

Р. Р. СВЯТАНКА И Д. П. КОРОТКО



*Р.Р. Синанян*

# МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО





***Р.Р.Синанян***

# МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

*Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебника для студентов  
горно-геологических специальностей вузов*



Москва «Недра» 1982

Синянян Р. Р. Маркшейдерское дело. Учебник для вузов. М., Недра, 1982. 303 с.

Показана роль маркшейдерских работ в практической деятельности горных инженеров и инженеров-геологов. Рассмотрены структура и права маркшейдерской службы, состав, виды и содержание графической документации и примеры решения задач на маркшейдерских чертежах. Изложены методы геометризации месторождений, подсчета и учета запасов, добычи и потерь полезного ископаемого. Рассмотрено содержание маркшейдерских работ при строительстве горнодобывающих предприятий, разведке и эксплуатации месторождений открытым и подземным способами. Приведены сведения о сдвигении горных пород и охране сооружений.

Предназначен в качестве учебника для студентов горных и геологических специальностей вузов.

Табл. 6, ил. 151, список лит.— 25 назв.

**Рецензенты:**

кафедра маркшейдерского дела ЛГИ,  
кафедра маркшейдерского дела ДПИ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов» обращается внимание на необходимость постоянного совершенствования учебных планов и программ, более полного обеспечения студентов вузов высококачественными учебниками и учебными пособиями.

Ранее изданные учебники и учебные пособия по курсу «Маркшейдерское дело» для немаркшейдерских специальностей сыграли огромную роль в подготовке высококвалифицированных специалистов — горных инженеров и геологов различной специализации. Однако некоторые из них явно устарели и не отражают современного уровня развития техники и методики выполнения маркшейдерских работ. Самые последние учебники и учебные пособия по данному курсу были изданы до 1970 г. и составлены по старым учебным программам вузов для этих специальностей. Кроме того, они изданы до выхода в свет новой Технической инструкции по производству маркшейдерских работ и новых ГОСТов на маркшейдерско-геодезические приборы.

Таким образом, назрела необходимость в составлении и издании удовлетворяющего современным требованиям нового учебника по курсу «Маркшейдерское дело» для студентов вузов, обучающихся по горным и геологическим специальностям.

Данный учебник составлен в соответствии с учебными программами по этому курсу, утвержденными в 1974—1975 гг. Учебно-методическим управлением по высшему образованию МВнССО СССР для следующих специальностей вузов:

специальность 0202 «Технология и комплексная механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых»;

специальность 0209 «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых»;

специальность 0206 «Строительство подземных сооружений и шахт»;

специальность 0108 «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

Вопросы геометризации месторождений полезных ископаемых (гл. 3) и маркшейдерских работ на земной поверхности в пределах территории разведываемого участка (гл. 2) изложены подробнее. Это позволило включить в данную книгу почти все вопросы, входящие в учебную программу вузов по курсу «Основы горной геометрии» для специальности 0101 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». Учитывая это обстоятельство, данный учебник

можно использовать также в качестве учебного пособия по курсу «Основы горной геометрии» для специальности 0101 вузов.

При написании рукописи настоящей книги автор использовал современную учебную, научную и техническую литературу по маркшейдерскому делу, передовой опыт методики преподавания данного курса на горных и геологических факультетах вузов, а также свой 25-летний опыт преподавания этого курса в Ереванском политехническом институте и 11-летний опыт научно-исследовательской работы.

Указания о главах и параграфах настоящего учебника, подлежащих обязательному изучению студентами каждой специализации, должен сделать лектор, читающий данный курс исходя из учебной программы для соответствующей специализации.

При подготовке и доработке рукописи данного учебника к изданию были учтены ценные замечания проф., д-ра техн. наук И. Н. Ушакова, проф., д-ра техн. наук В. А. Букринского, проф. М. П. Пятлина, проф. Г. А. Кротова, доц., канд. техн. наук С. Ф. Травника, доц., канд. техн. наук М. Г. Папазова, доц., канд. техн. наук Н. И. Стенина, доц., канд. техн. наук В. В. Мирного, доц., канд. техн. наук Г. И. Козловского, доц., канд. техн. наук В. К. Музыкантова и доц., канд. техн. наук Л. В. Косыциной.

Автор с благодарностью примет замечания и предложения, направленные на улучшение последующего издания учебника, и просит их направлять в издательство «Недра» или автору по адресу: г. Ереван, 9, Терьяна, 105, Ереванский политехнический институт им. К. Маркса.

## ВВЕДЕНИЕ

### § 1. Содержание маркшейдерского дела и его задачи на различных этапах освоения месторождения

Термин «*маркшейдерское дело*» происходит от немецких слов: *Mark* — граница, межа и *scheiden* — различать, устанавливать. Этот термин появился в XVI в., когда в горной промышленности Германии возникла необходимость в специалистах — горняках, обладающих знаниями по установлению под землей границ, в пределах которых горнопромышленники имели право вырывать полезные ископаемые.

Термины «маркшейдерское дело» и «маркшейдер» перешли в терминологию русского языка и хотя дословные их переводы давно не отражают современного представления об их сущности, тем не менее они сохранились до наших дней.

В соответствии с потребностями дальнейшего развития горной науки и техники постепенно расширились и усложнились задачи маркшейдерского дела. Современное маркшейдерское дело можно охарактеризовать как одну из важнейших отраслей горной науки и техники, занимающейся в основном геометрическими измерениями и вычислениями, имеющими своими целями:

графическое изображение на планах, разрезах и графиках пространственного расположения всех горных выработок, проводимых при разведке и разработке месторождений, формы залегания полезного ископаемого и распределения его качественных свойств;

решение различных горно-геометрических задач при разведке месторождений, проектировании и строительстве горных предприятий и при разработке месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, маркшейдерские работы производятся на всех этапах освоения месторождений полезных ископаемых, и поэтому их содержание весьма разнообразно.

При разведке месторождений маркшейдер производит съемку земной поверхности, естественных обнажений горных пород и других объектов геологических наблюдений, в результате чего составляются топографические карты (планы), которые служат основой для получения геологических карт (планов) и проектирования геологоразведочных работ. По утвержденному проекту геологоразведочных работ он производит разбивочные работы, т. е. указывает в натуре места заложения различных разведочных выработок, которым и задает

направление. По мере проходки этих выработок маркшейдер производит съемку, наносит полученные данные на план, на основе данных разведки совместно с геологами составляет различные графические документы, характеризующие как форму залегания полезного ископаемого, так и пространственное распределение его качественных свойств.

На завершающем этапе геологоразведочных работ маркшейдер участвует в подсчете запасов разведанного месторождения.

При проектировании горных предприятий в задачи маркшейдера входят:

- участие в проектно-изыскательских работах, оформлении в установленном порядке горных и земельных отводов, проектировании границ шахтных полей, размещении зданий и сооружений, подлежащих строительству на площадях залегания полезных ископаемых;

- разработка мероприятий по охране проектируемых сооружений от вредного влияния подземных горных разработок;

- подсчет (совместно с геологами) промышленных запасов полезного ископаемого в пределах контура данного рудничного, шахтного или карьерного поля;

- участие в составлении календарных планов горных работ.

При строительстве горных предприятий маркшейдер производит следующие работы:

- проверяет проектные чертежи всех основных сооружений и капитальных горных выработок для установления правильности взаимосвязи между их геометрическими элементами;

- осуществляет перенос указанных выше проектных геометрических элементов в натуру;

- в период строительства контролирует правильность соблюдения геометрических элементов проекта и задает направление горным выработкам;

- по мере строительства сооружений и проходки горных выработок производит их съемку, на основе которой составляет исполнительные планы, разрезы и другие графические документы, необходимые для начала эксплуатации месторождения.

При разработке месторождений содержание маркшейдерских работ намного сложнее и разнообразнее. Содержание и методика многих видов маркшейдерских работ при подземной разработке зависят от степени сложности геологического строения, формы залежи полезного ископаемого и от принятой системы разработки.

Общие функции маркшейдерских отделов горных предприятий следующие:

- создание на поверхности в пределах горного отвода данного предприятия плано-высотной опорной геодезической и съемочной сетей;

производство топографической съемки поверхности и маркшейдерских съемок открытых и подземных горных выработок с составлением необходимых для данного горного предприятия комплекта маркшейдерской графической документации, которая по мере ведения горных работ систематически пополняется;

перенесение геометрических элементов проекта горных выработок и технических сооружений в натуру;

задание направлений горным выработкам, осуществление контроля за соблюдением проектных направлений, уклонов и размеров их сечений;

ведение ежемесячного контрольного учета добычи полезного ископаемого, объема вскрышных (на карьерах) и других горных работ, а также маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ;

ведение систематического учета движения промышленных, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, потерь и разубоживания руды, а также участие в разработке мероприятий по их сокращению;

определение границ безопасного ведения горных работ, а также охранных целиков, перенесение этих границ в натуру и осуществление контроля за их соблюдением;

осуществление контроля за охраной недр и полнотой отработки месторождений полезных ископаемых;

изучение (совместно с геологом) структуры и формы залежей, свойств полезного ископаемого и составление различных горно-геометрических графиков;

ведение инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности и толщи горных пород под влиянием подземных горных разработок, а также за устойчивостью бортов и отвалов карьеров;

участие в составлении месячных, квартальных, годовых и перспективных планов ведения горных работ;

составление ежеквартальных обменных маркшейдерских планов с пояснительной запиской к ним и передача их вышестоящей организации, контролирующей состояние горных работ и выполнение календарных графиков развития горных работ данного предприятия;

при ликвидации или консервации горного предприятия определение полноты выемки полезного ископаемого, пополнение маркшейдерской документации и передача ее в архив вышестоящей организации на хранение.

Приведенный выше перечень функций маркшейдерской службы не исчерпывает всего их разнообразия. Маркшейдеру приходится решать самые разнообразные задачи на стыке ряда инженерных областей. В частности, методы маркшейдерских измерений и вычислений имеют много общего с методами и приемами геодезических работ.

При выполнении таких ответственных маркшейдерских работ, как например, задание направления горным выработкам, проводимым встречными забоями, большую роль играют вопросы оценки точности и нахождения наиболее вероятных результатов измерений. Для решения подобных задач маркшейдер применяет теорию погрешностей, теорию вероятностей и метод наименьших квадратов. Поэтому маркшейдерское дело как научная дисциплина относится к разряду точных прикладных наук.

## **§ 2. Роль маркшейдерских работ и их значение в практической деятельности горных инженеров и инженеров-геологов**

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» выдвинуты грандиозные задачи по дальнейшему неуклонному расширению запасов сырьевых ресурсов нашей страны и росту добычи полезных ископаемых.

В Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, утвержденных сессией Верховного Совета СССР в июле 1975 г., отмечается, что интересы дальнейшего развития народного хозяйства страны требуют не только поиска новых источников сырья и наращивания запасов полезных ископаемых, но и бережного использования имеющихся запасов, ресурсы которых практически невозпроизводимы и невозполнимы.

Условия социалистической горной промышленности требуют, чтобы были созданы условия для достижения высоких технико-экономических показателей и эффективности производства, полностью обеспечены безопасные условия труда рабочих. Для выполнения этих важнейших народнохозяйственных задач большая и ответственная роль отводится маркшейдерской службе геологоразведочных и особенно горнодобывающих предприятий.

Без правильной постановки маркшейдерской службы невозможно технически правильное, рациональное и безопасное ведение горных работ.

Маркшейдерская графическая документация дает наглядное представление о положении горных выработок относительно объектов земной поверхности, а также относительно горных выработок соседних участков и рудников (шахт).

На маркшейдерских планах, разрезах и горно-геометрических графиках отражаются структурные и качественные особенности месторождения, способы и системы разработки полезного ископаемого, сроки и скорости проведения горных выработок, подвигания фронта очистных работ и т. д. Следовательно, маркшейдерская графическая документация представ-

ляет собой важнейший технический и юридический документ, отражающий фактическое состояние горных работ, который служит средством контроля за правильностью их ведения.

Маркшейдерская графическая документация является также основой для определения объемов выполненных горных работ и, следовательно, зарплаты горнорабочих. По ней ведется учет полноты извлечения, а также состояния и движения балансовых запасов полезного ископаемого, на ее основе составляются текущие планы и ведется перспективное планирование развития горных работ. По маркшейдерским планам решается вопрос о своевременном приостановлении проходки горных выработок около опасных участков.

Кроме составления графической документации маркшейдерская служба решает ряд ответственных горнотехнологических задач. Маркшейдер указывает разведчикам и горнякам направление подземных горных выработок как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

С повышением уровня механизации горных работ роль маркшейдерской службы возрастает. Большое значение приобретают маркшейдерский контроль за проведением горных выработок проходческими комбайнами, а также прогнозирование условий залегания полезного ископаемого впереди очистных работ при применении выемочных агрегатов и передвижных механизированных крепей.

На крупных карьерах помимо проведения съемочных работ и участия в составлении паспорта буровзрывных работ необходимо маркшейдерское обслуживание отвальных мостов и др.

Из вышеизложенного следует, что большинство маркшейдерских работ выполняется в тесном контакте как с геологами-разведчиками, или рудничными геологами, так и с горняками. Некоторые маркшейдерские планы и различные графики используются в повседневной работе геологами и горняками.

Геометрическая основа для геологической графической документации — маркшейдерские планы и разрезы, на которые геологи наносят все изученные ими структурные и качественные особенности разведываемого и эксплуатируемого месторождения. Для привязки и нанесения на план мест взятия проб образцов полезного ископаемого, различных структурных нарушений залежи геолог пользуется ближайшими маркшейдерскими пунктами. Во многих случаях геолог вынужден некоторые из простейших маркшейдерских работ выполнять самостоятельно.

При составлении проекта разработки месторождения горный инженер должен уметь по имеющимся маркшейдерским чертежам строить различные разрезы и наносить на них нужные проектные элементы. Полное представление о фактическом состоянии горных работ он может получить только по маркшейдерским чертежам. Планирование горных работ горный инже-

нер может выполнить только с использованием этих чертежей. Кроме того, горный инженер должен понимать, как маркшейдер задает направление горным выработкам, и при этом уметь использовать маркшейдерские указания и т. д.

Следовательно, инженеры-геологи и горные инженеры должны быть близко знакомы с основными принципами и методами производства маркшейдерских съемок и составления маркшейдерской графической документации, знать обязанности и права маркшейдерской службы и, что особенно важно, уметь свободно пользоваться маркшейдерскими планами, различными разрезами и проекциями на вертикальную плоскость.

### § 3. Структура маркшейдерской службы в СССР

Маркшейдерская служба в настоящее время организована по двум направлениям: маркшейдерская служба предприятий и организаций горнодобывающей промышленности и специализированные организации.

Маркшейдерская служба на предприятиях и организациях горнодобывающей промышленности является основным звеном в общей структуре маркшейдерской службы СССР. Основной первичной производственной единицей является маркшейдерский отдел (бюро) горного предприятия, на который возлагаются обязанности выполнения всех основных и текущих маркшейдерских работ при освоении и разработке месторождения. Капитальные работы (производство аэрофотосъемки, построение и развитие маркшейдерских опорных сетей большой протяженности и т. д.), согласно положению о маркшейдерской службе, должны выполняться специализированными организациями по договорам с горными предприятиями.

Штат сотрудников маркшейдерского отдела горного предприятия состоит из главного маркшейдера — начальника отдела, участков маркшейдеров, техников-картографов и замерщиков. На ряде горнорудных предприятий вместо должности главного маркшейдера установлена должность старшего маркшейдера.

На маркшейдерские отделы организаций, непосредственно руководящие горными предприятиями, возлагаются следующие обязанности: контроль за подбором и расстановкой маркшейдерских кадров на горных предприятиях; техническое руководство работой маркшейдерских отделов предприятий; планирование научно-исследовательских и ответственных капитальных маркшейдерских работ; анализ маркшейдерской отчетности горных предприятий и т. д. Штаты маркшейдерских отделов этих организаций обычно представлены главным маркшейдером, помощником главного маркшейдера и техником-топографом.

Специализированные маркшейдерские организации выполняют различные функции. К числу этих организаций относятся следующие.

1. Производственные организации, выполняющие по договорам капитальные маркшейдерские работы для нужд горных предприятий. К ним относятся: Союзный маркшейдерский трест (Союзмаркштрест), Уральская, Грузинская, Ташкентская и Карагандинская топографо-маркшейдерские партии.

2. Научно-исследовательские институты, например Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ).

3. Приборостроительные заводы, в том числе экспериментальные. Ведущим в этой области является Харьковский завод маркшейдерских инструментов (ХЗМИ).

4. Контролирующие организации. К ним относятся: Государственный комитет СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор СССР) и Государственный геодезический надзор при Главном управлении геодезии и картографии (Госгеонадзор).

#### **§ 4. Краткая историческая справка о развитии маркшейдерского дела**

Искусство «измерения Земли» известно людям с весьма древних времен. Однако нам неизвестно, как развивалось искусство измерений на рудниках в древний период.

Естественно, что подземная добыча полезных ископаемых и тогда не могла обойтись без геометрических измерений. Герону-старшему, жившему в Греции за 2000 лет до н. э., принадлежит первое описание передачи направления с поверхности в рудник.

Познание свойств магнитной стрелки позволило человечеству еще в I в. н. э. использовать магнитную буссоль для ориентировки, а позднее для съемки рудников и составления планов горных работ.

В 1556 г. был опубликован труд выдающегося немецкого ученого Георгия Агриколы «О горном деле и металлургии», в одной из глав которого рассмотрены вопросы съемки подземных горных выработок и некоторые горно-геометрические задачи, решаемые при помощи всячей буссоли и полукруга.

Первые печатные работы о маркшейдерском деле в России появились во времена Петра I в период развития в стране горнозаводского дела. Основоположником развития отечественной маркшейдерии по праву является выдающийся русский ученый М. В. Ломоносов. Его гениальный труд «Первые основания металлургии или рудных дел», изданный в 1763 г., был первой отечественной печатной работой по горному и маркшейдерскому делу.

Бурно развивающаяся горная промышленность в Европе выдвинула перед маркшейдерской наукой задачи дальнейшего совершенствования методов съемки и составления графической документации. В середине XVIII в. в маркшейдерских съемках впервые были применены оптические инструменты — теодолит и нивелир, а при составлении графической документации — принципы начертательной геометрии.

В 1847 г. проф. Петербургского горного института П. А. Олышев опубликовал книгу «Маркшейдерское дело». В ней впервые в мировой литературе было предложено применение в подземных условиях горного теодолита с эксцентренной трубой, а также формуляры для вычисления координат пунктов и решения задач по сбойке горных выработок и т. д.

Крупный вклад в развитие отечественной маркшейдерской науки в конце XIX в. и в первой половине XX в. внесли выдающиеся русские ученые проф. В. И. Бауман (1867—1923 гг.), проф. П. М. Леонтовский (1871—1921 гг.), проф. П. К. Соболевский (1868—1949 гг.) и проф. И. М. Бахурин (1880—1940 гг.).

В многогранной научной деятельности проф. В. И. Баумана особо следует отметить его исследования по подсчету запасов полезных ископаемых, геофизическим методам разведки, а также созданию для Донецкого бассейна единой системы координат для составления маркшейдерских планов.

Проф. П. М. Леонтовский кроме опубликования ряда книг обобщил мировой опыт по исследованию сдвижения горных пород и разработал способы построения предохранительных целиков применительно к условиям Донецкого бассейна.

Проф. П. К. Соболевский был основоположником новой научной дисциплины — геометрии недр. В 1904 г. в Томском политехническом институте он впервые в России ввел маркшейдерскую специальность.

Проф. И. М. Бахурин во исполнение решений I Всесоюзного съезда маркшейдеров организовал, а затем возглавил первый в мире научно-исследовательский центр по маркшейдерскому делу — Центральное научно-исследовательское маркшейдерское бюро (ЦНИМБ), позднее реорганизованное во Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). Этот институт и в настоящее время является центром научно-исследовательских работ по маркшейдерскому делу в СССР.

В послевоенные годы в развитии маркшейдерской науки и подготовке высококвалифицированных инженеров-маркшейдеров в нашей стране большую роль сыграли научные труды, учебники и учебные пособия по маркшейдерскому делу и геометрии недр, написанные советскими учеными проф. Д. А. Казаковским, проф. Д. Н. Оглоблиным, проф. И. Н. Ушаковым, проф. П. А. Рыжовым, проф. Г. И. Вилесовым, проф. В. А. Букринским и др.

