состоящая из стальных прожильных стержней, связанных поперечными хомутами. Диаметр стержней может быть от 20 до 40 мм, для поперечной арматуры используется сталь диаметром 6—8 мм.

После закрепления арматуры в скважине в последнюю засыпается заполнитель (щебень, гравий, песок). В качестве цемента используются все виды портландцементов, шлакопортландцементов, глиноземистых цементов и пр.

При укреплении участков, сложенных сильнотрещиноватыми породами, целесообразно производить нагнетание в массив упрочняющего цементного раствора.

Упрочнение горных пород путем инъекции цементного раствора и других материалов проводится в горных породах, обладающих хорошей водопроницаемостью. Наилучший эффект цементации достигается в трещиноватых скальных породах: известняках, песчаниках, сланцах, габбро и пр., но при отсутствии в трещинах глинистых примазок.

При цементации горных пород бортов карьеров необходимо, чтобы цементированные участки не создавали условий для гидростатического напора подземных вод.

Анкерная крепь обычно применяется в породах крупноблочного строения и сланцевой структуры и является простым и высоконадежным методом закрепления уступов и бортов карьеров. Длина анкеров определяется мощностью ослабленной зоны, но ограничивается технологическими возможностями ее установки. По характеру закрепления в массиве анкеры могут быть точечного и рассредоточенного закрепления. К первому типу относятся анкеры с замками распорного типа, ко второму — анкеры, у которых соединение анкера с горными породами осуществляется на всем его протяжении (железобетонные анкеры, анкеры со смолами, отчасти деревянные анкеры).

Способ укрепления откосов гибкими тросами можно рассматривать как разновидность анкерного крепления. Известны случаи установки гибких тросов в скважинах длиной до 30 м. Особенно эффективны гибкие тросы в тех случаях, когда элемент крепи помимо растягивающих испытывает изгибающие напряжения.

Одним из способов укрепления песчаных и песчано-глинистых откосов является метод, заключающийся в искусственном, дополнительном пригрузении фильтрующих откосов слоем чистых песков, гравием или щебнем. Пригрузка по высоте откоса неравномерная: внизу наибольшая, кверху уменьшается до нуля.

Перспективными для упрочнения откосов, сложенных песчаными и песчано-глинистыми породами, являются способы, использующие постоянное электрическое поле, в результате воздействия которого на супеси и пески пластичной и тугоплавкой консистенции формируются породные сваи, обладающие повышенной прочностью.

Физическая сущность способа упрочнения заключается в том, что наложение постоянного электрического поля на горные породы вызывает в них явление электропереноса (перемещение между полюсами постоянного электрического поля электрически заряженных частиц). Возникающие при этом электрокинетические и электрохимические процессы снижают влажность пород, увеличивают их плотность и вызывают коагуляционно-кристаллизационные процессы, которые продолжаются без воздействия электрических полей еще 2—3 года.

Для повышения экономичности способа целесообразно применение неоднородных электрических полей, в которых силовые линии сгущаются к катоду. Это достигается концентрическим расположением анодов вокруг катода. При такой схеме упрочняемый массив горных пород обретает форму сваи радиусом, равным расстоянию между разноименными полюсами.

При упрочнении постоянным электрическим полем в укрепляемом борте бурятся кусты из 6 анодных скважин длиной на 10—15% больше мощности оползаемых пород. Расстояние между кустами скважин выбирается таким образом, чтобы была обеспечена устойчивость откоса.