## Глава 1

# МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### Требования к графической документации и ее виды

Горные и геологоразведочные предприятия должны иметь обязательный комплект документов, состоящий из первичной, вычислительной и графической документации.

В настоящей главе рассматриваются вопросы, связанные с составлением и содержанием горной графической маркшейдерской документации. Под термином «горная графическая маркшейдерская документация» подразумевают чертежи, составленные принятым методом геометрических проекций по результатам топографических, маркшейдерских и геологических съемок, а также маркшейдерских измерений и геологических зарисовок.

Маркшейдерские графические документы должны удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Быть точными, т. е. давать изображение геометрических элементов с требуемой для их масштаба точностью. Так, например, приняв точность графических построений  $\pm 0,2$  мм, для элементов, изображаемых на плане в масштабе 1:500, точность должна быть не ниже  $\pm 10$  см. Указанное требование относится только к элементам, имеющим в натуре четко выраженные контуры.

2. Давать полное изображение элементов ситуации и рельефа земной поверхности, горных выработок, формы и элементов залегания полезного ископаемого на момент их составления и систематически пополняться по мере проведения горных выработок.

3. Быть наглядными и удобоизмеряемыми, т. е. позволять производить на них измерения линейных и угловых величин с необходимой точностью, не прибегая к громоздким дополнительным построениям или вычислениям.

4. Изготавливаться на высококачественных материалах и основе, обеспечивающих длительное их существование, а также быть аккуратно и красиво оформленными.

5. Составляться с соблюдением принятых условных обозначений.

Виды маркшейдерских чертежей и их содержание на действующих горных предприятиях зависят от типа месторождения, геологического строения и способа его разработки.

Маркшейдерская графическая документация состоит из следующих основных видов чертежей.

**Проекции** — чертежи, представляющие собой изображение необходимых объектов пространства на плоскости. В маркшейдерской практике используются в основном проекции с числовыми отметками на одну плоскость. Для более наглядного пространственного изображения отдельных участков горных выработок иногда применяют аксонометрические, аффинные и перспективные проекции.

**Планы** — проекции объектов земной поверхности и горных выработок, составленные в ортогональной проекции на горизонтальную плоскость с указанием на них числовых отметок (координат  $z$ ) отдельных точек или горизонталей изображаемой поверхности.

**Вертикальные проекции** — чертежи, построенные в ортогональной проекции на вертикальную плоскость. К изображению объектов в проекции на вертикальную плоскость прибегают в тех случаях, когда проектирование на горизонтальную плоскость вызывает большие искажения и приводит к неясному или недостаточно наглядному изображению рассматриваемых объектов, например горных выработок, проведенных по крутой залежи. Для устранения искажений размеров горных выработок и других объектов, расположенных на наклонной залежи, плоскость проекции располагают параллельно наклонной плоскости пласта (жила). Такие чертежи называются проекциями на наклонную плоскость.

**Разрезы** представляют собой изображение деталей объектов, расположенных в некоторой секущей плоскости. В состав маркшейдерских чертежей входят вертикальные и горизонтальные разрезы, на которых изображают геологическое строение толщи горных пород и горные выработки. Вертикальные геологические разрезы строят по линиям разведочных и горно-эксплуатационных выработок, а также по направлениям простирания и вкрест простирания залежи.

Масштабы разрезов, как и планов, принимают одинаковыми в горизонтальном и вертикальном направлениях.

**Профили** представляют собой чертежи, изображающие на данной вертикальной секущей плоскости только лишь необходимые линии контура рассматриваемого объекта. Вертикальные секущие плоскости при этом могут проходить через прямые ломаные линии.

Профили строят для изображения характера изменения по высоте какой-либо поверхности, например рельефа местности, нижней границы наносов, почвы или кровли горной выработки в данном направлении. Профили в основном строят вдоль вытянутых объектов, например оси железных и автомобильных дорог, откаточных путей и т. д. Для более наглядного и резкого изображения изменения положения точек по высоте вертикальный масштаб профиля обычно принимают в 10 раз крупнее горизонтального.

## § 5. Классификация, составление и оформление графической маркшейдерской документации

В прежних инструкциях маркшейдерские чертежи принято было разделять на основные, специальные и обменные.

Согласно новой Технической инструкции по производству маркшейдерских работ [22] горная графическая маркшейдерская документация (чертежи) по своему назначению разделяется на два комплекта чертежей: 1) земной поверхности; 2) горных выработок.

Кроме того, по характеру построения все чертежи делятся на исходные (оригиналы) и производные (копии и репродукции).

Под *исходными чертежами* следует понимать чертежи, построенные непосредственно по результатам измерений и вычислений, а под *производными* — чертежи, полученные путем репродукции или уменьшения исходных чертежей и дополненные специальным содержанием, соответствующим их назначению.

Производные чертежи используются для решения текущих задач горного предприятия. Исходную графическую документацию исполняют на чертежной бумаге высшего качества, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках. Для производных чертежей рекомендуются прозрачные синтетические материалы, бумажная натуральная калька, чертежная прозрачная бумага и бумажная светочувствительная диазотипная калька.

Планы земной поверхности и горных выработок составляют в разграфке квадратных планшетов. Остальные чертежи исходной документации могут быть составлены на листах, форматы которых имеют размеры 297×420; 594×420; 594×841 и 1189×841 мм.

Полезный формат планшетов в квадратной разграфке принимают: для планшетов в масштабе 1:5000—400×400 мм; для планшетов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500—500×500 мм. На планшет наносят квадратную координатную сетку со сторонами 100×100 мм и вычерчивают ее тушью черного цвета сплошными линиями толщиной 0,1 мм. Числовые значения координат у линии сетки надписывают в километрах на правом и нижнем полях планшета. Полное значение координат указывают в правом нижнем, в правом верхнем и в левом нижнем углах (для остальных линий сетки указывают только десятки и единицы километров с точностью до сотых долей).

В левой стороне нижнего зарамочного поля планшета помещают схему расположения части картограммы, заштриховы-

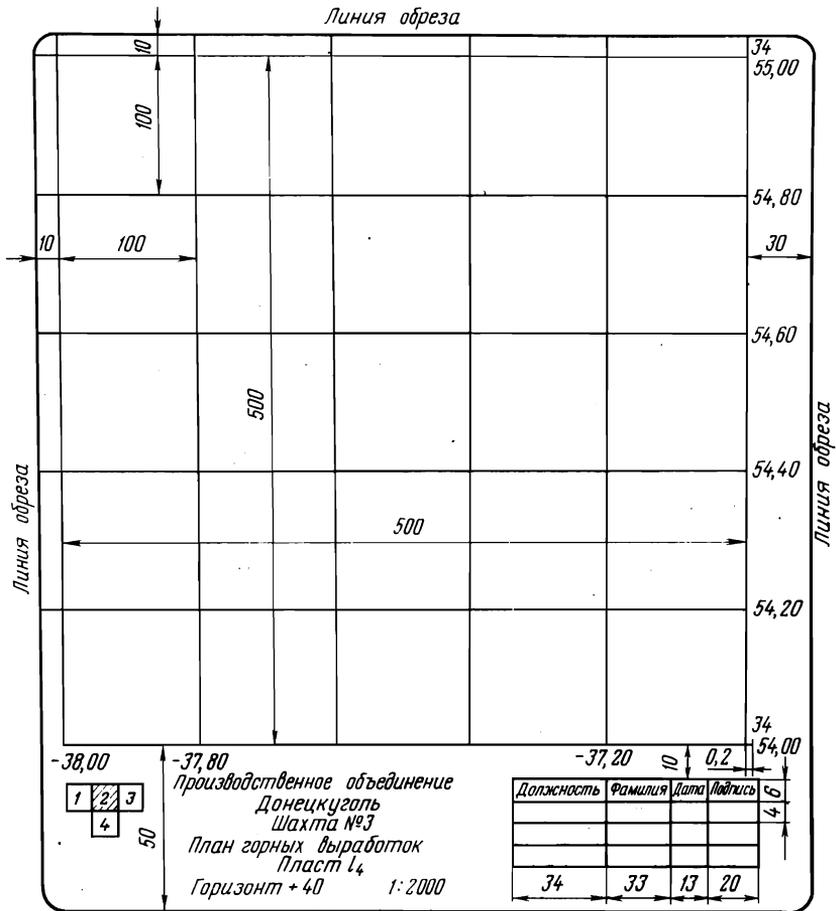


Рис. 1.1. Образец оформления планшета

вая данный планшет. Титульную надпись (название вышестоящей организации, данного горного предприятия, участка, горизонта), название чертежа и его масштаб помещают в середине нижнего поля планшета.

В правой стороне нижнего поля планшета помещают таблицу, в которой отмечают дату составления и пополнения планшета, фамилии, должности и подписи лиц, составивших планшет. На рис. 1.1 приведен образец оформления планшета.

На вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость тушью синего цвета через 50 м проводят высотные сетки с указанием их абсолютных отметок.

Исходные чертежи, как отмечалось выше, составляются на основе данных измерений. В тех случаях, когда невозможно

произвести съемку каких-либо выработок, допускается нанесение их на исходные чертежи на основании акта опроса (об этом на чертеже делают соответствующую запись).

Пункты маркшейдерских опорных и съемочных сетей наносят по их координатам  $x$ ,  $y$  с помощью координатографа или циркуля-измерителя и трансверсальной линейки. Пункты съемочных сетей 2-го разряда в очистных забоях наносят упрощенными методами.

Маркшейдерские чертежи оформляют в соответствии с действующими Условными обозначениями для горной графической документации [23]. Планы горных выработок пополняют раз в месяц (обычно на первое число каждого месяца).

Исходные маркшейдерские чертежи должны храниться в неогороженных шкафах в горизонтальном положении. Их свертывание и складывание запрещаются. Производные чертежи разрешается свертывать и складывать по формату 297×210 мм.

## **§ 6. Состав, виды и содержание маркшейдерской графической документации**

В Технической инструкции по производству маркшейдерских работ приводится состав двух обязательных комплектов маркшейдерской графической документации для каждого типа горного предприятия.

В состав чертежей земной поверхности (комплект 1) входят:

- а) чертежи, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности;
- б) чертежи, отражающие обеспеченность горного предприятия пунктами маркшейдерской опорной и съемочной сети;
- в) чертежи отводов горного предприятия.

На чертежи, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности, кроме элементов, изображаемых на обычных топографических планах, наносят специфические для горных предприятий элементы, например: провалы, воронки и отвалы старых горных разработок; выходы на земную поверхность залежей полезного ископаемого; границы горных и земельных отводов горного предприятия и т. д.

На план промышленной площадки горного предприятия наносят всю ситуацию, включая подземные (скрытые) сети коммуникаций и сооружений.

На картограмме должны быть изображены рамки планшетов или листов, границы горных, земельных и других отводов и основные элементы ситуации.

В состав чертежей горных выработок (комплект 2) входят:

- а) чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения;

б) чертежи капитальных горных выработок и транспортные пути в них;

в) чертежи по расчету предохранительных целиков.

В инструкции [22] приводятся виды чертежей, входящие в группу «а» отдельно для открытых и подземных разработок. Более того, эти чертежи при подземном способе разработки имеют различные виды и содержание в зависимости от типа месторождения (пластовые, жильные и мощные рудные).

Рассмотрим виды и содержание некоторых основных маркшейдерских чертежей этой группы.

### **Маркшейдерские чертежи при открытом способе разработки месторождений**

Планы горных выработок по горизонтам горных работ составляют отдельно по каждому горизонту карьера на основе непосредственных данных съемки.

В зависимости от размеров карьера эти планы составляются в масштабе 1:500 для небольших, 1:1000 — для средних и 1:2000 — для крупных карьеров.

Эти планы составляются в разграфке квадратных планшето-  
тов, на которых изображают:

бровки данного уступа и границы выемки на даты, установленные для периодической съемки карьера;

проектные границы поля карьера только для данного горизонта;

разведочные выработки, гидрогеологическую ситуацию, геологические контуры пород и состав руд;

пункты съемочной сети, профильные линии и т. д.

На рис. 1.2 показан образец части плана горных выработок по одному горизонту горных работ на карьере.

Сводный план горных выработок всего карьера составляется в масштабах 1:1000—1:5000 на основе погоризонтных планов путем их пантографирования. На этих планах должны быть изображены:

верхние и нижние бровки всех уступов и их высотные отметки не реже чем через 50 м;

проектные границы поля карьера, рельеф и ситуация земной поверхности;

разведочные выработки и линии вертикальных разрезов;

осыпи, обрушения, оползни;

подземные эксплуатационные и дренажные горные выработки;

внутренние отвалы;

изогипсы поверхности тел полезных ископаемых.

На рис. 1.3 представлен образец сводного плана карьера.

Вертикальные разрезы горных выработок карьера строят вкрест простирания или по поперечным

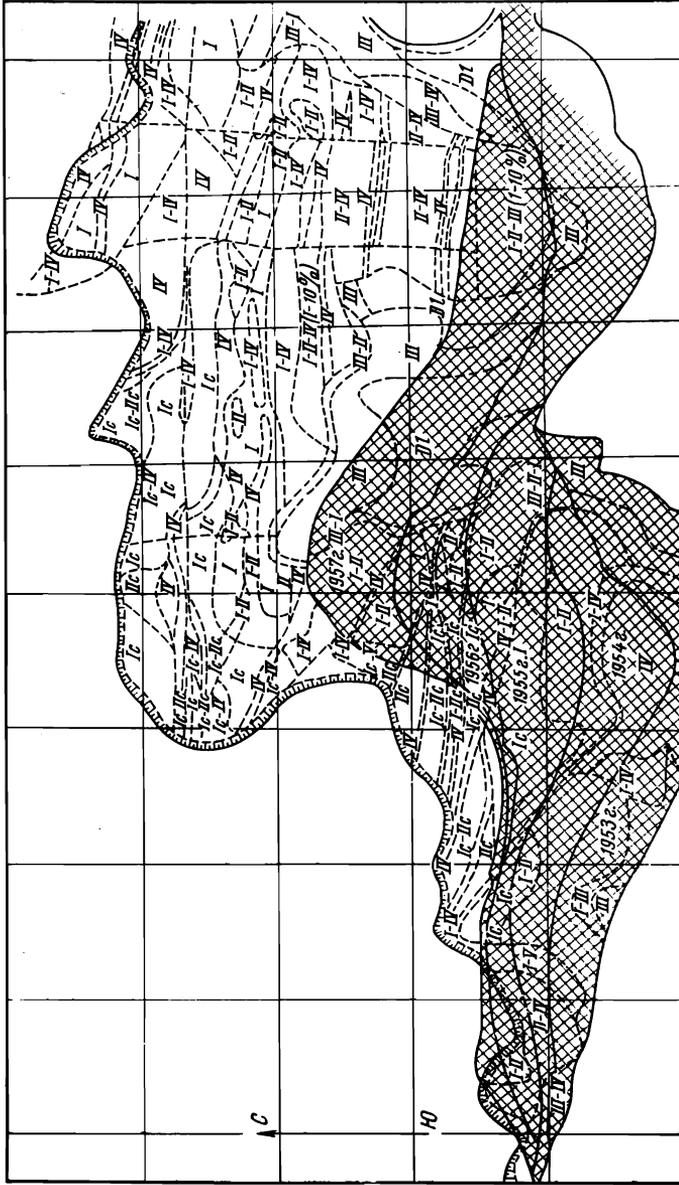


Рис. 1.2. План горных выработок по одному горизонту горных работ на карьере

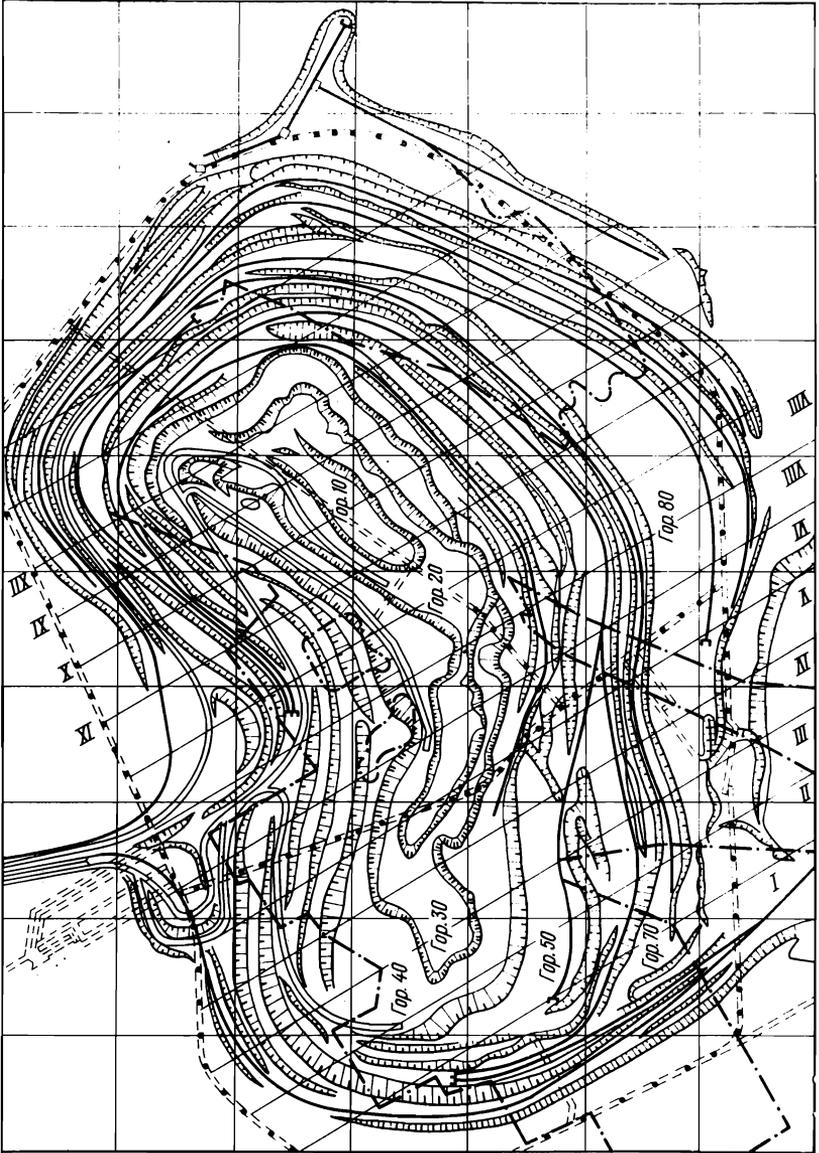


Рис. 1.3. Сводный план карьера

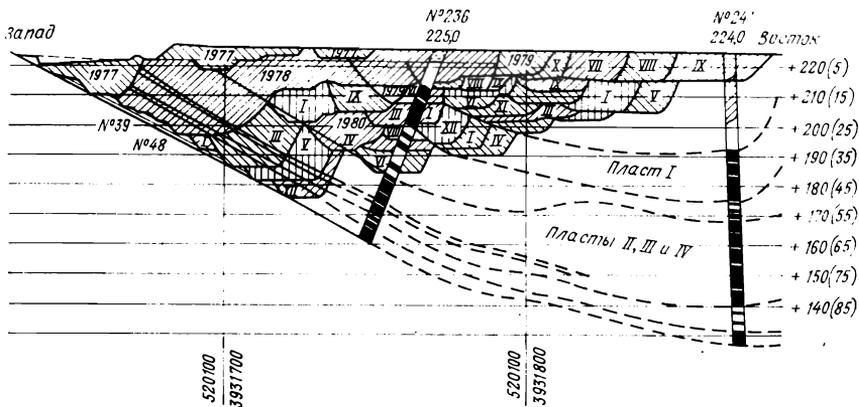


Рис. 1.4. Вертикальный разрез угольного карьера

направлениям, приуроченным к разведочным линиям. На этих разрезах, построенных в масштабе погоризонтных планов горных работ, наглядно изображаются:

профиль земной поверхности и уступов;

фактические размеры ширины берм, углов наклона откосов уступов и борта карьера;

геологическое строение месторождения;

соотношение между горными работами на добычных и вскрышных уступах и т. д.

На рис. 1.4 изображен вертикальный разрез угольного карьера.

При открытой разработке россыпных месторождений составляются планы горных выработок полигонов (общие и оперативные), а также вертикальные разрезы горных выработок полигонов (поперек и вдоль россыпи, приуроченные к разведочным линиям).

### Маркшейдерские чертежи при подземной разработке месторождений

Планы горных выработок. На них изображают технические границы шахтных полей; капитальные и подготовительные выработки; нарезные и очистные забои по данному пласту, линзе или по данному горизонту с указанием продвижения по месяцам и годам; контуры охраняемых объектов; разведочные и технические скважины; геологическую ситуацию, участки списанных запасов, пункты подземных полигонометрических ходов, закрепленные постоянными центрами; реперы в горных выработках и высоты характерных точек; линии вертикальных разрезов и следы плоскостей проекции на вертикальную плоскость.

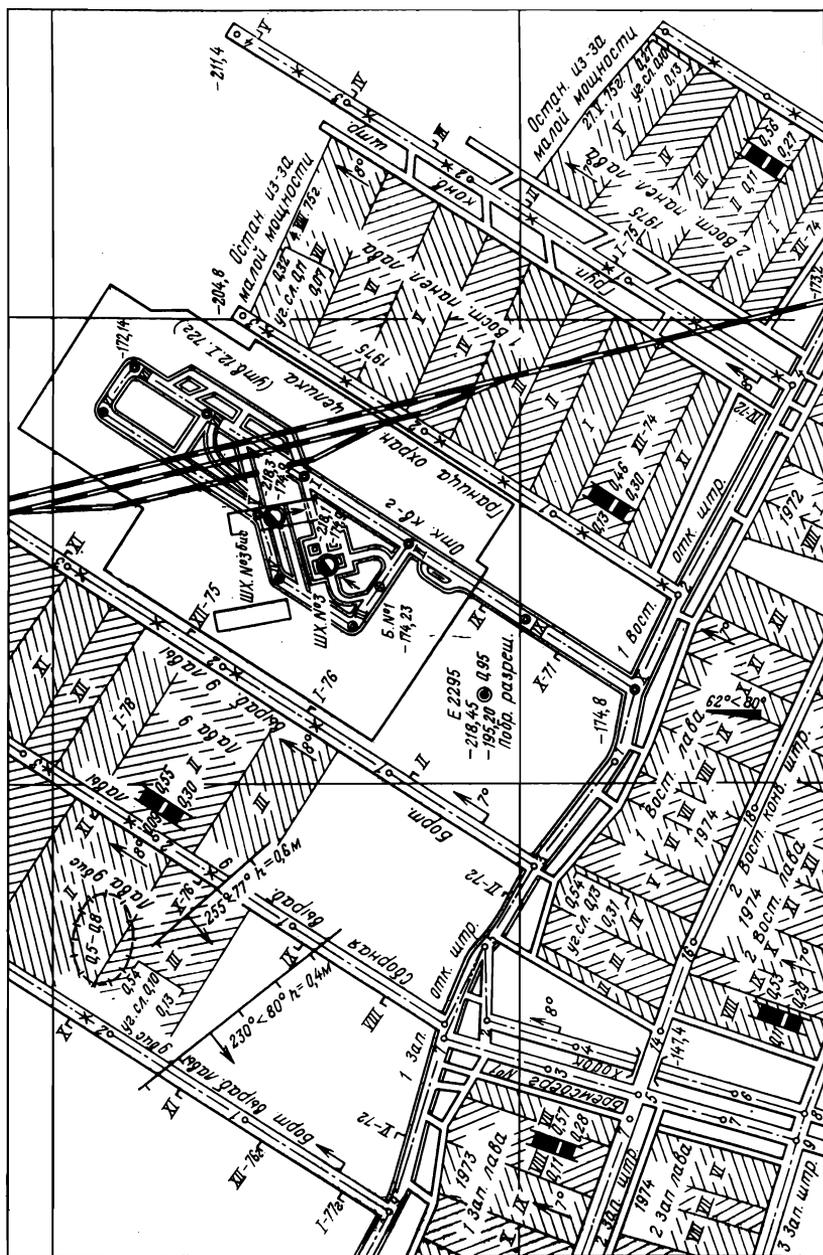


Рис. 1.5. План горных выработок по угольному пласту пологого падения

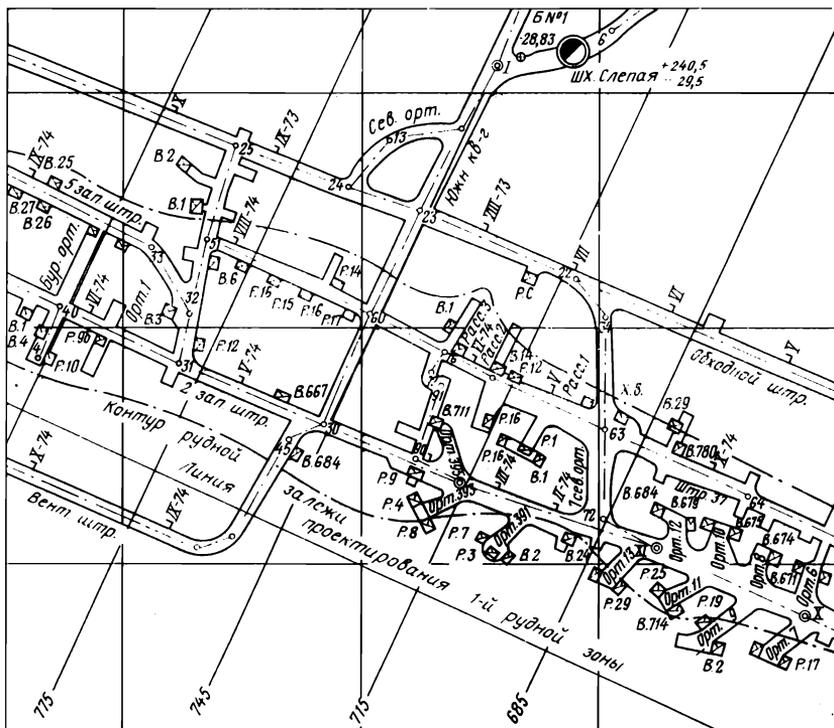


Рис. 1.6. План горных выработок по откаточному горизонту рудной шахты

На горных предприятиях, разрабатывающих пластовые залежи и россыпи, составляют планы горных выработок по каждому пласту независимо от углов их падения и мощности.

На рис. 1.5 изображен план горных выработок по угольному пласту пологого падения. Кроме того, на горных предприятиях, разрабатывающих свиты крутых пластов, и на всех рудных месторождениях составляются планы горных выработок по всем основным (транспортным) горизонтам. Образец такого плана изображен на рис. 1.6.

Проекция горных выработок на вертикальную плоскость составляют по каждому пласту (жиле) с углом падения  $60^\circ$  и более. Эти проекции составляют в масштабе планов и помещают под ним. На рис. 1.7 представлена проекция на вертикальную плоскость горных выработок рудной шахты.

Вертикальные разрезы вкрест простирания приурочиваются чаще всего к основным вскрывающим выработкам. На них изображаются профиль земной поверхности и контуры залежи полезного ископаемого, основные горизонты

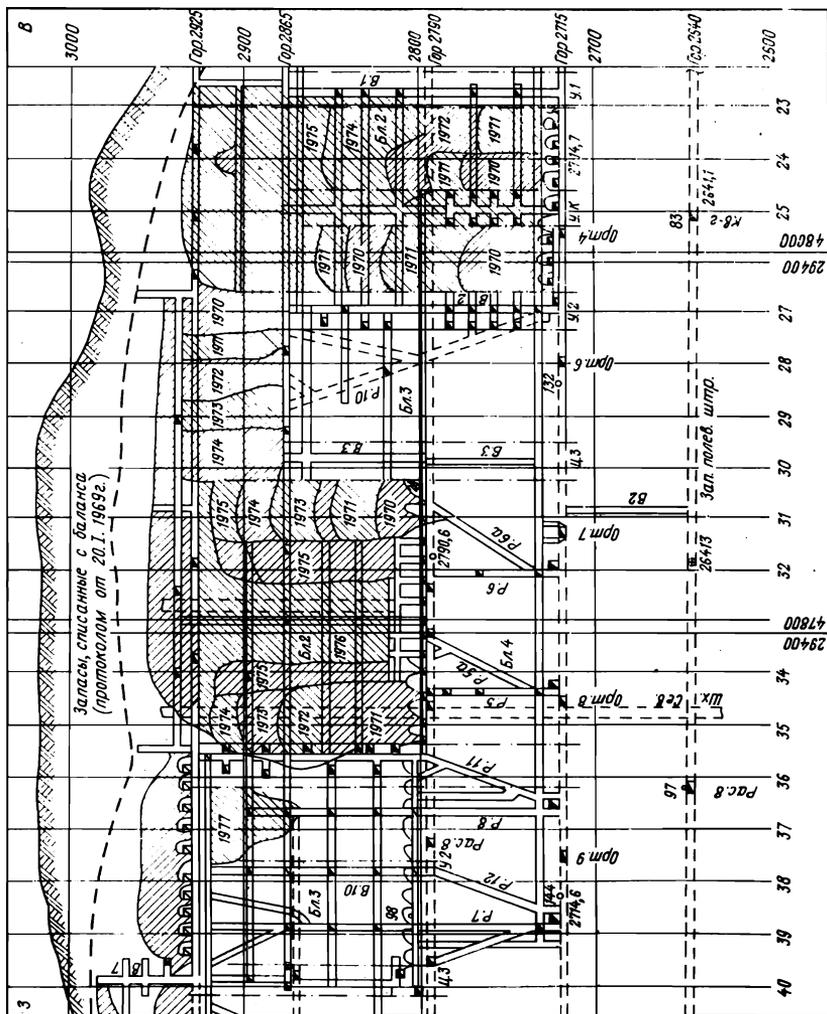


Рис. 1.7. Проекция на вертикальную плоскость горных выработок рудной шахты.

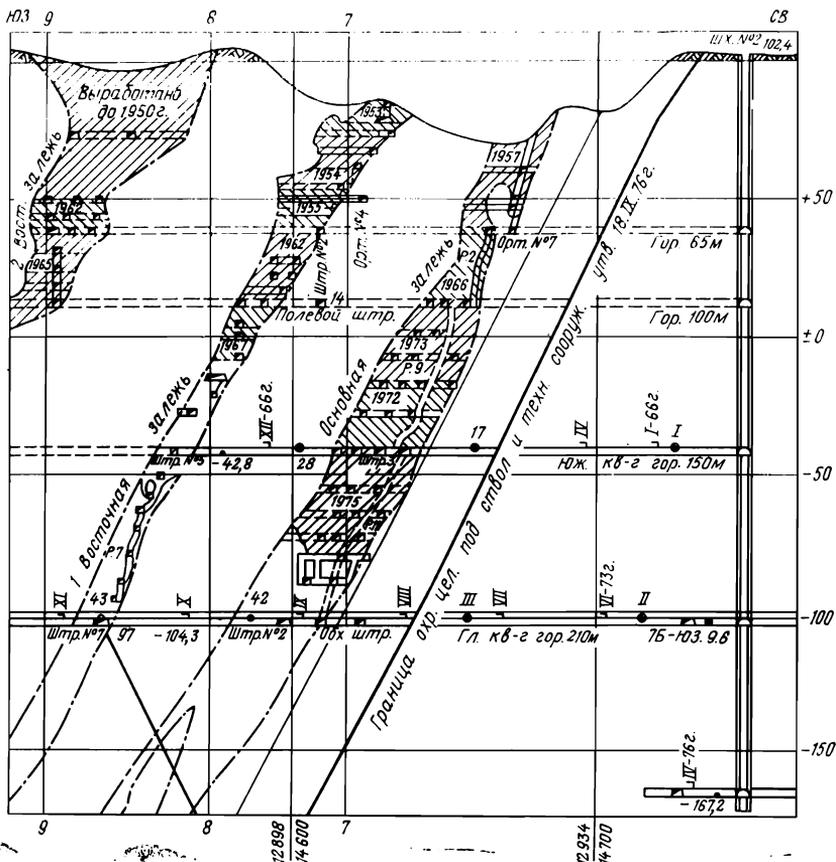


Рис. 1.8. Вертикальный разрез вкрест простирания рудных тел

горных работ и т. д. На рис. 1.8 показан вертикальный разрез вкрест простирания рудных тел.

Комплект чертежей очистных блоков составляется при разработке мощных рудных залежей, так как при этом на погоризонтных планах, проекциях и разрезах горных работ всей шахты не могут быть изображены детали очистной выемки. В связи с этим для каждого очистного блока составляется комплект чертежей. Виды и характер этих чертежей зависят от системы разработки.

На рис. 1.9 представлены образцы таких чертежей при разработке блока системой подэтажных штреков.

Продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках. На них изображают: горизонт, относительно которого наносят высоты пикетных

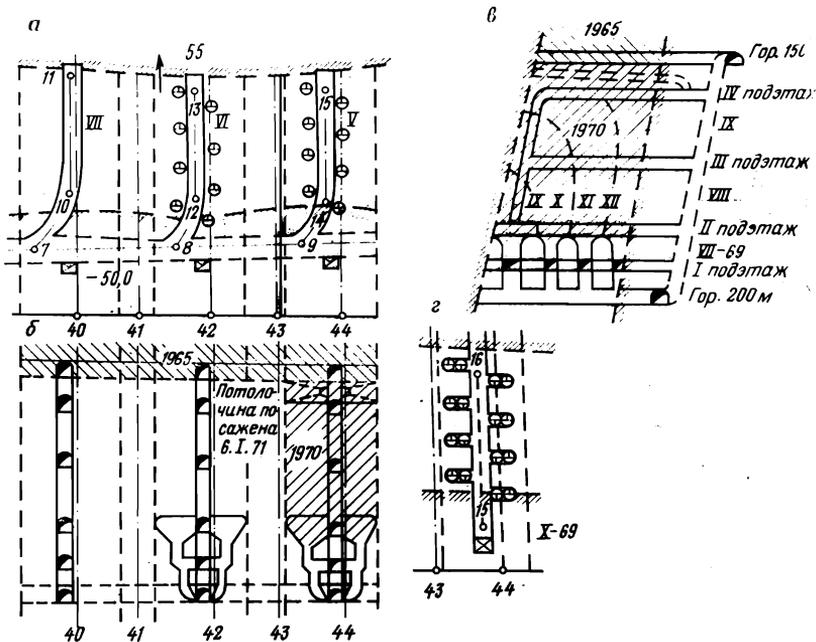


Рис. 1.9. Комплект чертежей для блока при разработке системой подэтажных штретков:  
 а — план основного горизонта; б — проекция на вертикальную плоскость; в — разрез вкрест простирания; г — план подэтажа

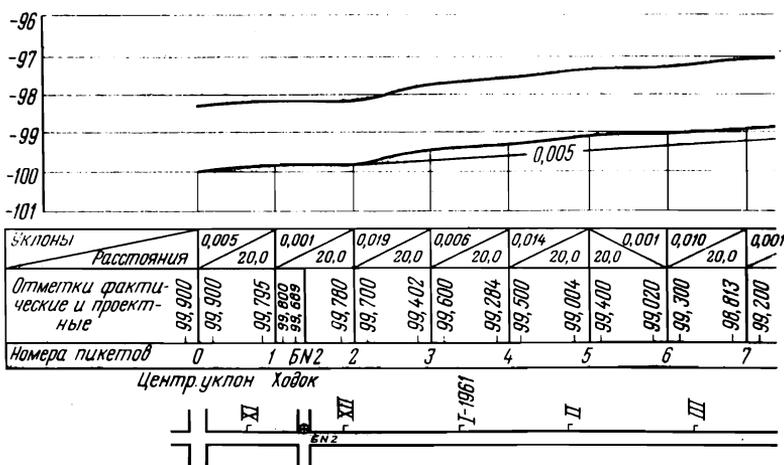


Рис. 1.10. Часть продольного профиля рельсового пути по откаточной выработке

точек; пикетные точки, реперы и пункты маркшейдерской опорной и съемочной сети, имеющие высотные отметки; продольный профиль пути по проекту и по данным нивелировки; профиль кровли выработки; даты проведения выработки по месяцам. Профиль должен быть дополнен таблицей и схематическим планом выработки. В таблицу вписывают уклоны, расстояния между пикетными точками, а также проектные и фактические отметки пикетных точек головки рельса.

На рис. 1.10 показана часть продольного профиля рельсового пути по откаточной выработке.

## § 7. Решение простейших задач по маркшейдерским чертежам

Маркшейдерские чертежи являются геометрической основой для решения весьма разнообразных задач, возникающих при проектировании геологоразведочных и горных работ, а также в процессе разведки и эксплуатации месторождений. Принципы решения этих задач рассматриваются в соответствующих главах книги. В данном параграфе рассматривается решение по маркшейдерским чертежам некоторых простейших задач общего характера. Решение всех этих задач связано с измерением на чертежах линейных и угловых величин, а также с определением высотных отметок точек и с производством вычислений.

Следует учесть, что графические построения этих чертежей осуществлены с определенной точностью. Графическая точность нанесения на чертежах наиболее ответственных точек (пункты опорной и съемочной сетей) составляет  $\pm 0,2$  мм, а для контурных точек она значительно ниже. Кроме того, измерения длин отрезков на чертежах также сопровождаются некоторыми неизбежными случайными погрешностями.

Таким образом, в результате наличия погрешностей построений чертежей и измерений по ним длин отрезков общая погрешность их определения по чертежам составит 0,4 мм. При использовании чертежей в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000 абсолютная погрешность определения длин отрезков в натуре составит соответственно  $\pm 0,2$ ,  $\pm 0,4$ ,  $\pm 0,8$  и  $\pm 2,0$  м.

Следовательно, для повышения точности решаемых по маркшейдерским чертежам задач необходимо пользоваться чертежами, составленными в крупных масштабах. При решении задач с использованием маркшейдерских чертежей следует помнить, что на них нанесены не истинные длины линии, а их проложения на плоскость проекции.

Рассмотрим решение нескольких задач.

**Задача 1.** Определить по плану в масштабе 1:М истинную длину  $L$  отрезка линии (длину подвигания выработки за отчетный период, размер очистной выемки и т. д.).

При решении ответственных задач длину  $l$  отрезка на плане измеряют с помощью измерителя и поперечного масштаба, а при решении менее ответственной задачи — с помощью линейки со скошенным краем и миллиметровыми делениями. Если отрезок линии расположен вдоль горизонтальной выработки, то ее истинную длину определяют по формуле

$$L = lM. \quad (1.1)$$

Если же линия расположена вдоль наклонной выработки с известным углом наклона  $\delta$ , то истинную ее длину вычисляют по формуле

$$L = \frac{lM}{\cos \delta}. \quad (1.2)$$

**Задача 2.** Определить длину крутой выработки, изображенной в проекции на вертикальную плоскость. На чертеже измеряют длину выработки  $l$  и, имея ее угол наклона  $\delta$ , истинную длину выработки определяют по формуле

$$L = \frac{lM}{\sin \delta}. \quad (1.3)$$

**Задача 3.** От точки  $a$  в заданном направлении на плане отложить измеренное в натуре наклонное расстояние  $L$  с углом наклона  $\delta$ . Сначала вычисляют горизонтальную проекцию линии, равную  $L \cos \delta$ , а затем от точки  $a$  на плане в заданном направлении откладывают величину отрезка

$$l = \frac{L \cos \delta}{M}. \quad (1.4)$$

**Задача 4.** Определить по плану уклон  $i$  и угол наклона  $\delta$  горной выработки между точками  $a$  и  $b$ . Если на плане не указан угол наклона выработки, но даны высотные отметки  $z_A$  и  $z_B$  точек  $A$  и  $B$  в метрах, то уклон  $i$  и угол наклона  $\delta$  вычисляют по формуле

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{z_B - z_A}{lM}, \quad (1.5)$$

где  $l$  — длина отрезка  $ab$ , измеренная на плане, мм;  $M$  — знаменатель масштаба плана.

Угол наклона  $\delta$  выработки можно определить и графически по ее вертикальному разрезу. Наклонные выработки характеризуются углом их наклона  $\delta$  в градусах, а откаточные выработки — уклоном  $i$  в тысячных долях ( $\text{‰}$ ). Например, если  $i = +0,005 = +5\text{‰}$ , это значит, что рельсовый путь по выработке на каждом метре пути поднимается на 5 мм.