Для создания породных свай в глинах нарушенной и ненарушенной структуры с высоким содержанием тонкодисперсных частиц и весьма низким коэффициентом фильтрации эффективен способ с применением композиционного вяжущего. В этом случае бурится скважина в центре будущей сваи и в нее вводится композиционное вяжущее на основе цемента, негашеной извести и глинистых пород (40% портландцемента марки 300—350, 10% негашеной извести активностью 85—92%, 50—55% неогеновой глины). В результате взаимодействия композиционного вяжущего с породами в некотором объеме вокруг скважины происходит осушение пород, вызываемое гидратацией вяжущего материала, образование под действием адсорбционно-химических процессов водостойких и прочных гидросиликатов кальция, цементирующих дисперсные частицы. Таким образом создается скважина упроченного материала диаметром, например, 50 см при диаметре пробуренной скважины 23 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ.* Л., Недра, 1971.
2. *Маркшейдерское дело. Общий курс/Д. А. Казаковский, Г. А. Кротов, В. Н. Лавров и др. М., Недра, 1970.*
3. *Маркшейдерское дело. Специальный курс/Д. А. Казаковский, А. Н. Белоликов, Г. А. Кротов и др. М., Недра, 1970.*
4. *Справочник по маркшейдерскому делу.* М., Недра, 1973.
5. *Маркшейдерское дело/Д. Н. Оглоблин, П. П. Бастан, Г. И. Герасименко и др. М., Недра, 1972.*
6. *Рыжов П. А. Геометрия недр.* М., Недра, 1964.
7. *Финаревский И. И., Низгурецкий З. Ф., Рыхлюк Е. И. Решение маркшейдерских задач на ЭВМ вычислительных центров.* М., Недра, 1975.
8. *Маркшейдерские вычисления на ЭВМ (дополнение к § 17.12 Технической инструкции по производству маркшейдерских работ).* Л., ВНИМИ, 1977 (ротапринт).
9. *Нуждин И. И., Маркович Л. П. К вопросу геометризации дражных полигонов.* — Труды ВНИИ-1. вып. 14. Магадан, 1957.
10. *Практическое руководство по организации и применению наземных стереофотограмметрических съемок открытых разработок россыпей на горных предприятиях Северо-Востока СССР.* Магадан, ОТИ «Северовостокзолото», 1976.
11. *Практическое руководство по съемке открытых разработок россыпей месторождений.* Л., ВНИМИ, 1966 (ротапринт).
12. *Практическое руководство по съемке карьеров.* Л., ВНИМИ, 1966 (ротапринт).
13. *Методические указания по определению объемов выемки горной массы на карьерах.* Л., ВНИМИ, 1969 (ротапринт).
14. *Родионов Л. Е., Бугаец Е. А. Маркшейдерские работы при открытых разработках.* М., Госгортехиздат, 1961.
15. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне.* М., изд. Минуглепрома СССР, 1972 (ротапринт).
16. *Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах.* Л., Недра, 1977.
17. *Методическое руководство по разведке россыпей золота и олова (Сб. СВТГУ и ЯТГУ).* Магаданское книжное издательство, 1974, с. 116—126.
18. *Совершенствование методов маркшейдерских работ и геометризация недр.* — В сб. НТГО. М., Недра, 1972.
19. *Трунин А. П., Финаревский И. И., Чистяков С. В. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах.* М., Недра, 1970.
20. *Хлебников А. В. Влияние ошибки визирования на точность измерения горизонтального угла при съемке крутопадающих выработок.* — Труды ВНИМИ, сб. 31. М., Углетехиздат, 1957, с. 89—95.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Содержание предмета. Исторические сведения	5
§ 1. Содержание предмета	5
§ 2. Краткие исторические сведения о развитии маркшейдерского дела	9
Глава II. Система координат и маркшейдерские опорные сети на поверхности	20
§ 3. Система координат при съемках на горных предприятиях	20
§ 4. Съемочное обоснование на поверхности	27
§ 5. Съемочные сети и съемочные работы на поверхности	35
Глава III. Маркшейдерская документация	41
§ 6. Классификация и содержание маркшейдерских планов	41
§ 7. Первичная и вычислительная маркшейдерская документация	54
Глава IV. Съемка подземных горных выработок	62
§ 8. Общие сведения о подземных маркшейдерских съемках	62
§ 9. Подземные маркшейдерские опорные и съемочные сети	65
§ 10. Типы пунктов опорных и съемочных подземных сетей и способы их закрепления	73
§ 11. Горные теодолиты	75
§ 12. Центрирование теодолитов и сигналов	93
§ 13. Измерение горизонтальных углов	103
§ 14. Измерение вертикальных углов	114
§ 15. Измерение длин сторон теодолитного хода	117
§ 16. Съемка подробностей	131
§ 17. Обработка результатов измерений подземного теодолитного хода	133
§ 18. Накопление погрешностей в подземных теодолитных ходах	146
Глава V. Съемочные работы в нарезных и очистных выработках	153
§ 19. Назначение съемочных работ	153
§ 20. Инструменты для съемки нарезных и очистных выработок	155
§ 21. Съемка нарезных и очистных выработок	160
Глава VI. Вертикальные съемки в горных выработках	179
§ 22. Общие сведения	179
§ 23. Инструменты для геометрического нивелирования в подземных условиях	182
§ 24. Производство геометрического нивелирования в подземных условиях	199
§ 25. Камеральная обработка геометрического нивелирования	205
§ 26. Тригонометрическое нивелирование	207
	499