*Задача 5.* Определить по плану объем выработанного пространства пластообразной залежи. Истинную длину  $L_1$  и ширину  $L_2$  выработанного пространства в зависимости от их направления определяют по формулам, приведенным выше. Далее, имея среднюю истинную вынимаемую мощность  $m$  залежи, вычисляют объем выработанного пространства по формуле

$$V = L_1 L_2 m. \quad (1.6)$$

*Задача 6.* Определить глубину залегания залежи в заданной точке  $A$ . Для решения этой задачи по гипсометрическому плану поверхности всяческого бока залежи определяют высотную отметку этой точки  $z'_A$ . Затем наносят точку  $A$  по ее координатам  $x_A, y_A$  на топографический план и определяют отметку этой же точки на поверхности земли ( $z_A$ ). Глубину залегания залежи в точке  $A$  определяют из выражения  $h = z_A - z'_A$ .

## Глава 2

# МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ РАЗВЕДУЕМОГО УЧАСТКА

Маркшейдерские работы на земной поверхности выполняются для региональных геологосъемочных, поисковых и разведочных нужд, а также для проектирования и строительства горных предприятий.

Геодезические работы и топографические съемки, выполняемые для нужд горной промышленности, относятся к маркшейдерским работам.

Топографические и маркшейдерские работы при геологической разведке месторождений полезных ископаемых производятся в соответствии с утвержденным проектом при обязательном выполнении требований маркшейдерской инструкции [22] и Основных положений по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ [15].

Эти работы включают:

- 1) построение опорных маркшейдерских и съемочных сетей;
- 2) топографическую съемку и составление топографической основы для отчетных геологических карт;
- 3) перенос в натуру проектных геометрических данных разведки и привязку геологоразведочных выработок и других объектов;
- 4) маркшейдерское обеспечение проходки геологоразведочных выработок.

Работы по построению маркшейдерских опорных и съемочных сетей, а также по съемке земной поверхности выполняются в порядке, установленном Главным управлением геодезии и картографии (ГУГК) при Совете Министров СССР.

## § 8. Маркшейдерские опорные и съемочные сети

Маркшейдерские опорные сети на территориях разведываемых месторождений полезных ископаемых и экономической заинтересованности горных предприятий состоят из пунктов государственной геодезической сети и геодезической сети местного значения.

Государственная геодезическая сеть включает сети триангуляции, трилатерации, полигонометрии 1, 2, 3, 4-го классов и нивелирные сети I, II, III и IV классов.

Геодезические сети местного значения состоят из аналитических сетей, сетей полигонометрии 1-го и 2-го разрядов и сетей технического нивелирования.

Работы по созданию и развитию государственной геодезической сети 1, 2 и 3-го классов выполняют ГУГК. Работы по развитию государственных сетей 3-го класса могут выполнять и ведомственные учреждения, но по согласованию с ГУГК.

Государственные геодезические сети 4-го класса и сети местного значения создаются главным образом специализированными организациями, а также маркшейдерскими отделами горных и геологоразведочных предприятий.

Государственные сети местного значения, как правило, развивают на основе пунктов государственной геодезической сети СССР. В случае отсутствия в данном районе пунктов государственной геодезической сети для обоснования съемок земной поверхности и открытых горных разработок разрешается создавать самостоятельные геодезические сети 1-го и 2-го разрядов при условии, что площадь участков не превышает 500 км<sup>2</sup> для съемки в масштабе 1 : 5000 и 100 км<sup>2</sup> — для съемки в масштабе 1 : 2000.

Согласно маркшейдерской инструкции [22], съемки разрешается выполнять даже только на основе пунктов съемочной сети, если площади участков не превышают 20 км<sup>2</sup> для съемки в масштабе 1 : 5000 и 10 км<sup>2</sup> — для съемки в масштабе 1 : 2000.

Высоты пунктов триангуляции и полигонометрии всех классов и пунктов сети местного значения 1-го разряда определяют геометрическим нивелированием IV класса, а для пунктов сетей 2-го разряда — техническим нивелированием.

Съемочные сети развиваются на основе пунктов опорной сети и служат непосредственной основой для производства съемки контуров и рельефа местности, перенесения проекта разведочных выработок в натуру, привязки разведочных выработок и объектов геологоразведочных наблюдений (места взятия проб, естественные и искусственные обнажения и т. д.) и других работ.

Съемочные сети состоят из основных пунктов и определяемых в дополнение к ним съемочных точек.

На открытой и полузакрытой местности основные пункты съемочной сети определяют:

1) проложением цепочек треугольников и построением фигур в виде центральной системы, геодезического четырехугольника и др.;

2) прямыми, обратными и комбинированными засечками.

На закрытых участках местности пункты съемочной сети определяют проложением теодолитных ходов. Эти пункты должны по возможности равномерно покрывать площадь съемки.

При необходимости дальнейшее сгущение сети может быть осуществлено путем прокладки висячих ходов с числом пунк-

тов не более трех и другими способами в зависимости от назначения съемки.

Высоты пунктов съемочного обоснования при топографических съемках определяются техническим нивелированием при сечении горизонталями менее, чем через 1 м, и тригонометрическим нивелированием — при большем сечении.

В состав пунктов съемочной сети при производстве некоторых видов геологоразведочных работ включаются четкие контурные точки местности, координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  которых определены по топографическим картам (планам), фотопланам (только  $x$  и  $y$ ) или фотограмметрическим способом.

При производстве гравиметрической съемки, сейсморазведки, электроразведки и магнитной съемки в зависимости от принятых методов разведки, масштабов съемки и других факторов координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  геологических точек наблюдений определяются с различной точностью, приведенной в табл. 3, 4, 5, 6 и 7 Основных положений по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ [15].

## § 9. Топографические съемки поверхности

Топографические съемки поверхности земли выполняются как для нужд геологоразведочных работ, так и для проектирования и строительства горных предприятий.

Масштаб съемки устанавливается в зависимости от стадии геологоразведочных и проектно-изыскательских работ. При поисково-разведочных работах топосъемки выполняются в масштабах 1 : 25 000—1 : 10 000, а при предварительной разведке — в масштабах 1 : 10 000—1 : 5000.

При детальной разведке в зависимости от формы рельефа местности, степени сложности геологического строения разведываемого месторождения топографические съемки ведутся в масштабах 1 : 5000—1 : 2000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5; 1,0 и 2,0 м.

На различных стадиях проектирования и строительства горных предприятий топографические съемки производят в масштабах 1 : 2000—1 : 500 с сечением рельефа горизонталями через 0,5—2,0 м.

Основным методом топографической съемки сравнительно больших территорий в масштабах 1 : 25 000—1 : 2000 является метод воздушной стереофотографической съемки. Комбинированный метод аэрофотосъемки (мензуральная съемка рельефа на фотоплане) применяется в заселенной равнинной местности или в каких-то обоснованных случаях. В гористой местности и в ущельях с преимущественно открытой поверхностью рельефа целесообразно применение наземной стереофотограмметрической (фототеодолитной) съемки.

Мензультную съемку в масштабах 1 : 5000 и 1 : 2000 применяют в тех случаях, когда производство аэрофотосъемки нецелесообразно или местность, подлежащая съемке, бедна контурами.

Тахеометрическую съемку применяют только для составления крупномасштабных планов небольших территорий. В отдельных случаях, когда возникает необходимость в изображении контуров на плане или карте более крупно, масштаб плана или карты принимается крупнее, чем масштаб съемки. При этом на плане или карте следует указать как масштаб их составления, так и масштаб съемки.

## **§. 10. Составление топографической основы для отчетных геологических карт и планов**

Геометрической основой для составления графической геологической документации на всех этапах геологоразведочных работ является топографический план или карта. На эту основу наносятся результаты геометрических и других параметров геологоразведочных работ и получают отчетные геологические карты или планы.

При геологосъемочных, поисковых и поисково-разведочных работах в масштабах 1 : 10000 и мельче исходными материалами для создания топографических основ являются государственные топографические карты соответствующих масштабов. При отсутствии этих материалов топографическая основа может создаваться по материалам аэрофотосъемки (аэрофотоснимки, фотопланы, уточненные фотосхемы) с использованием координат и высот объектов геологоразведочных наблюдений или путем увеличения имеющихся топографических карт до смежного, более крупного масштаба.

Для составления геологических планов в масштабе 1 : 5000 и крупнее как при поисково-разведочных работах, так и при предварительной и детальной разведках (кроме эксплуатационной) топографическая основа создается различными методами.

1. Метод составления применяется:

а) при наличии топографических планов необходимых масштабов;

б) если на местности существует опорная геодезическая сетка, между твердыми точками которой рельеф и необходимая топографическая ситуация могут быть нанесены на основу линейным интерполированием;

в) если на участках съемки имеются материалы аэрофотосъемки, а наземным планово-высотным обоснованием служат точки опорной геодезической сетки или опознанные объекты геологических наблюдений (устья шахт, штолен, шурфов, скважин, четкие контуры мелких выработок и естественных обнажений).

2. Метод специализированной топографической съемки применяется в следующих случаях:

а) если густота опорной геодезической сетки недостаточна для камерального интерполирования рельефа и топографической ситуации и появляется необходимость в дополнительном полевом геодезическом исследовании;

б) если участок съемки покрыт густой гидрографической сетью, рельеф достаточно сложный и материалы аэрофотосъемки отсутствуют. В этих случаях топооснову можно создать методами мензульной, тахеометрической или фототеодолитной съемок.

3. Метод обновления существующих топографических карт или планов может применяться:

а) при камеральном исправлении их содержания по новым материалам аэрофотосъемки, данным текущих измерений, дополнительных съемок и т. д.;

б) при исправлении их содержания в поле в процессе создания опорной геодезической сетки или привязки пунктов геолого-геофизических наблюдений.

Создание топографической основы может быть осуществлено также путем увеличения масштаба топографической карты пантографированием или фотомеханическим способом с коэффициентом увеличения не более 2,5.

При геологосъемочных, поисковых и поисково-разведочных работах масштаб топографической основы должен соответствовать масштабу отчетной карты, а при предварительной и детальной разведках (исключая эксплуатационные) масштабы топографических основ для различных стадий геологоразведочных работ устанавливаются по данным, приведенным ниже.

Стадии геологоразведочных работ	Масштабы топографических основ
Предварительная разведка . . . . .	1:10000—1:5000
Детальная разведка месторождений:	
металлических полезных ископаемых . . .	1:10000—1:1000
карбонатных пород, фосфоритов, песка и гравия . . . . .	1:25000—1:5000
солей . . . . .	1:25000—1:10000
угля и горючих сланцев . . . . .	1:10000—1:2000
подземных вод (пресных, минеральных, термальных, промышленных) . . . . .	1:10000—1:5000
прочих неметаллических полезных ископаемых . . . . .	1:10000—1:5000

При составлении топографической основы следует учесть, что требования к ее точности значительно ниже, чем при составлении топографических карт государственного издания.

Другой особенностью топографической основы для отчетных геологических карт является та, что часть топографических элементов, обязательно наносимых на обычные топографические

карты и планы, на топооснове не изображается для возможности нанесения на ней дополнительных данных геологической разведки.

Характер и степень разгрузки топографических элементов на топооснове зависят от назначения последней. Например, на топографических основах геофизических карт рельеф изображается по специальному указанию в техническом проекте, а ситуация наносится только та, которая изложена в тексте отчета. На топографической основе наносятся только пункты геодезической сети, которые используются при составлении геолого-геофизических карт (пункты или объекты геологоразведочных наблюдений, пункты геодезической сетки и т. д.).

Населенные пункты на топографических основах наносятся без детализации.

## **§ 11. Способы привязки объектов геологоразведочных наблюдений**

Привязкой объектов геологических наблюдений называется совокупность полевых измерений и камеральных вычислений, в результате которых определяется пространственное положение этих объектов (точек) местности.

Геодезической основой для выполнения привязочных работ являются существующие на данной местности сети планово-высотных пунктов. Такими пунктами могут служить также ориентиры и четкие контурные точки местности, расположенные вблизи привязываемых объектов, координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  которых определены по топографическим картам, планам или фотопланам.

Координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  объектов (точек) геологоразведочных наблюдений, полученные в результате привязочных работ, используются:

а) для нанесения этих точек на специальные карты, планы и разрезы с точностью, обеспечивающей надежность интерпретации результатов наблюдений и достоверность подсчета запасов полезных ископаемых;

б) для определения на графических материалах границ месторождений, рудных полей, отдельных тел полезных ископаемых, подсчетных блоков (фигур) или выявления геофизических аномалий;

в) для определения (вычисления) отдельных геологоразведочных параметров, например площадей блоков, элементов залегания залежи, аномалий силы тяжести и т. д.

Точность привязочных работ при геологической разведке зависит от этапа, стадии и масштаба геологосъемочных работ.

При геологической съемке, поисках и разведке месторождений твердых полезных ископаемых плановое и высотное

положение точек геологических наблюдений, не выражающихся в масштабе геологической карты, должно быть определено со средней квадратической погрешностью, не превышающей величин, приведенных в табл. 2.1.

ТАБЛИЦА 2.1

Этапы и стадии геологоразведочных работ	Средняя квадратическая погрешность поло- жения объектов геологических наблюдений относительно исходных пунктов, м		Исходные пункты
	в плане	по высоте	
1. Геологическая съемка, поиски и поисково-разведочные работы в масштабах: 1:100 000 и мельче 1:50 000 1:25 000	80 (100) 40 (50) 20 (25)	10 (20) 5 (10) 2 (3)	Ближайшие точки съемочного обоснования
2. Поиски, поисково-разведочные работы в масштабе 1:10 000 и предварительная разведка при расстояниях между выработками более 500 м	5	1 (2)	Пункты геодезических сетей сгущения
3. Поисково-разведочные работы в масштабе 1:5000 и крупнее, а также предварительная и детальная разведка при расстояниях между выработками менее 500 м	2	0,5	»

Примечание. В скобках указаны данные для горных районов, пустынь и лесенных районов.

Допустимые погрешности привязки равны удвоенным значениям средних квадратических погрешностей, приведенных в этой таблице. Следовательно, указанные привязочные работы могут быть выполнены с невысокой точностью. Особенно низка требуемая точность при геологических съемках, поисках и поисково-разведочных работах в мелких масштабах, что обуславливает возможность применения упрощенных способов привязки.

Привязка устьев штолен и шахт, а также скважин, проектные глубины которых достигают горизонтов подземных выработок, должна выполняться с высокой точностью в соответствии с требованиями маркшейдерской инструкции [22]. Следова-

тельно, в зависимости от требуемой точности привязочные работы могут быть выполнены различными способами.

Учитывая, что некоторые виды привязочных работ приходится выполнять самим геологам, ниже приводится несколько подробнее их описание.

*Привязка по топографическому плану.* Этот способ привязки отличается от остальных тем, что он не требует наличия пунктов геодезической сети. Он является наиболее простым, не требующим полевых измерений, но вместе с тем и неточным.

Данный способ привязки применяется только при поисковых мелкомасштабных съемках, когда объекты (точки) геологических наблюдений расположены вблизи четко выраженных элементов ситуации и рельефа местности, изображенных на карте. В этих случаях привязочные работы выполняются следующим образом:

а) если точка совпадает с контурной точкой, то работа сводится к опознанию точки на карте;

б) если привязываемая точка находится на линии, соединяющей две контурные точки местности, то положение привязываемой точки определяется промером расстояния ее от одной из контурных точек;

в) если привязываемая точка расположена в стороне, но вблизи двух контурных точек, то ее положение определяется линейной засечкой от двух контурных точек или методом перпендикуляров.

Высотные отметки привязываемых точек при необходимости определяют по горизонталям топографической карты.

### Упрощенный способ

Упрощенный, или глазомерный способ привязки основан на применении простейших способов полевых измерений, но с обязательной привязкой к ближайшим пунктам геодезической сети, нанесенным на карте.

Азимуты направлений измеряют обычным геологическим компасом, а расстояния между точками — шагами. Для определения цены одного шага на местности рулеткой откладывают отрезок длиной 100 м и при обычной ходьбе между концами этого отрезка считают число шагов  $n$ . Цена одного шага при этом будет равна  $(100 : n)$  м.

Для привязки группы объектов (точек) 1, 2, 3 и 4 геологических наблюдений через них прокладывают вспомогательный замкнутый (рис. 2.1, а) или разомкнутый (рис. 2.1, б) ход. Одна из вершин замкнутого хода должна совместиться с пунктом  $M$  геодезической сети. При разомкнутом ходе его концы должны опираться на пункты  $N$  и  $T$  геодезической сети.

Измерения начинают с пункта  $M$  замкнутого хода или пункта  $N$  разомкнутого хода. При этом встают на пункт  $M$  и

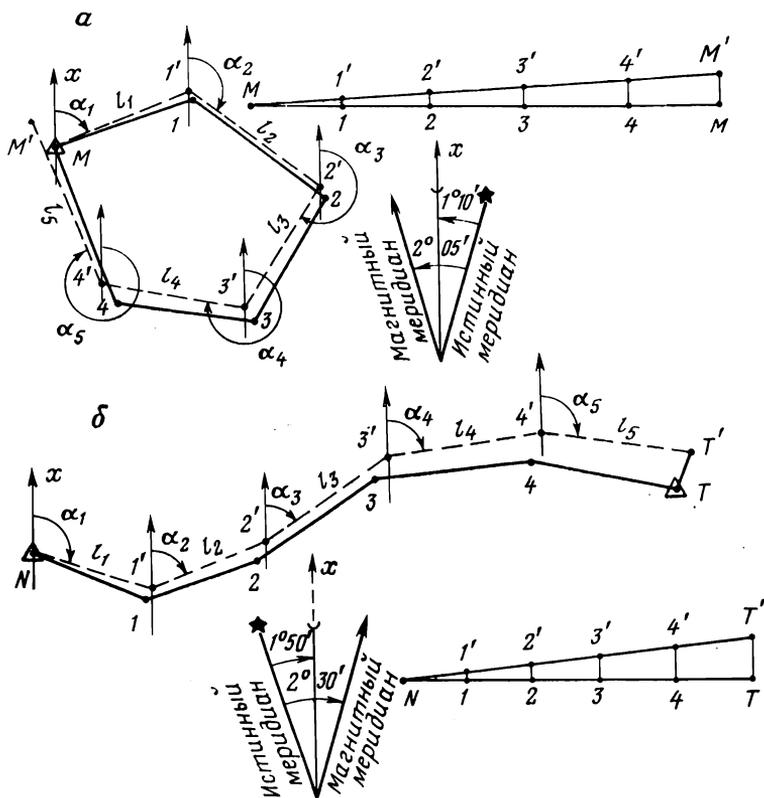


Рис. 2.1. Привязка пунктов (объектов) геологических наблюдений проложением вспомогательного хода между ними

держат горный компас горизонтально на уровне глаз на высоте  $i$ , направляют его длинное ребро на точку  $1$  так, чтобы буква «С» (Север) на компасе была расположена впереди и под северным концом магнитной стрелки, на лимбе берут отсчет  $A_1$ , представляющий собой магнитный азимут направления  $M-1$ . Если угол наклона  $\delta$  направления превышает  $5^\circ$ , то его измерение также выполняют горным компасом. Для этого компас устанавливают вертикально и длинное ребро его направляют на ту же высоту  $i$  вески, установленной на точке  $1$ . Расстояние  $L_1$  от точки стояния  $M$  до точки  $1$  измеряют шагами. После прихода на точку  $1$  для контроля измеряют обратный азимут направления  $1-M$  и угол его наклона. Из двух измерений берут средние их значения.

Аналогичным образом производят измерения по остальным сторонам хода, определяют длину сторон  $L_2, L_3, L_4, L_5$  и азимуты  $A_2, A_3, A_4, A_5$  их направлений.

Камеральные вычисления заключаются в следующем:

а) вычисляют горизонтальные проложения сторон  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5$  по формуле

$$l = L \cos \delta; \quad (2.1)$$

б) от измеренных магнитных азимутов  $A_1, A_2, A_3, A_4$  и  $A_5$  направлений переходят к их дирекционным углам  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  и  $\alpha_5$ , для чего пользуются приведенной в нижней части топографической карты схемой взаимного расположения магнитного и истинного меридианов и линии сетки (оси  $x$ ).

Для случая, приведенного на рис. 2.1, а,

$$\alpha = A - (2^\circ 05' - 1^\circ 10') = A - 0^\circ 55'.$$

Для случая, приведенного на рис. 2.1, б,

$$\alpha = A + (2^\circ 30' - 1^\circ 50') = A + 0^\circ 40'.$$

Затем по длине горизонтальных проложений и дирекционным углам сторон, начиная от исходной точки ( $M$  на рис. 2.1, а и  $N$  на рис. 2.1, б), накладывают на карту точки  $1', 2', 3'$  и  $4'$  геологических наблюдений. В результате неизбежных случайных погрешностей измерений положения этих точек получают искаженными. Абсолютная линейная невязка ( $MM'$  для замкнутого хода и  $TT'$  для разомкнутого хода) не должна превышать 1:200 длины хода. Распределение линейных невязок производится графически (пропорционально расстоянию этих точек от начала хода) путем откладывания от нанесенных точек  $1', 2', 3'$  и  $4'$  отрезков  $1'-1, 2'-2, 3'-3$  и  $4'-4$  по направлению, противоположному линейной невязке хода.

В результате получают исправленные положения точек 1, 2, 3 и 4, которые окончательно наносят на карту. Высотное положение этих точек определяется по горизонталям топографической карты.

В тех случаях, когда пункты геодезической сети находятся на больших расстояниях и когда измерения расстояний сложны, привязку точек наблюдений производят методом прямой и обратной засечек.

При прямой засечке на двух пунктах  $A$  и  $B$  геодезической сети, обозначенных на карте и образующих базис, измеряют горизонтальные углы между базисом и направлением на привязываемую точку. Для контроля измеряют также горизонтальный угол при привязываемой точке, который не должен быть слишком острым или тупым.

Горизонтальные углы получают как разность измеренных компасом азимутов направлений, образующих измеряемые углы. Построение точек на карте выполняется графическим откладыванием измеренных углов при базисе.

При обратной засечке положение привязываемой точки на карте определяется без измерений на пунктах геодезической сети. Для этого достаточно измерить горизонтальные

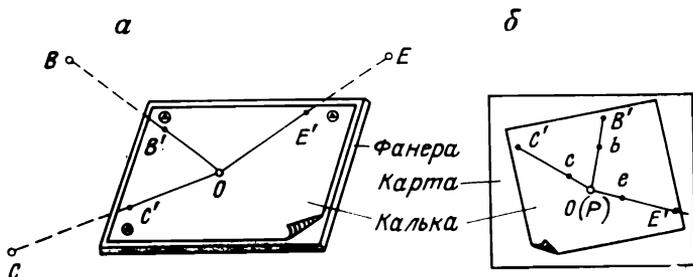


Рис. 2.2. Привязка точки обратной засечкой упрощенным графическим методом проф. А. П. Болотова

углы при привязываемой точке между направлениями на три (для контроля на четыре) опорные точки, хорошо видимые на местности и обозначенные на карте. Опорными пунктами могут служить не только геодезические пункты, но и четко выраженные объекты местности.

Простейший графический способ решения этой задачи предложен проф. А. П. Болотовым применительно к мензуральной съемке. При упрощенном способе решения этой задачи выполняют следующие действия:

1) берут лист фанеры размером около  $40 \times 40$  см, на который при помощи кнопок укрепляют кальку, и в середине его карандашом намечают произвольную точку  $O$  (рис. 2.2, а);

2) на привязываемой точке  $P$  устанавливают лист фанеры на удобной для работы высоте;

3) совмещают один конец линейки с точкой  $O$ , а другой конец поочередно устанавливают так, чтобы визирная линия, проходящая вдоль линейки, последовательно была направлена на выбранные опорные точки  $C$ ,  $B$  и  $E$  местности, и прочерчивают линии, обозначив концы направлений буквами  $C'$ ,  $B'$  и  $E'$ ;

4) накладывают кальку на карту (рис. 2.2, б) так, чтобы все три направления  $OC'$ ,  $OB'$  и  $OE'$  точно проходили через обозначенные на карте соответствующие опорные точки  $c$ ,  $b$  и  $e$ . Если точки  $P$ ,  $C$ ,  $B$  и  $E$  не находятся на одной окружности, то такое положение кальки может быть только одно;

5) перекальвая точку  $O$  с кальки на карту, получают плановое положение привязываемого пункта  $P$  на карте.

### Упрощенно-инструментальный способ

Упрощенно-инструментальный, или полуинструментальный, способ привязки отличается от упрощенного способа только тем, что линейные и угловые измерения производятся с более высокой точностью. В частности, линейные измерения производятся не шагами, а мерной лентой, рулеткой или нитяным дальномером. Азимуты сторон ходов и, следовательно, горизонталь-

ные углы измеряются не компасом, а буссолью с диоптрами, которую устанавливают на легком штативе.

Углы наклона линии измеряются эклиметром. В гористой местности превышения точек определяют барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Точность плановой привязки этим способом составляет 1 : 400—1 : 500, а высотной привязки — примерно половине сечения горизонталей.

Данный способ привязки пунктов геологических наблюдений применяется при поисково-разведочных работах в масштабе 1 : 10 000 и мельче.

### **Инструментальный способ**

Инструментальный способ привязки применяется для нанесения на крупномасштабные карты и планы пройденных выработок при детальной разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. При этом привязку точек обязательно выполняют относительно ближайших пунктов геодезической сети на поверхности или маркшейдерских пунктов в подземных горных выработках.

В зависимости от условий местности, а также взаимного расположения пунктов геодезической и маркшейдерской сетей и привязываемых пунктов применяют следующие методы привязки:

- а) метод теодолитных ходов, опирающихся на пункты геодезической сети и проложенных через привязываемые пункты;
- б) метод прямых и обратных засечек.

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов используются теодолиты с точностью отсчитывания 30'' или 1'. Длина линии измеряется стальными лентами, рулетками или дальномерами соответствующей точности. Передача высотных отметок от ближайших реперов, марок, а также от пунктов планово-высотной геодезической сети производится техническим или тригонометрическим нивелированием.

Вычисленные координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  всех привязанных выработок записывают в специальный каталог. По координатам  $x$  и  $y$  на план-основу геологоразведочных работ наносят устья всех привязанных выработок, обозначенных соответствующими условными знаками, подписывают их названия и номера, а также высотные отметки с округлением до 0,1 м.

## **§ 12. Перенесение геометрических элементов проекта геологоразведочных выработок в натуру**

Геологическая разведка месторождений полезных ископаемых осуществляется по утвержденному проекту. В состав этого проекта входит топографическая основа участка разведываемого

месторождения, на которой отмечены места расположения разведочных скважин, шурфов, штолен и других выработок, намеченных для проходки. В проекте указываются направления (дирекционные углы) разведочных линий (профилей), по которым расположены разведочные скважины, а также координаты устьев наиболее ответственных выработок. Координаты  $x$ ,  $y$  остальных разведочных выработок при необходимости определяют графически на топографической основе.

Под переносом геометрических элементов проекта геолого-разведочных выработок в натуру подразумевают совокупность полевых измерений и камеральных вычислений, в результате которых на местности указываются места расположения устьев, подлежащих проведению выработок в соответствии с проектом. Эти работы называются **р а з б и в о ч н ы м и**. Точность разбивочных работ зависит от назначения разведочных выработок и этапа геологоразведочных работ.

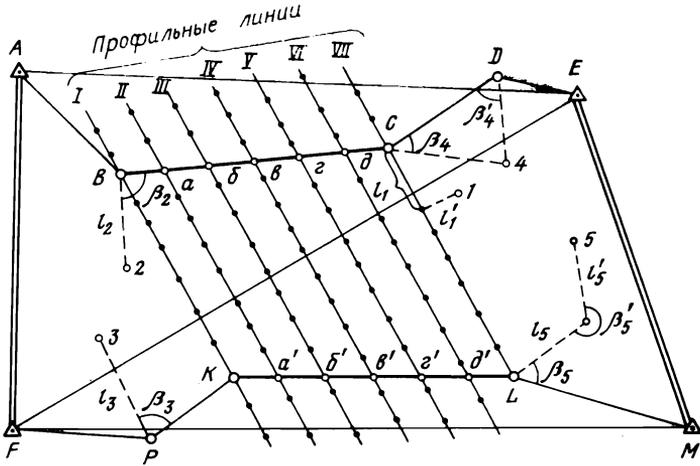
При поисково-разведочных работах в масштабах  $1:25\,000$  и мельче перенос проектных выработок в натуру в основном осуществляют простейшими промерами от четко выраженных на карте или фотоплане контурных точек, а при отсутствии их — от ближайших пунктов геодезической сети.

При детальном разведочных работах перенос разведочных выработок осуществляют только инструментальным способом, главным образом относительно точек опорной геодезической сетки (ОГС), создаваемой на разведываемом участке.

Опорная геодезическая сеть (рис. 2.3) состоит из магистральных теодолитных ходов  $ABCDE$  и  $FPKLM$ , опирающихся на них профильных линий I, II, ..., VII и пунктов съёмочной сети, не показанных на этом рисунке. Положение магистральных ходов и профильных линий с нанесением на них проектными разведочными выработками (на рисунке они отмечены точками) устанавливается в проектном задании.

Точки поворота  $B, C, D, P, K, L$  магистральных ходов и точки  $a, a', б, б', в, в', \dots$  пересечений этих ходов с профильными линиями закрепляются постоянными центрами. Прокладывая теодолитные ходы, определяют координаты  $x, y$  этих точек и наносят их на план. Вдоль каждой профильной линии через установленные проектом расстояния устанавливают пикетные колышки.

Перенос в натуру местоположения проектных разведочных выработок, расположенных по всем профильным линиям, сводится к простым промерам их проектных расстояний от ближайшего пикета. Перенос в натуру местоположения проектных разведочных выработок, не расположенных на профильных линиях, производится относительно ближайших пунктов магистральных ходов или профильных линий различными способами. Например, точку  $I$ , расположенную близко к профильной линии VII,



- $\triangle$  *пункты опорной геодезической сети*
- $\circ$  *пункты магистральных теодолитных ходов*
- $\bullet$  *проектные разведочные выработки*

Рис. 2.3. Схема опорной геодезической сети (ОГС) и проектных разведочных выработок

удобно перенести методом перпендикуляров по проектным значениям величин  $l_1$  и  $l_1'$ . Точки 2 и 3, расположенные на расстоянии не более чем 300 м от опорной сети, могут быть перенесены полярным способом по углам  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и расстояниям  $l_2$ ,  $l_3$ . При неудобствах в измерении расстояний точку 4 можно перенести по углам  $\beta_4$  и  $\beta_4'$  методом угловой засечки.

Наконец, на закрытой местности точку 5 на расстоянии до 300 м можно перенести путем прокладки тахеометрического или теодолитного хода по углам  $\beta_5$ ,  $\beta_5'$  и расстояниям  $l_5$ ,  $l_5'$ .

Перед началом разбивочных работ составляется разбивочный чертеж, на который схематически наносятся исходные точки и направления, а также углы и расстояния, которые необходимо отложить на местности для перенесения в натуру проектного положения разведочной выработки.

Горизонтальные углы  $\beta$  и расстояния  $l$  в зависимости от требуемой точности могут быть определены графически по плану или вычислены более точно аналитическим способом.

Например, значения величин  $\beta_3$  и  $l_3$  вычисляются следующим образом. Координаты  $x_P$ ,  $y_P$  и дирекционный угол (PK) известны, а значения координат  $x_3$ ,  $y_3$  даны в проекте или определены графически по плану.

Сначала вычисляют дирекционный угол ( $PЗ$ ), решая обратную геодезическую задачу, по формуле

$$\operatorname{tg}(PЗ) = \frac{y_3 - y_P}{x_3 - x_P}. \quad (2.2)$$

Далее вычисляют угол  $\beta_3$  из выражения

$$\beta_3 = (PK) - (PЗ).$$

Горизонтальное расстояние  $l_3$  вычисляется по одной из формул

$$l_3 = \frac{y_3 - y_P}{\sin(PЗ)} = \frac{x_3 - x_P}{\cos(PЗ)} \text{ или } l_3 = \sqrt{(x_3 - x_P)^2 + (y_3 - y_P)^2}. \quad (2.3)$$

Перенос в натуру проектных положений устьев штолен и шахтных стволов осуществляется от пунктов опорной геодезической сети. Исходные угловые и линейные величины, необходимые для их разбивки, задаются в проекте или определяются аналитическими вычислениями.

# ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

## § 13. Сущность, задачи и этапы геометризации месторождений полезных ископаемых

Геометризация месторождений полезных ископаемых является прикладной частью отрасли горно-геологической науки, называемой геометрией недр, или горной геометрией,— дисциплины, сформировавшейся сравнительно недавно. Создание и развитие этой области науки обусловлено необходимостью эффективного и рационального ведения геологоразведочных работ, проектирования горных предприятий и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Теоретические основы горной геометрии и геометризации недр разработаны проф. П. К. Соболевым, который исходил из того, что хотя недра Земли и представляют собой сложный комплекс геохимических полей и форм залегания, но тем не менее они не являются случайным и хаотичным скоплением различных веществ. Он считал, что недра Земли имеют такое строение и такие закономерности размещения полезных или вредных компонентов, которые можно математически (геометрически) описать с той или иной степенью точности.

Числовое значение  $V$  любого структурного или качественного показателя залежи полезного ископаемого в общем случае является переменной величиной и меняется в пространстве и во времени. Следовательно, математически его можно представить в виде выражения

$$V = f(x, y, z, t).$$

Однако, учитывая, что в период разведки и эксплуатации месторождения значения показателей  $V$  залежи практически не меняются, это выражение можно представить в виде

$$V = f(x, y, z). \quad (3.1)$$

В ходе выполнения геологоразведочных работ накапливается большое число данных, характеризующих форму залежи полезного ископаемого, условия залегания и различные качественные показатели полезного ископаемого. Характер распределения этих показателей может быть выражен аналитически в виде функциональной зависимости, таблично или графически.

Аналитическое выражение этих функций, т. е. математическое моделирование, не всегда представляется возможным.

Использование ЭВМ в последние годы позволило решить ряд частных задач методом математического моделирования. Однако этот метод пока не получил широкого практического применения.

Табличный способ удобен для представления полученных данных, но он неудобен для обобщения этих данных и выявления закономерностей их размещения в пространстве.

Графический способ позволяет простыми средствами и способами геометрически моделировать закономерности пространственного распределения изучаемого показателя  $V$  путем построения горно-геометрических графиков.

Таким образом, основной задачей геометризации месторождений на современном этапе является разработка методов составления геометрических моделей, наглядно отображающих закономерности пространственного размещения структурных и качественных показателей месторождений полезных ископаемых.

Горно-геометрические графики делятся на структурные и качественные.

Структурными называются горно-геометрические графики, дающие наглядное пространственное представление о форме, элементах и условиях залегания, нарушениях и других геометрических особенностях залежи.

Качественными называются горно-геометрические графики, дающие наглядное пространственное представление о характере изменения качественных свойств полезного ископаемого (например, содержание полезных или вредных компонентов). При составлении этих графиков в горизонтальной плоскости проекции они называются горно-геометрическими планами.

Структурные и качественные горно-геометрические графики (планы) составляются по мере накопления фактических данных о месторождении в период его разведки и эксплуатации.

В зависимости от характера исходной геолого-маркшейдерской информации, а также поставленных задач геометризация месторождений подразделяется на региональную, детально-разведочную и эксплуатационную.

Региональная геометризация производится с целью выявления общих вопросов структуры региона для укрупненных обобщений и выделения в регионе структуры, благоприятной для детализации поисков и разведки. Исходными данными для региональной геометризации являются результаты геологической съемки в мелких и средних масштабах, а также данные разведочного структурного бурения.

Детально-разведочная геометризация производится для перспективных участков месторождения полезных ископаемых и включает составление структурно-геометрических карт, планов и разрезов. Эти материалы используются для

проектирования таких геологоразведочных выработок, как шахтные стволы, штольни и т. д.

Эксплуатационная геометризация является основной для правильного ведения и планирования подготовительных, нарезных и очистных горных работ. На данной стадии геометризация осуществляется детально и горно-геометрические графики составляются в крупных масштабах 1:2000—1:500, а на отдельных добычных участках даже в масштабах 1:200—1:100.

Характерная особенность составления этих графиков заключается в том, что они по мере накопления новой геолого-маркшейдерской информации систематически обновляются и уточняются.

Таким образом, структурные и качественные горно-геометрические графики отражают степень изученности месторождения в данный момент времени и позволяют правильно и эффективно осуществлять планирование и ведение геологоразведочных и горных работ.

#### **§ 14. Способы графического изображения изменений показателей месторождений как функции одной, двух и трех переменных**

Как уже отмечалось, числовое значение  $V$  любого структурного или качественного показателя месторождения в общем случае меняется в пространстве и математически выражается как функция трех переменных, т. е. формулой (3.1). Наглядным примером служит изменение содержания металла в мощной штокверковой рудной залежи как в пределах плоскости каждого горизонта (плоскости  $xoy$ ), так и по глубине  $z$ .

Во многих случаях нас интересует изменение показателя  $V$  в пределах только данной плоскости, например горизонтальной ( $xoy$ ), вертикальной ( $yoz$  или  $xoz$ ) или любой другой плоскости сечения залежи. Такую функцию двух переменных символически можно записать в виде  $V=f(x, y)$ .

Примерами показателей  $V$ , выражающихся такой функцией, могут служить изменения:

- 1) высотных отметок точек земной поверхности или всяческого и лежащего боков залежи относительно горизонтальной плоскости проекции;
- 2) содержания металла в руде в любой плоскости сечения залежи;
- 3) среднего содержания металла на всю мощность жилы в заданной горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости проекции;
- 4) вертикальной мощности или глубины залежи в горизонтальной плоскости проекции и т. д.

В практике геометризации недр встречаются также случаи, когда нас интересует изменение показателя  $V$  лишь в одном направлении, например по оси  $x$ . Такую функцию одной переменной можно записать в виде  $V=f(x)$ . Примером показателя  $V$ , меняющегося в одном направлении, является изменение содержания металла в руде вдоль оси разведочной скважины.

Рассмотрим теперь способы графического изображения, т. е. геометрического моделирования закономерности размещения изучаемого показателя  $V$ , для трех видов функции, упомянутых выше. Построение графического изображения функции одной переменной  $V=f(x)$  известно из курса математики. Оно, как известно, сводится к следующему. Выбрав направления осей  $V$  и  $x$  и задавшись их масштабами, по одной оси откладывают числовые значения измеренных аргументов  $x$ , а по другой — соответствующие им числовые значения показателя  $V$ . Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и будет графическим изображением функции  $V=f(x)$ .

Функция двух переменных  $V=f(x, y)$  характеризует в геометрическом отношении некоторую поверхность. Известно, что любая поверхность, в том числе и геометрически неправильная, может быть изображена в проекции с числовыми отметками (методом изолинии), если она является поверхностью топографического порядка.

Основные положения, характеризующие поверхности топографического порядка, следующие:

1) математическое выражение функции  $V=f(x, y)$  топографической поверхности должно удовлетворять условиям конечности, однозначности, непрерывности и плавности;

2) числовое значение показателя  $V$  в построенной геометрической модели должно представлять собой отстояние данной точки поверхности от принятой плоскости проекции;

3) нормали, проведенные к плоскости проекции, должны пересекать изображаемую поверхность только в одной точке.

Из приведенных выше примеров, выражающих функцию  $V=f(x, y)$ , следует, что часть их относится к реально существующим поверхностям земли или рудного тела. В некоторых примерах эти функции геометрически представляют собой поверхности, в природе не существующие, но являющиеся производными реальных поверхностей, например графики изо мощностей и изоглубин. Наконец, в некоторых случаях эти функции в геометрическом отношении представляют собой воображаемые, реально не существующие поверхности, выражающие лишь характер распределения различных свойств. Однако некоторые существующие поверхности, например поверхности рудных тел, в целом не являются поверхностями топографического порядка или являются таковыми только относительно определенных плоскостей проекции.