Г л а в а VII. Соединительные съемки	214
§ 27. Общие сведения	214
§ 28. Ориентирование через горизонтальную или наклонную выработку	215
§ 29. Ориентирование через один вертикальный ствол	216
§ 30. Проектирование точек с поверхности в шахту	216
§ 31. Примыкание к отвесам	224
§ 32. Ориентировка через два вертикальных ствола	241
§ 33. Гироскопическое ориентирование	247
§ 34. Передача высотной отметки в шахту	264
Г л а в а VIII. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок	270
§ 35. Задание направления горным выработкам	270
§ 36. Маркшейдерские работы при проведении выработок встречными забоями	284
§ 37. Предварительная оценка точности смыкания забоев	289
§ 38. Маркшейдерские замеры горных выработок и складов полезного ископаемого	295
Г л а в а IX. Маркшейдерские работы при строительстве шахт	304
§ 39. Общие сведения	304
§ 40. Маркшейдерские работы на промышленной площадке шахты	310
§ 41. Маркшейдерские работы при монтаже оборудования рудничной подъемной установки	315
§ 42. Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов	329
§ 43. Маркшейдерские работы при сооружении стволов шахт специальными способами	342
§ 44. Маркшейдерские работы при проведении околоствольных выработок	354
§ 45. Измерения объемов горнопроходческих работ в стволах. Маркшейдерская отчетность	357
Приложение IX.1	361
Приложение IX.2	362
Г л а в а X. Маркшейдерские работы на карьерах	364
§ 46. Опорные, съёмочные сети и работы	364
§ 47. Специальные маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом	391
§ 48. Маркшейдерский учет объемов вскрыши и добычи полезного ископаемого	403
Г л а в а XI. Маркшейдерские работы при разработке россыпей	409
§ 49. Общие сведения	409
§ 50. Маркшейдерское обеспечение разработки россыпей подземным способом	412
§ 51. Маркшейдерское обеспечение разработок россыпей открытым способом	415
§ 52. Маркшейдерское обеспечение дражных разработок	423
Г л а в а XII. Сдвигание горных пород под влиянием подземных работ и охрана сооружений	432
§ 53. Вводные замечания	432

§ 54. Общие сведения о процессе сдвижения горных пород под влиянием подземных разработок	433
§ 55. Параметры процесса сдвижения	439
§ 56. Факторы, обуславливающие процесс сдвижения горных пород	448
§ 57. Наблюдения за сдвижением горных пород	453
§ 58. Расчет сдвижения горных пород	460
§ 59. Меры охраны сооружений от вредного влияния подземных разработок	465
Г л а в а XIII. Сдвижение горных пород при открытых разработках	476
§ 60. Общие сведения	476
§ 61. Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров и отвалов	479
§ 62. Маркшейдерские наблюдения за деформациями горных пород при открытых разработках	484
§ 63. Устойчивость уступов и бортов карьеров	487
§ 64. Проектирование противооползневых явлений	491
Список литературы	498

*Виталий Иванович Борщ-Компониец
Валентин Михайлович Гудков
Валентин Григорьевич Николаенко
Юрий Иванович Курячий
Григорий Мефодьевич Кныш
Константин Сергеевич Ворковастов*