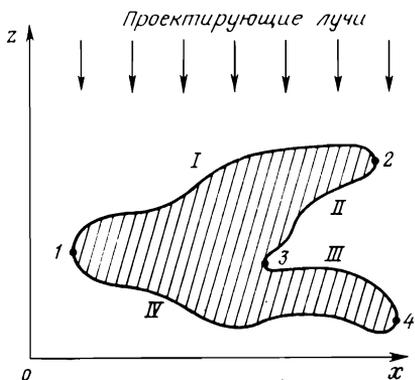


Рис. 3.1. Сложная поверхность залежи, разбитой на четыре участка (топографические поверхности)

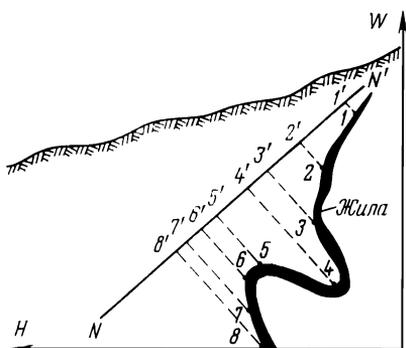


Рис. 3.2. Выбор плоскости проекции  $NN'$  для изображения поверхности жилы как топографической поверхности

В частности, в примере, приведенном на рис. 3.1, поверхность сложного рудного тела в целом на горизонтальную плоскость проекции изобразить невозможно, так как проектирующие лучи местами пересекают изображаемую поверхность в двух-четырёх точках. Поэтому для изображения данной поверхности на плоскость проекции  $хоу$  при помощи изолинии необходимо разбить ее на четыре участка топографических поверхностей: участок I между точками 1 и 2, участок II между точками 2 и 3, участок III между точками 3 и 4 и участок IV между точками 4 и 1.

В примере же, приведенном на рис. 3.2, поверхность рудной жилы не может быть изображена целиком ни в вертикальной  $W$ , ни в горизонтальной  $H$  плоскостях, так как перпендикуляры, восставленные от этих плоскостей, пересекают поверхность жилы на некоторых участках не в одной, а в нескольких точках. Поэтому для изображения поверхности жилы, как и в предыдущем примере, необходимо разбить ее на участки или же выбрать такую наклонную плоскость проекции  $NN'$ , по отношению к которой изображаемая поверхность жилы в целом будет поверхностью топографического порядка.

Таким образом, этапы работ при построении горно-геометрических графиков, изображающих функцию  $V=f(x, y)$ , следующие:

- 1) маркшейдерские измерения и вычисления для определения координат  $x, y$  точек геологических наблюдений (изучений);
- 2) измерение или косвенное определение числовых значений изучаемого показателя  $V$  для всех точек наблюдений;
- 3) предварительная обработка исходных данных и выбор плоскости проекции;

4) нанесение точек на плоскости проекции по их координатам  $x$ ,  $y$  и надписывание около этих точек числовых значений их показателей  $V$ ;

5) выбор интерполяционных линий между соседними точками, производство линейного интерполирования и проведение изолиний, т. е. определение геометрического места точек с одинаковыми числовыми значениями показателя  $V$ .

Подробное описание каждого из этих этапов работ рассматривается в последующих параграфах данной главы.

Графическое изображение функции трех переменных  $V = f(x, y, z)$ , как известно, не может быть осуществлено на одном плоском чертеже. В этом случае поступают следующим образом.

Третьей переменной  $z$  придают частные значения  $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ , при которых функция  $V = f(x, y, z)$  соответственно принимает виды  $V_1 = f_1(x, y), V_2 = f_2(x, y), \dots, V_n = f_n(x, y)$ , каждая из которых, как уже известно, изображается в виде графика в изолиниях.

Следовательно, функция  $V = f(x, y, z)$  графически изображается в виде совокупности графиков изолиний, каждый из которых отражает изменение показателя функции  $V$  в плоскости  $хоу$  для соответствующих частных значений  $z$ . При эксплуатационной геометризации мощных рудных тел значения  $z$  берут равными отметкам основных горизонтов рудника.

В курсе «Горная геометрия» рассматриваются методы выполнения математических действий с топографическими поверхностями. В результате этих действий получают новые топографические поверхности, изолинии которых графически изображают характер изменения нового показателя в плоскости проекции.

## § 15. Методы геометризации месторождений

Основными методами геометризации месторождений являются методы изолиний, геологических разрезов (сечений) и профилей. Кроме этих основных методов при геометризации сложных залежей (россыпных, золоторудных, жильных) применяют метод объемных наглядных графиков. В последние годы при решении некоторых задач стали применять метод математического моделирования с применением ЭВМ.

*Метод изолиний* получил самое широкое применение на практике, когда изучаемый показатель  $V$  меняется в плоскости и в пространстве. Этот метод геометризации часто называют методом графического моделирования, так как изолинии показателя  $V$  на чертеже дают весьма наглядное изображение характера изменения этого показателя. Достоинствами метода изолиний кроме наглядности являются простота построения структурных и качественных горно-геометрических графиков,

а также возможность увязки структуры и оруденения данного месторождения.

*Метод геологических разрезов* и профилей применяется для отображения формы и условий залегания залежи полезного ископаемого в любом вертикальном, горизонтальном и наклонном сечении. Чаще всего строят вертикальные геологические разрезы по простиранию и вкрест простирания залежи.

Этот метод широко применяется при геометризации структуры залежи в начальной стадии разведки. Для многих рудных залежей штокверкового и линзообразного типов эти разрезы являются основным графическим материалом, по которому производятся блокировка и подсчет запасов. Однако разрезы не могут отобразить характера изменений качественных свойств полезного ископаемого, поэтому при геометризации залежи способ изолиний и способ геологических разрезов рекомендуется применять совместно.

*Метод объемных наглядных графиков* применяется при структурной и качественной геометризации сложных рудных месторождений. Объемные графики строят в виде аффинных и аксонометрических проекций, подробно рассматриваемых в курсе «Горная геометрия».

## **§ 16. Форма и геометрические параметры залежи полезного ископаемого**

*Залежью* полезного ископаемого называется тело, размещенное в массиве горных пород, с промышленным содержанием полезного компонента. Тело залежи ограничено поверхностями раздела (контактами), которые могут быть действительными или условными.

Действительными поверхностями раздела залежи, или поверхностями контакта с вмещающими породами являются, например, поверхности стратиграфических напластований, поверхности магматических внедрений или поверхности разрывных нарушений.

Условные поверхности раздела устанавливаются для вкрапленных руд и россыпных месторождений, когда оруденение не имеет четких границ и содержание полезного компонента в руде по краям залежи постепенно уменьшается. Для таких залежей на основании данных опробований проводят условные поверхности раздела залежи по точкам с заданным бортовым содержанием полезного компонента в руде.

По своей форме залежи подразделяются на простые и сложные.

К простым относятся пласты, пластообразные, простые жильные и линзообразные залежи, у которых поверхности раздела для ограниченных участков близки к плоскостям.

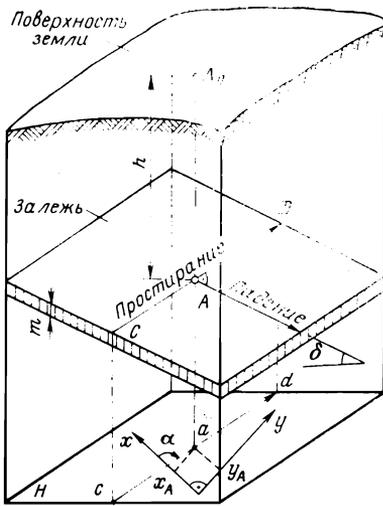


Рис. 3.3. Элементы залегания залежи (пласта)

К сложным залежам относятся неправильные жилы, штоки, штокверки, сложные линзы, карманы и т. д.

Форма и пространственное положение залежи полезного ископаемого в недрах определяются совокупностью линейных и угловых величин, называемых *геометрическими параметрами*. К ним относятся:

1) координаты точек наблюдений на контактах залежи с вмещающими породами, в которых устанавливаются другие геометрические параметры;

2) углы простирания и падения поверхности (контакта) залежи;

3) мощность залежи;

4) глубина залегания залежи;

5) положение в пространстве элементов симметрии изучаемой геологической структуры и др.

Координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  точек на поверхности залежи определяются по результатам маркшейдерских съемок и инклинометрической съемки скважин.

Пространственное положение поверхности висячего или лежащего бока залежи в любой точке наблюдения характеризуется двумя направлениями — линией простирания и линией падения, называемыми угловыми элементами залегания залежи.

Линией простирания поверхности залежи называется горизонтальная линия, лежащая на этой поверхности. Иными словами, линия простирания — это горизонталь поверхности залежи. Если горизонтали поверхности залежи представляют на плане кривые линии, это указывает на изменчивость направления простирания поверхности залежи вдоль этих горизонталей. Направление простирания в любой точке поверхности залежи совпадает с направлением касательной к горизонтали в этой точке.

Линией падения залежи называется линия наибольшего ската поверхности лежащего или висячего ее бока. Направление падения перпендикулярно к направлению простирания залежи в данной точке.

Для однозначности за направление линии простирания в данной точке поверхности залежи берется такое направление, от которого падение располагается вправо.

Углом простирания или просто простиранием поверхности залежи в ее точке  $A$  (рис. 3.3) называется дирекционный угол  $\alpha$  (или азимут) линии простирания  $AD$ .

Дирекционный угол (или азимут) линии падения всегда на  $90^\circ$  больше дирекционного угла линии простирания залежи.

Углом падения залежи  $\delta$  называется вертикальный угол, составленный линией падения с горизонтальной плоскостью. Угол падения изменяется от  $0$  до  $90^\circ$ .

Глубиной залегания залежи  $h$  в точке  $A$  называется расстояние по отвесной линии от поверхности висячего бока залежи до земной поверхности, т. е.  $h=AA_0$ .

Линией выхода залежи на земную поверхность называется линия на поверхности залежи, во всех точках которой  $h=0$ .

Мощностью залежи  $m$  называется расстояние между поверхностями ее висячего и лежащего боков. В зависимости от направлений, по которым измеряются эти расстояния, мощности различаются (см. § 20). Числовые значения геометрических параметров залежи могут быть определены непосредственным и косвенным способами.

Непосредственным называется такой способ определения элементов залегания, когда в естественных или искусственных обнажениях залежи эти элементы измеряются в натуре.

Косвенным называется такой способ определения этих элементов, когда непосредственно измеряются другие, доступные для измерений величины, а по ним графическими построениями или аналитическими вычислениями определяются требуемые значения величин элементов залегания.

## § 17. Определение координат точек встречи скважин с поверхностью залежи

Разведочные буровые скважины задаются вертикально или наклонно под определенными углом и направлением. Однако под влиянием различных факторов ось скважины может отклоняться от заданного направления. В общем случае ось искривленной скважины является пространственной кривой.

Если азимут оси скважины постоянный или меняется от заданного его значения в пределах  $\pm 10^\circ$ , то для упрощения последующих графических построений и аналитических вычислений считают, что скважина искривлена в одной вертикальной плоскости.

Для определения пространственных координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  точки на оси искривленной скважины необходимо знать координаты  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  ее устья, а также расстояние  $l$  от устья скважины до этой точки, угол наклона  $\delta$  (или зенитный угол  $\theta=90^\circ-\delta$ ) и ди-

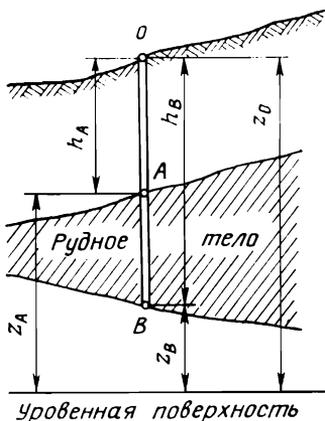


Рис. 3.4. Определение координат точек встречи вертикальной скважины с поверхностями залежи

реакционный угол  $\alpha$  (или азимут) направления оси скважины в сторону ее падения. Учитывая, что ось скважины в общем случае криволинейна, измерения элементов искривления скважины производят через каждые 10; 20; 25 или 50 м, в результате чего криволинейная ось скважины заменяется близкой к ней ломаной линией.

Приборы, предназначенные для измерения только углов наклона оси скважины на различных ее интервалах, называются клинометрами, а приборы, измеряющие как углы наклона, так и азимуты оси скважины, — инклинометрами. Работа выпускае-

мых инклинометров основана на принципе использования магнитной стрелки и отвеса.

В настоящее время разработаны инклинометры, позволяющие при их равномерном спуске или подъеме в скважине, получать непрерывные данные об углах  $\alpha$  и  $\theta$ , которые фиксируются на приборах или передаются на поверхность.

Наиболее совершенную конструкцию имеет гироскопический фотоинклинометр И-567-Ф, разработанный ВНИМИ для бурения технических скважин. Точность измерения инклинометрами зенитных углов составляет  $\pm (15-30)'$ , а азимутов  $\pm (0,5-6,0)^\circ$ .

Расстояние  $l$  от устья, на которое опускается прибор в скважину, измеряют по штангам или канатнику. Для каждой пробуренной разведочной скважины составляется специальная документация. В первичной документации приводится описание керна по отдельным участкам, данные об искривлении оси скважины, паспорт проб и химических анализов. Кроме того, в масштабе 1:200 — 1:1000 составляется вертикальный геологический разрез по оси скважины с указанием шкалы глубин.

Рассмотрим способы определения координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  точек встречи скважин с поверхностью залежи при различных направлениях оси скважин.

*Ось скважины вертикальна* (рис. 3.4). Координаты точек  $A$  и  $B$  встречи скважины с поверхностью всячего и лежачего бока залежи определяются из выражений

$$\left. \begin{aligned} x_A = x_B = x_0; \quad z_A = z_0 - h_A; \\ y_A = y_B = y_0; \quad z_B = z_0 - h_B, \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

где  $h_A$  и  $h_B$  — измеренные вертикальные глубины скважины до поверхностей соответственно всячего и лежачего боков залежи;  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  — известные координаты устья скважины.

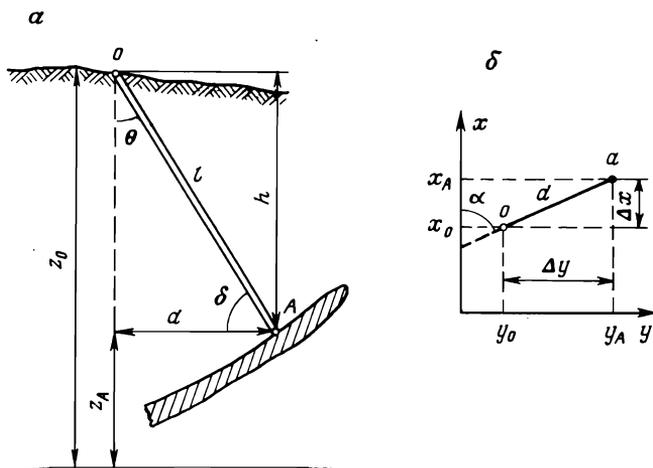


Рис. 3.5. Определение координат точки встречи наклонной скважины с поверхностью залежи:

*a* — вертикальный разрез по оси скважины; *б* — план

Ось скважины прямолинейна и наклонна (рис. 3.5). Пусть даны координаты  $x_0, y_0, z_0$  устья наклонной прямолинейной скважины, наклонная длина  $l$  скважины от устья до точки входа в залежь, угол наклона  $\delta$  и дирекционный угол  $\alpha$  оси скважины.

Для определения координат  $x_A, y_A, z_A$  точки *A* встречи скважины с залежью сначала находят горизонтальную  $d$  и вертикальную  $h$  проекции оси скважины графическим способом по разрезу (рис. 3.5, *a*) или вычисляют по формулам:

$$h = l \sin \delta \text{ и } d = l \cos \delta. \quad (3.3)$$

По величинам  $d$  и  $\alpha$  наносят точку *a* на план (рис. 3.5, *б*) и по плану графически определяют координаты  $x_A, y_A$  искомой точки. При аналитическом решении задачи сначала вычисляют приращения координат по формулам

$$\Delta x = d \cos \alpha = l \cos \delta \cos \alpha \text{ и } \Delta y = d \sin \alpha = l \cos \delta \sin \alpha,$$

а затем вычисляют координаты точки встречи по формулам:

$$x_A = x_0 + \Delta x; \quad y_A = y_0 + \Delta y; \quad z_A = z_0 - h.$$

Ось скважины искривлена только в вертикальной плоскости. Пусть  $x_0, y_0, z_0$  — координаты устья скважины, пробуренной по направлению дирекционного угла  $\alpha$  по всей ее длине до встречи с поверхностью залежи в точке *A*. В точках *0, 1, 2, 3* и *A* оси скважины, расположенных на расстояниях  $l_1, l_2, l_3$  и  $l_4$  друг от друга, измерены углы наклона  $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \delta_3$  и  $\delta_4$  оси скважины.

При графическом решении задачи поступают следующим образом. В масштабе плана строят профиль по оси скважины

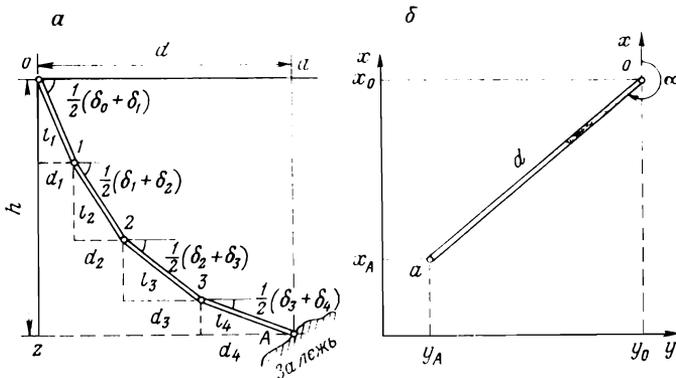


Рис. 3.6. Профиль (а) и план (б) оси скважины, искривленной в вертикальной плоскости

(рис. 3.6, а). Для этого выбирают произвольную точку  $o$ , от нее проводят горизонтальную и вертикальную линии. От точки  $o$  под углом наклона  $\frac{1}{2}(\delta_0 + \delta_1)$  проводят отрезок длиной  $l_1$  и находят точку 1. Затем от точки 1 под углом наклона  $\frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$  проводят отрезок длиной  $l_2$  и находят точку 2. Аналогично находят точку 3, а затем и точку А встречи оси скважины с поверхностью залежи. На профиле графически измеряют горизонтальную  $d$  и вертикальную  $h$  проекции искривленной скважины. Затем (рис. 3.6, б) на план по координатам  $x_0, y_0$  наносят точку  $o$ , от которой под дирекционным углом  $\alpha$  проводят прямую, на которой откладывают отрезок длиной  $d$  и получают точку  $a$  (ее координаты  $x_A, y_A$  определяют графически на плане). Высотную отметку точки А находят из выражения  $z_A = z_0 - h$ .

При аналитическом решении этой задачи значения  $h, d, x_A$  и  $y_A$  определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} h &= l_1 \sin \frac{\delta_0 + \delta_1}{2} + l_2 \sin \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} + \dots + l_n \sin \frac{\delta_{n-1} + \delta_n}{2}; \\ d &= l_1 \cos \frac{\delta_0 + \delta_1}{2} + l_2 \cos \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} + \dots + l_n \cos \frac{\delta_{n-1} + \delta_n}{2}; \\ x_A &= x_0 + d \cos \alpha, \quad y_A = y_0 + d \sin \alpha. \end{aligned} \right\} (3.4)$$

Ось скважины искривлена как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. В этом случае в точках  $0, 1, 2, 3, \dots, A$  кроме углов наклона  $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  и расстояний  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  измеряют также дирекционные углы  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  оси скважины.

Координаты  $x_A$ ,  $y_A$  и  $z_A$  точки встречи скважины с поверхностью залежи с достаточной для практических целей точностью определяют графическим способом. Для этого по аналогии с предыдущим случаем строят профиль по оси скважины. По профилю графически определяют вертикальную проекцию  $h$  всей скважины, а также горизонтальные проекции  $d_1$ ,  $d_2$ , ...,  $d_n$  оси скважины между точками  $1, 2, 3, \dots, A$ .

Далее поступают следующим образом (рис. 3.7). На план наносят точку  $o$  по известным ее координатам  $x_o$ ,  $y_o$ . Затем от точки  $o$  под дирекционным углом  $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_1)$  проводят линию, на которой откладывают отрезок  $d_1$  и получают точку  $1$ . От точки  $1$  проводят линию под дирекционным углом  $\frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$ , на которой откладывают отрезок  $d_2$  и получают точку  $2$ . Аналогичным образом строят остальные точки и получают точку  $a$ . Координаты этой точки  $x_A$ ,  $y_A$  определяют графически по плану, а высотную отметку точки  $A$  — из выражения  $z_A = z_o - h$ .

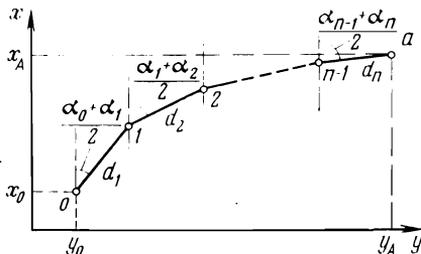


Рис. 3.7. План оси скважины, искривленной в пространстве

## § 18. Непосредственные определения углов простираения и падения залежи

Измерения углов простираения  $\alpha$  и падения  $\delta$  производятся на естественных обнажениях поверхностей залежи полезного ископаемого (на выходах в ущельях, оврагах, склонах гор, берегах рек), а также в искусственных обнажениях (в разведочных канавах, шурфах, откосах уступов на карьерах и в подземных горных выработках). При этом, если имеется хотя бы ограниченная по размерам поверхность всячего или лежащего бока залежи, то измерения углов простираения и падения могут быть выполнены простейшим инструментом — горным компасом.

Для производства измерений поверхность обнажения предварительно очищают. При наклонном или крутом падении сначала определяют направление падения. Для этого пластину горного компаса ставят вертикально на длинное ребро примерно по направлению падения так, чтобы деление 0 компаса было обращено вниз по падению, и поворачивают конец ребра влево и вправо до совмещения острия пластинчатого отвеса с наибольшим делением полукруга. В таком положении направление

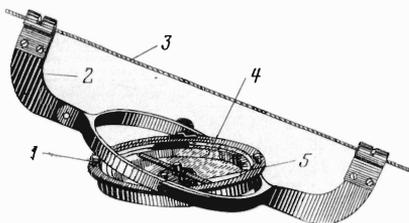


Рис. 3.8. Подвесная буссоль

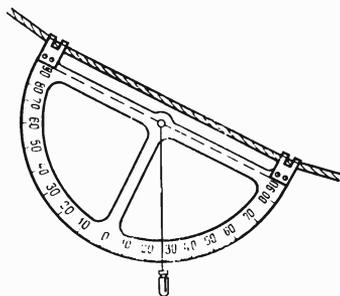


Рис. 3.9. Подвесной полукруг

длинного ребра компаса совпадает с направлением наибольшего ската поверхности обнажения в данной точке, т. е. с направлением падения. Отсчет по полукругу в таком положении компаса представляет собой угол падения  $\delta$  поверхности обнажения в данной ее точке. Далее прочерчивают линию вдоль длинного ребра и, не сдвигая ребро компаса, кладут его пластину на поверхность обнажения. Затем поднимают нижний край компаса, приводят последний в горизонтальное положение и, открепив арретирный винт магнитной стрелки, по северному ее концу берут отсчет, который представляет собой магнитный азимут линии падения, т. е.  $\alpha_{\text{пад}}$ . Магнитный азимут простирания  $\alpha = \alpha_{\text{пад}} - 90^\circ$ .

При пологом падении плоскости обнажения удобнее сначала определять направление простирания. Для этого пластину компаса прикладывают вертикально так, чтобы длинное ее ребро располагалось горизонтально, что достигается путем вращения этого ребра до совмещения острия стрелки отвеса с нулем полукруга. Прочерченная вдоль длинного ребра горизонтальная линия и есть линия простирания, а перпендикулярная к ней линия по падению будет линией падения. Имея эти линии, способами, описанными выше, измеряют азимут простирания и угол падения обнаженной поверхности залежи в данной ее точке.

В подземных горных выработках, пересекающих поверхности лежачего или висячего бока залежи, мы имеем не поверхности обнажений, а линии пересечений их со стенками выработок. Измерения углов простирания и падения при этом точно производят при помощи подвесной буссоли и подвесного полукруга.

*Подвесная буссоль* (рис. 3.8) состоит из коробки 1, подвешиваемой на шнур 3 при помощи подвески 2, обеспечивающей горизонтальность коробки при любом угле наклона шнура, натянутого между вершинами хода или точками измеряемого направления. Магнитная стрелка 5 вращается на острие сталь-

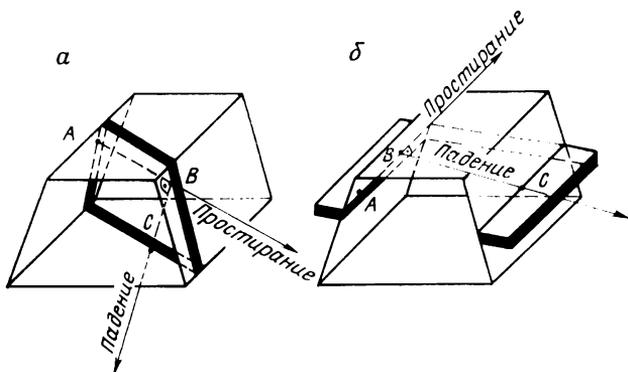


Рис. 3.10. Определение углов простирания и падения пласта подвесными инструментами

ной иглы и арретируется винтом, расположенным внизу коробки. На кольце буссоли 4 нанесены деления от 0 до 360° против хода часовой стрелки. Нулевое деление буссоли должно быть расположено по направлению стороны, азимут которой определяется. Азимут направления измеряется при подвешивании буссоли вблизи двух концов шнура и берется среднее из двух значений.

*Подвесной полукруг* (рис. 3.9) служит для измерения углов наклона натянутых шнуров, на которые подвешивается полукруг. Градусные деления до 90° возрастают до нуля в обе стороны. В центре полукруга закреплена тонкая нить, к которой прикреплен грузик-отвес. Деление на полукруге, которое пересекает нить, соответствует углу  $\delta$  наклона натянутого шнура. Угол наклона измеряется при двух положениях полукруга на треть расстояния от концов шнура и берется среднее из двух значений.

Для измерения углов простирания и падения залежи в кварцшлагге (рис. 3.10, а) и в штреке (рис. 3.10, б) поступают следующим образом.

На висячем (или лежащем) боку залежи горизонтально натягивают шнур между точками А и В. Горизонтальность шнура АВ проверяют подвесным полукругом. Подвесив на шнур АВ буссоль так, чтобы нулевое деление буссоли было обращено в сторону направления простирания (на рис. 3.10 к точке В), по северному концу магнитной стрелки берут отсчет, который и представляет собой магнитный азимут простирания залежи. Затем от точки В (или другой точки на линии АВ) натягивают второй шнур ВС перпендикулярно к АВ по падению поверхности залежи и при помощи подвесного полукруга измеряют угол падения  $\delta$ .

## § 19. Косвенные методы определения углов простираения и падения залежи

Существует много способов косвенного определения углов простираения и падения поверхности залежи. Ниже рассматриваются наиболее часто применяемые на практике способы.

**Определение углов простираения и падения по зарисовкам обнажений на стенках вертикальных выработок.** На рис. 3.11 показаны план вертикальной выработки прямоугольного сечения  $ABCD$  и развертка двух ее стенок  $AB$  и  $BC$  с зарисовками обнажений горных пород и залежи полезного ископаемого. На плане нанесено направление оси  $x$ ; следовательно, стороны стенок сориентированы. Для построения углов  $\alpha$  и  $\delta$  висячей поверхности залежи на развертке проводят горизонтальную линию  $KL$  и находят точки  $m$  и  $n$  ее пересечения с поверхностью висячего бока залежи на стенках  $AB$  и  $BC$ .

Для перенесения точек  $m$  и  $n$  на план по развертке измеряют длины отрезков  $bm$  и  $bn$ , откладывают их от точки  $B$  плана соответственно по направлениям  $BA$  и  $BC$  и получают точки  $m'$  и  $n'$ . Точки  $m$  и  $n$  находятся на поверхности висячего бока и имеют одинаковые отметки. Кроме того, по развертке видно, что падение залежи направлено от точки  $B$  в сторону точек  $A$  и  $C$ . Следовательно,  $m'n'$  является направлением линии простираения, а угол  $\alpha$  представляет собой искомый дирекционный угол простираения поверхности залежи.

Для определения угла падения из точки  $B$  плана опускают перпендикуляр  $BE$  на линию простираения, т. е. находят направление падения. Из точки  $E$  по линии простираения откладывают отрезок  $Ee$ , равный отрезку  $bb'$  на развертке. Соединив точку  $e$  с точкой  $B$ , получим искомый угол падения  $\delta$  поверхности висячего бока залежи на данном участке.

**Определение углов простираения и падения по пространственным координатам трех точек поверхности залежи, не лежа-**

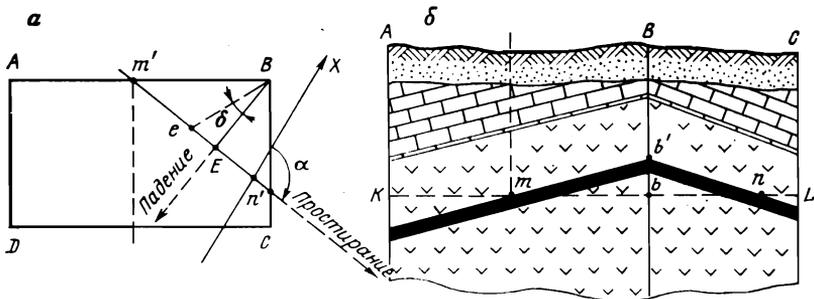


Рис. 3.11. Определение углов простираения и падения залежи по зарисовкам стенок вертикальной выработки:

а — план; б — развертка стенок  $AB$  и  $BC$

щих на одной прямой. Этот способ применяется, когда необходимо определять углы простира-ния и падения залежи на сравнительно большом участке ее поверхности, ограниченном тремя точками наблюдений. При решении этой задачи поверхность залежи в пределах треугольника, образованного этими точками, принимается за плоскость.

Наиболее практичным является графический способ решения данной задачи. Пусть, например, известны координаты  $x$ ,  $y$  трех разведанных точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  на поверхности залежи, отметки которых соответственно равны 295, 266 и 340 м (рис. 3.12).

Сначала по координатам  $x$ ,  $y$  эти точки наносят на план, возле которых подписывают их высотные отметки. Соединив точки  $A$ ,  $B$  и  $C$ , получим треугольник. На линии  $BC$  интерполированием находят точку  $D$  с отметкой, равной отметке точки  $A$  (т. е. 295 м). Учтявая, что падение поверхности залежи направлено от точки  $C$  к горизонтالي  $AD$ , линия  $AD$  будет представлять собой направление простира-ния, а угол  $\alpha$ , измеряемый графически на плане,— дирекционный угол простира-ния поверхности залежи на данном участке.

Для графического построения угла падения  $\delta$  в масштабе плана строят профиль по линии падения. Для этого от точки  $C$  с отметкой 340 м проводят перпендикуляр к линии прости-рания и получают линию падения. На этом перпендикуляре отмечают точку  $d$ . От точки  $d$  по направлению простира-ния откладывают превышение горизонтали  $AD$  над точкой  $C$  в масштабе чертежа (на чертеже  $h_{cd} = 340 - 295 = 45$  м) и получают точку  $e$ . Угол  $\delta$ , показанный на чертеже, представляет собой искомый угол падения поверхности залежи на данном участке, который также измеряется графически.

## § 20. Мощность залежи по различным направлениям

В зависимости от направления, по которому измеряется или определяется мощность залежи, различают три основных вида мощностей: истинную, или нормальную  $m$ ; вертикальную  $m_v$  и горизонтальную  $m_r$ .

Нормальная (истинная) мощность залежи — кратчайшее расстояние от заданной точки ее поверхности высшего бока до поверхности лежащего бока.

Горизонтальная мощность залежи — кратчайшее расстояние от той же заданной точки по горизонтальному направлению до поверхности ее лежащего бока.

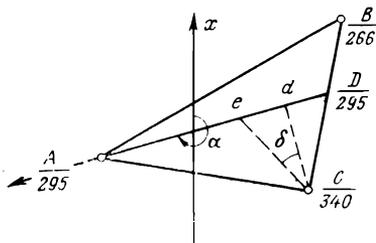


Рис. 3.12. Определение углов простира-ния и падения данного участка поверхности залежи по трем разведочным точкам

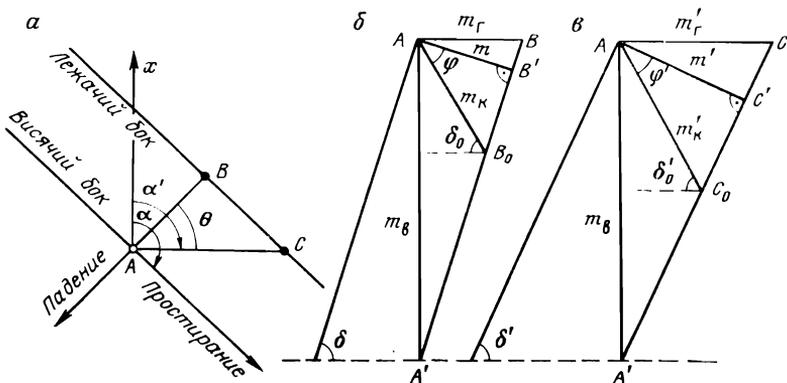


Рис. 3.13. Мощность пластовой залежи в различных ее направлениях: а — в плоскости горизонтального сечения; б — в вертикальной плоскости сечения по падению; в — в вертикальной плоскости сечения по косому направлению

Вертикальная мощность залежи — расстояние от той же заданной точки по вертикали до поверхности ее лежащего бока.

Общность этих трех видов мощностей состоит в том, что их направления находятся в одной вертикальной плоскости, проходящей по линии падения (вкрест простирания) залежи. Однако на практике не всегда представляется возможность измерить мощность залежи по этим направлениям. Например, при выходе залежи на наклонную земную поверхность фактически измеряется видимая ее мощность, а при бурении наклонной скважины определяется ее мощность по направлению оси скважины.

Мощность залежи, измеренная в ее вертикальной плоскости сечения вкрест простирания, но по направлению, не совпадающему с направлениями основных видов мощностей  $m$ ,  $m_{\Gamma}$  и  $m_{\Gamma}'$ , называется косой мощностью залежи и обозначается  $m_{\kappa}$ .

Поверхности правильных (пластовых) залежей почти параллельны между собой и на небольших участках могут рассматриваться как плоскости. Для этих залежей существуют определенные связи между различными видами их мощностей.

На рис. 3.13, а представлено горизонтальное сечение пласта с углами простирания  $\alpha$  и падения  $\delta$ . Точка А на плоскости висячего бока залежи является точкой наблюдения.

На рис. 3.13, б изображен вертикальный разрез этого пласта по линии его падения, т. е. по ВА. Мощность пласта по перечисленным выше направлениям на этом разрезе показана отрезками  $AB = m_{\Gamma}$ ,  $AB' = m$ ,  $AA' = m_{\Gamma}$  и  $AB_0 = m_{\kappa}$ . Направление  $AB_0$ , по которому определена косая мощность, характеризуется углом наклона  $\delta_0$  и углом  $\varphi$  с нормалью пласта.

Угол  $\varphi$  определяется по формуле

$$\varphi = \delta_0 \pm (90^\circ - \delta), \quad (3.5)$$

где знак плюс берется при согласном падении пласта и направления  $AB_0$  линии косою мощности, а знак минус — при несогласном их падении.

Связи между различными видами мощностей пласта в вертикальной его плоскости по падению выражаются следующими формулами:

$$m = m_B \cos \delta = m_T \sin \delta = m_K \cos \varphi; \quad (3.6)$$

$$m_T = m \operatorname{cosec} \delta = m_B \operatorname{ctg} \delta = m_K \frac{\cos \varphi}{\sin \delta}; \quad (3.7)$$

$$m_B = m \sec \delta = m_T \operatorname{tg} \delta = m_K \frac{\cos \varphi}{\cos \delta}. \quad (3.8)$$

Рассмотрим теперь величины мощности пласта, измеренные в вертикальном разрезе  $AC$ , проходящем через ту же точку наблюдения  $A$  плоскости всячего бока, но по направлению, образующему острый угол  $\theta$  с линией падения (рис. 3.13, *а, в*). Угол наклона  $\delta'$  следа всячего бока залежи в этом разрезе меньше угла  $\delta$  падения пласта.

Из чертежа следует, что вертикальная мощность пласта  $m_B$  одинакова на разрезах  $AB$  и  $AC$ . Следовательно, вертикальная мощность  $m_B$  в данной точке остается постоянной в любом вертикальном сечении пласта. Это обстоятельство очень важно, и оно позволяет решать задачу перехода от мощности пласта на одном разрезе к мощности на другом разрезе, пользуясь величиной  $m_B$ .

Допустим, что пласт с известными углами простираения  $\alpha$  и падения  $\delta$  имеет вертикальную плоскость обнажения по линии  $AC$  (рис. 3.13, *в*) с углом простираения  $\alpha'$  и в этой плоскости измерены мощности пласта  $m' = AC'$ ,  $m'_T = AC$  и  $m'_K = AC_0$  (под углом наклона  $\delta'_0$ ).

По данным этих измерений могут быть вычислены основные виды мощности пласта по следующим формулам:

$$m = m' \sec \delta' \cos \delta = m'_K \cos \varphi' \sec \delta' \cos \delta; \quad (3.9)$$

$$m_T = m'_T \cos \theta = m'_T \sin (\alpha - \alpha') = m' \operatorname{cosec} \delta' \cos \theta; \quad (3.10)$$

$$m_B = m'_T \operatorname{tg} \delta' = m' \sec \delta' = m'_K \cos \varphi' \sec \delta'. \quad (3.11)$$

Углы  $\delta'$  и  $\varphi'$ , входящие в эти формулы, определяются из выражений:

$$\operatorname{tg} \delta' = \operatorname{tg} \delta \sin (\alpha - \alpha'); \quad (3.12)$$

$$\varphi' = \delta'_0 \pm (90^\circ - \delta'), \quad (3.13)$$

где знак плюс или минус берется по принципу, указанному для формулы (3.5).

При бурении разведочных скважин по выходу керна измеряют косые мощности  $m_k$  или  $m'_k$  пластов. Имея эти данные, а также угол падения  $\delta_0$  (или  $\delta'_0$ ) и дирекционный угол  $\alpha'$  оси скважины, по формулам (3.6—3.11) можно вычислить мощности пласта  $m$ ,  $m_r$  или  $m_v$ .

## § 21. Гипсометрические планы

Поверхность залежи, как и всякую другую поверхность, можно изобразить при помощи изолиний равных высот, т. е. горизонталей. Горизонтали поверхности залежи принято называть изогипсами, а план поверхности залежи — гипсометрическим планом. Для правильных пластовых залежей ненарушенной структуры разрезы и маркшейдерские планы дают достаточно наглядное представление об их элементах залегания.

При геометризации залежей со сложной формой их поверхности необходимо различать следующие случаи; а) пластовая залежь имеет постоянную нормальную мощность, но поверхность ее складчатая; б) залежь имеет неправильную форму и переменную мощность. В первом случае достаточно построить гипсометрический план только для поверхности лежащего бока. Во втором случае из-за непараллельности поверхностей лежащего и висячего боков залежи возникает необходимость построения гипсометрических планов отдельно для каждой ее поверхности. Последние удобно совместить на одном листе.

### Построение гипсометрического плана по координатам точек поверхности залежи

Порядок работ при построении гипсометрического плана этим способом следующий:

а) строят координатную сетку в принятом масштабе, по координатам  $x$  и  $y$  наносят все точки наблюдения и возле них выписывают числовые значения координаты  $z$  этих точек;

б) производят оконтуривание залежи<sup>1</sup>;

в) анализируя числовые отметки точек, выясняют общий характер изменения изображаемой поверхности, на основе которого намечают инвариантные<sup>2</sup> и интерполяционные линии на бумаге;

г) задаваясь высотой сечений изогипс, производят интерполирование и, соединяя плавными линиями полученные точки с одноименными отметками, получают изогипсы поверхности залежи.

<sup>1</sup> Методика оконтуривания залежи рассматривается в § 40.

<sup>2</sup> Инвариантными называются линии на топографической поверхности, представляющие геометрическое место точек максимальной кривизны смежных изолиний.