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Редактор издательства Л. И. Елагин
Переплет художника М. И. Гозенпут
Художественный редактор О. Н. Зайцева
Технический редактор А. Е. Матвеева
Корректор К. С. Торопцева

Сдано в набор 24.04.79.
Подписано в печать 24.09.79. Т-17232.
Формат 60×90^{1/8}. Бумага № 1.
Печ. л. 31,5. Уч.-изд. л. 32,19.
Тираж 10 000 экз. Заказ 1420/6190—9.
Цена 1 р. 40 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва,
К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ленинградская типография № 6
Ленинградского производственного
объединения «Техническая книга»
Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли,
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

Издательство «Недра»
готовит к печати новые книги

ГУЗЕЕВ А. Г. Проектирование строительства горных предприятий. Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. 15 л. 85 к.

В книге изложены основные направления проектирования технологии строительства шахт и рудников, описаны порядок и стадии проектирования горных предприятий, рассмотрены состав и содержание проектной документации, приведены исходные материалы и нормативы для составления оргстройпроектов. Изложены методы анализа и обоснования проектных решений. Второе издание (1-е изд. — 1972) переработано и дополнено новыми материалами в соответствии с достигнутым прогрессом в области проектирования строительства горных предприятий.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов горных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Строительство подземных сооружений и шахт».

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ работы на открытых разработках. /Перегудов М. А., Борщ-Компонец В.И., Пацев И. И. и др. 21 л. 1 р. 40 к.

В книге рассмотрен комплекс задач, решаемых маркшейдерской службой на карьерах, приисках и солепромыслах. Изложены основные требования к геодезическим сетям, отмечены особенности развития съемочного обоснования. Рассмотрены объекты и методы маркшейдерских съемок, описано содержание полевой, вычислительной и графической документации, методы и анализ точности определения объемов выполненных работ. Рассмотрены специальные маркшейдерские работы при строительстве, эксплуатации и ликвидации карьеров, создании породных отвалов, проведении дренажных выработок, рекультивации площадей. Освещены вопросы сдвига горных пород, учета движения запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого, планирования горных работ и организации маркшейдерской службы.

Книга предназначена для маркшейдеров горнодобывающих предприятий и может быть полезна студентам горных вузов.

СПРАВОЧНИК по маркшейдерскому делу/Под ред. проф., д-ра техн. наук А. Н. Омельченко. — 4-е изд., перераб. и доп. 50 л. 3 р. 10 к.

В книге рассмотрены основные вопросы теории и практики маркшейдерского дела. Приведены сведения из теории погрешностей, способы уравнительных вычислений. Описаны современные маркшейдерские приборы. Изложены требования к построению опорных и съемочных сетей, методы производства съемок. Рассмотрены вопросы учета запасов и потерь полезных ископаемых, сдвигения горных пород и защиты зданий и сооружений от вредного влияния разработок. Рассмотрены задачи геометризации месторождений, горная графическая документация, вычислительная техника.

В четвертом издании (3-е изд. — 1973) справочника учтено все новое и передовое в теории и практике маркшейдерского дела.

Справочник предназначен для широкого круга инженерно-технических работников маркшейдерской службы и может быть полезен преподавателям и студентам горных вузов и факультетов.

УШАКОВ И. Н. Горная геометрия. Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. 28 л. 1 р. 30 к.

В книге описаны проекции, применяемые в горной геометрии, и приведены краткие сведения из математической статистики. Рассмотрены плоскостные, складчатые и разрывные формы залегания горных пород, основные требования к геометризации различных типов месторождений минерального сырья. Описаны методы и схемы решения инженерных задач, математического моделирования при геометризации месторождений полезных ископаемых.

Приведена классификация запасов полезных ископаемых по степени изученности и разведанности, изложены методы подсчета запасов, рассмотрены вопросы учета состояния и движения запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого, маркшейдерского контроля оперативного учета добычи.

Четвертое издание по сравнению с третьим (1962 г.) в значительной степени переработано и дополнено сведениями, отражающими современное состояние науки и техники в области горной геометрии.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов горных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело».

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга—почтой» магазинов:

№ 17—199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

МАРКШВИЦЕРГОЛДЕН