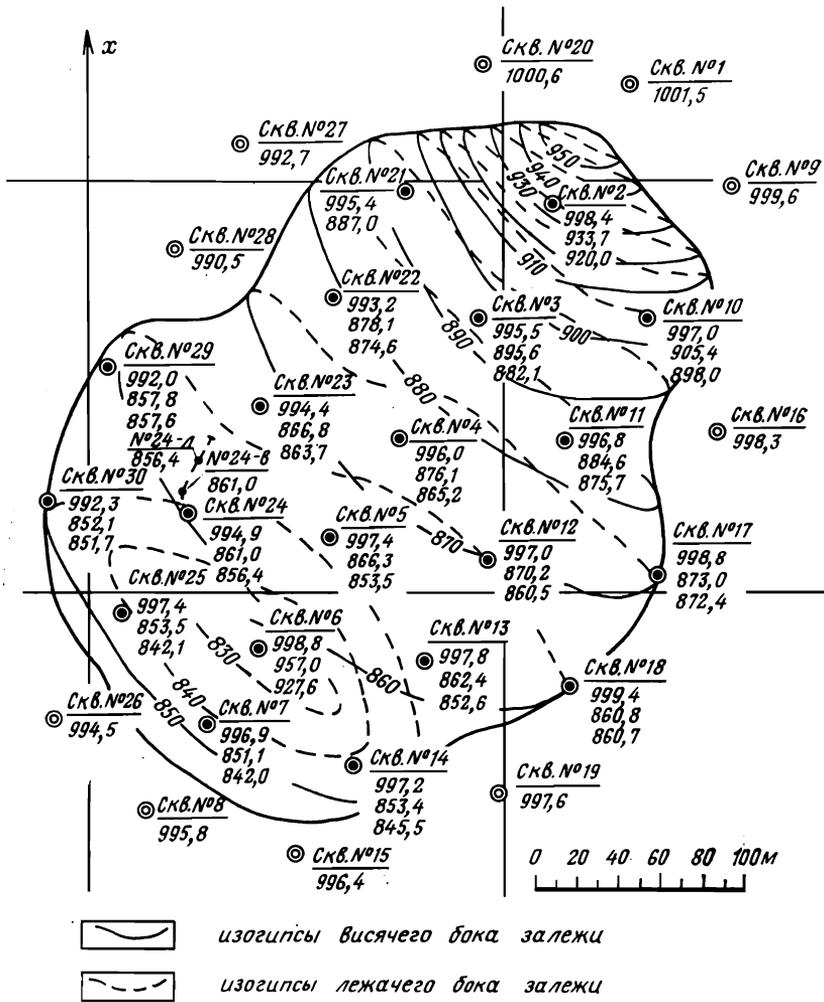


Рис. 3.14. Совмещенный гипсометрический план висячего и лежачего боков поверхности залежи

Построение изогипс следует начинать с наиболее изученного участка поверхности залежи. При построении совмещенного гипсометрического плана перечисленные выше этапы работ «в» и «г» выполняют отдельно для висячего и лежачего боков залежи.

На рис. 3.14 представлен пример совмещенного гипсометрического плана линзообразной залежи, построенного по данным 30 разведочных скважин, из них 29 вертикальных и одна (скважина № 24) искривленная. На плане указаны порядковые

номера скважин, под которыми написаны отметки их устьев. У вертикальных рудных скважин ниже отметки устья написаны отметки (координаты  $z$ ) точек встречи скважины с поверхностью висячего и лежачего боков залежи. Для искривленной рудной скважины № 24 кроме ее устья нанесены также положения точек встречи с поверхностью висячего (точка № 24-в) и лежачего (точка № 24-л) боков поверхности, под которыми написаны их отметки. Изогипсы поверхности висячего бока проведены сплошными, а лежачего бока — пунктирными линиями. Для линий изогипс принят синий цвет.

### **Построение гипсометрического плана при помощи вертикальных разрезов**

Этот способ относится к косвенным способам построения гипсометрических планов. Он применяется в тех случаях, когда вертикальные разрезы разведваемого месторождения достаточно точно характеризуют форму и условия залегания залежи по направлениям линии разрезов и позволяют по ним произвести ее оконтуривание.

Порядок работ по построению гипсометрического плана этим способом следующий:

а) на всех разрезах проводят вертикальные сетки, т. е. горизонтальные линии с равными вертикальными промежутками, соответствующими выбранной высоте сечения изогипс, и получают точки пересечения этих линий с поверхностями висячего и лежачего боков залежи;

б) на лист бумаги наносят координатную сетку, в масштабе разрезов наносят все разведочные линии и строят контур залежи;

в) с разрезов переносят на план точки пересечения вертикальной сетки с поверхностью залежи на всех линиях разрезов;

г) соединив точки с одноименными отметками данной поверхности залежи, получим изогипсы этой поверхности на плане.

### **Практическое значение гипсометрических планов**

Гипсометрические планы наилучшим образом характеризуют пространственное положение и элементы залегания залежи. Пользуясь гипсометрическим планом, можно решать следующие задачи.

1. Изогипсы дают четкую качественную характеристику изменения простираения поверхности залежи. Дирекционный угол  $\alpha$  простираения залежи в любой точке  $A$  на ее поверхности равен дирекционному углу направления касательной к изогипсе, проходящей через данную точку. Угол  $\alpha$  может быть измерен графически по плану.

2. С помощью изогипс графически можно определить угол падения поверхности залежи в любой ее точке.

3. На совмещенном гипсометрическом плане можно определить вертикальную и горизонтальную мощности залежи в любой ее точке. Вертикальная мощность залежи в заданной точке плана равна разности гипсометрических отметок данной точки на висячей и лежачей поверхностях залежи. Горизонтальная мощность залежи в данной точке поверхности висячего бока в заданном направлении равна расстоянию от этой точки по заданному направлению до точки его пересечения с одноименной изогипсой поверхности лежачего бока.

4. Совместив гипсометрический и топографический планы, можно определить глубину залегания любой точки залежи из выражения

$$h = z_n - z_r,$$

где  $z_n$  — отметка этой точки на поверхности земли;  $z_r$  — гипсометрическая отметка той же точки на поверхности висячего бока залежи.

5. По гипсометрическому плану можно построить вертикальные разрезы залежи в любом направлении. Замкнутые изогипсы висячего и лежачего боков залежи представляют собой линии горизонтальных сечений залежи.

6. Гипсометрические планы используются для рационального проектирования детально-разведочных работ, а также при подсчете запасов месторождений полезных ископаемых.

7. Гипсометрические планы используются для определения рационального места закладки шахтных стволов и определения планового положения проектируемых штреков, проводимых по пласту.

8. Гипсометрические планы дают наглядное представление о характере и форме имеющихся на данном участке тектонических нарушений залежи. По ним определяются направление и длина выработки на смежную — смещенную часть залежи, а также составляются прогнозы распространения нарушения на соседние пласты и т. д.

## § 22. Графики изолиний мощности залежи

Характеристика мощности пластовой залежи довольно проста. В § 20 были приведены формулы, по которым, имея измеренную мощность пласта в каком-либо направлении, можно вычислить величину его мощности в любом другом направлении. Для залежей неправильной формы, поверхности залегания которых непараллельны, указанные формулы неприменимы. Более того, мощность этих залежей даже в одном и том же направлении, но в различных их точках неодинакова. В связи с этим и возникла необходимость разработки методов изображения характера изменения мощности залежей неправильной формы.

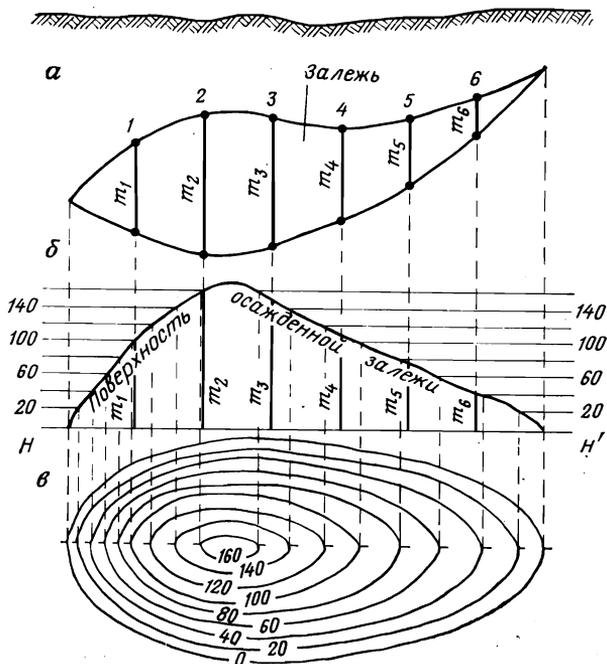


Рис. 3.15. Принцип построения плана вертикальных изомощностей: а — вертикальный разрез залежи; б — залежь, «осажденная» на горизонтальную плоскость; в — план вертикальных изомощностей залежи

Чертежи, на которых графически изображается характер изменения мощности залежи при помощи линий равных мощностей (изомощностей), называются графиками изолиний мощностей. Мощность залежи на этих графиках принято относить к точкам висячего бока залежи.

Плоскость проекции для построения этих графиков выбирается перпендикулярно к направлению изображаемой мощности. В частности, при построении графика изменения вертикальных мощностей  $m_v$  залежи плоскостью проекции является горизонтальная плоскость. Такой график называется планом вертикальных изомощностей. Следовательно, план вертикальных изомощностей представляет собой графическое изображение функции  $m_v = f(x, y)$ .

Для графического изображения этой функции при помощи изолиний мощностей  $m_v$ , совокупность которых изображала бы поверхность топографического порядка, необходимо, чтобы показатель  $m_v$  в любой точке представлял собой отстояние этой точки от горизонтальной плоскости проекции. Однако вертикальные мощности  $m_1, m_2, \dots, m_6$  залежи (рис. 3.15, а) представляют собой вертикальные расстояния точек 1, 2, ..., 6 по-

верхности всячего бока залежи не от горизонтальной плоскости, а от поверхности лежащего бока залежи. Чтобы изображаемые показатели  $m_1, m_2, \dots, m_6$  удовлетворяли условию, указанному выше, представим себе мысленно, что частицы залежи перемещаются вниз и оседают на горизонтальную плоскость  $HH'$  (плоскость проекции  $хоу$ ) без горизонтальных смещений и изменения объема залежи. В результате этого (рис. 3.15, б) получим «осажденную» на горизонтальную плоскость залежь, для которой отметка любой точки ее поверхности относительно горизонтальной плоскости «осаждения» равна вертикальной мощности залежи в той же точке на плане.

На рис. 3.15, в изображен план «осажденного» рудного тела в горизонталях его поверхности. Эти горизонталы представляют собой изолинии вертикальных мощностей «осажденной» залежи, а построенный план является планом вертикальных изомощностей залежи.

Из вышеизложенного следует, что план изомощности залежи изображает не истинную, а воображаемую поверхность «осажденной» залежи и поэтому этот план не может быть использован для определения углов простираения и падения залежи полезного ископаемого.

«Осаждение» залежи можно производить также на параллельную залежи наклонную плоскость или на вертикальную плоскость, параллельную простираению залежи. В первом случае получим график нормальных, а во втором — горизонтальных изомощностей залежи.

### Способы построения планов и графиков изомощностей

Графики и планы изомощностей залежи могут быть построены непосредственным или косвенным способом. При падении залежи под углом до  $30-40^\circ$  и разведке ее в основном вертикальными скважинами, как правило, строят план изолиний вертикальных мощностей. При этом исходными данными являются координаты  $x, y$  точек наблюдений (точек встречи скважин с поверхностью всячего бока залежи) и определенные по выходу керна значения вертикальной мощности залежи  $m_v$ , отнесенные к этим точкам. Кроме того, используются данные, полученные в других разведочных точках.

Для построения плана вертикальных изомощностей поступают следующим образом:

а) вычерчивают координатную сетку и в заданном масштабе по координатам  $x, y$  наносят все точки наблюдения;

б) возле этих точек выписывают соответствующие им значения вертикальной мощности залежи, взятые из бурового журнала или определенные тем или иным способом;

в) производят оконтуривание залежи, если это не сделано при построении других графиков;

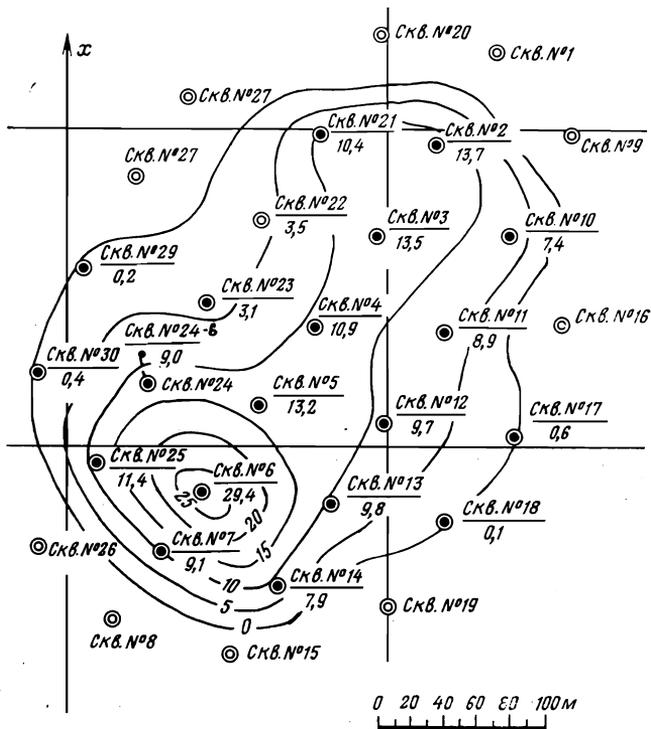


Рис. 3.16. План вертикальных изомощностей, построенный по данным разведочных скважин

г) детально проанализировав числовые значения вертикальной мощности в отдельных точках и в целом, намечают инвариантные линии изображаемой поверхности и линии «скастов», по которым необходимо произвести интерполирование;

д) выбрав сечение изолиний мощностей, по намеченным линиям производят интерполирование и находят точки на плане, в которых вертикальные мощности залежи кратны этому сечению;

е) соединив точки с одноименными мощностями, получают линии вертикальных изомощностей.

Для линии изомощностей принят зеленый цвет.

На рис. 3.16 представлен план вертикальных изомощностей сечением через 5 м для той же линзообразной залежи, для которой был построен гипсометрический план (см. рис. 3.14).

Аналогичным образом строят графики нормальных и горизонтальных изомощностей.

Планы и графики изомощностей, построенные для залежи неправильной формы, широко применяются на практике. Планы и графики изомощностей, в частности, позволяют очень просто оконтуривать разведанную залежь полезного ископаемого по заданной минимальной (рабочей) мощности. Таким контуром залежи является линия изомощности, числовое значение которой равно заданной мощности.

Эти графики используются для подсчета запасов, а также учета добычи и потерь полезного ископаемого при разработке месторождений. По ним легко определяется средняя мощность залежи, равная частному от деления ее объема на площадь в плоскости проекции.

### § 23. Планы изоглубин залегания залежи

Изоглубинами называются линии равных вертикальных глубин от земной поверхности до всячего бока залежи.

Глубину залегания  $h$  залежи можно рассматривать как вертикальную мощность толщи вышележащих горных пород. Следовательно, используя изложенную в § 22 сущность построения плана вертикальных изомощностей залежи на план изоглубин, можно утверждать, что план изоглубин представляет собой графическое изображение поверхности «осажденной» на горизонтальную плоскость проекции толщи пород, покрывающих залежь.

Таким образом, план изоглубин является графическим изображением функции  $h=f(x, y)$ . Графическое изображение этой функции, как и функции  $m=f(x, y)$ , представляет собой не истинную, а воображаемую поверхность «осажденного» тела.

Планы изоглубин могут быть построены непосредственным и косвенным способами. Исходные данные для построения этого плана непосредственным способом проще всего могут быть получены при разведке вертикальными скважинами. При этом координаты  $x, y$  точек наблюдений на поверхности всячего бока залежи равны координатам устьев скважин. Глубину залегания  $h$  берут из бурового журнала.

Для наклонных и искривленных скважин значения  $x, y$  и  $h$  проще всего определяют графически по вертикальным разрезам или профилям. Построение плана изоглубин в этом случае сводится к нанесению на план точек наблюдений по их координатам  $x, y$ , выписыванию возле них числовых значений глубин  $h$ , производству интерполирования и проведению линии изоглубин.

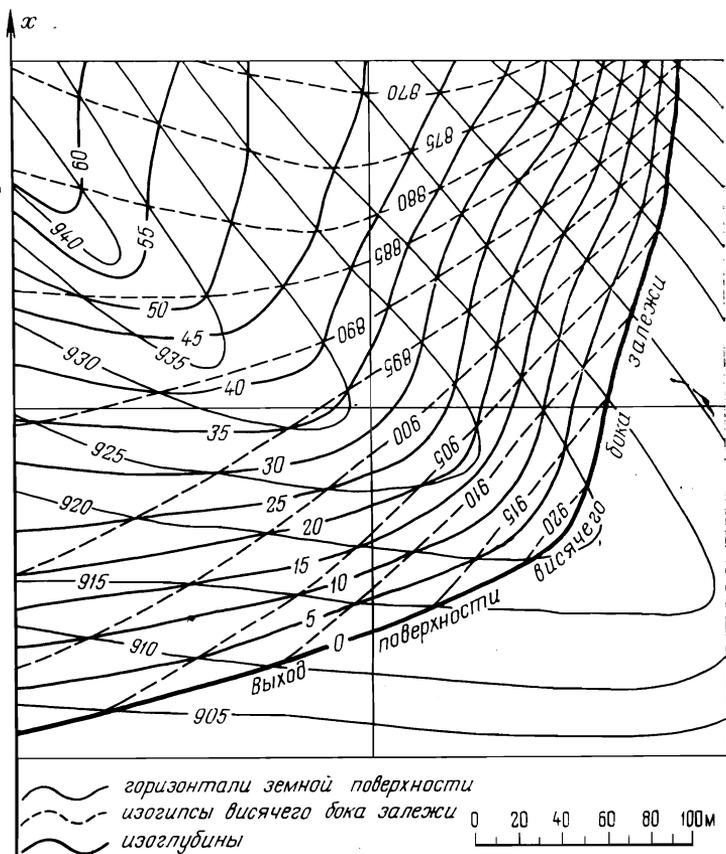


Рис. 3.17. Построение плана изоглубин косвенным способом

При косвенном способе построения плана изоглубин глубина залегания  $h$  в любой точке плана определяется из выражения

$$h = z_n - z_b,$$

где  $z_n$  — отметка точки на поверхности земли;  $z_b$  — отметка той же точки на поверхности висячего бока залежи.

Следовательно, исходными материалами для построения плана изоглубин косвенным способом являются план земной поверхности в горизонталях и гипсометрический план поверхности висячего бока залежи в одном и том же масштабе. Совместив эти планы по одноименным линиям координатной сетки и расположив план, составленный на прозрачной основе, сверху, в точках пересечений горизонталей и изогипс, определим глубину залегания. Соединив точки с одинаковыми значениями глубины залежи, получим линии изоглубин.

На рис. 3.17 показан план изоглубин, построенный способом, описанным выше. Линия нулевой изоглубины представляет собой пересечение поверхности всячего бока залежи с земной поверхностью, которая называется линией выхода залежи.

План изоглубин вместе с планом вертикальных изомощностей позволяет определять значения коэффициента вскрыши для различных горизонтов и на их основе устанавливать рациональную глубину разработки месторождения открытым способом.

## § 24. Краткие сведения о тектонических нарушениях

Залежи полезных ископаемых и вмещающие их породы под воздействием тектонических сил подвергаются различным деформациям. Происходящие при этом изменения элементов залегания залежи и вмещающих пород называются тектоническими нарушениями или дислокациями.

Тектонические нарушения по характеру делятся на складчатые (пликативные) и разрывные (дизъюнктивные).

Складчатыми называются такие сравнительно плавные нарушения, при которых отдельные слои или свиты пластов вместе с заключенной в них залежью подвергаются пластической изгибающей деформации без разрыва сплошности.

Разрывными называются такие сильно выраженные зональные нарушения, в результате которых происходит разрыв сплошности залежей, а также перемещение отдельных их частей (блоков) друг относительно друга. Такое разрывное нарушение называется дизъюнктивным. Другим видом проявления разрывного нарушения является трещинообразование в массиве горных пород, которое имеет более широкое распространение.

## § 25. Геометрический анализ складчатых структур

Складки имеют формы сложных топографических поверхностей. Однако на отдельных ограниченных участках их можно представить в виде тел, состоящих из отдельных геометрических элементов (рис. 3.18):

крылья складки — боковые части  $ABB_1A_1$  и  $DCC_1D_1$ , поверхность которых близка к плоскости;

замок складки — криволинейная поверхность  $CC_1G_1B_1VGC$ , по которой происходит переход от одного крыла к другому;

ядро складки — пространство, заключенное между крыльями (внутри складки);

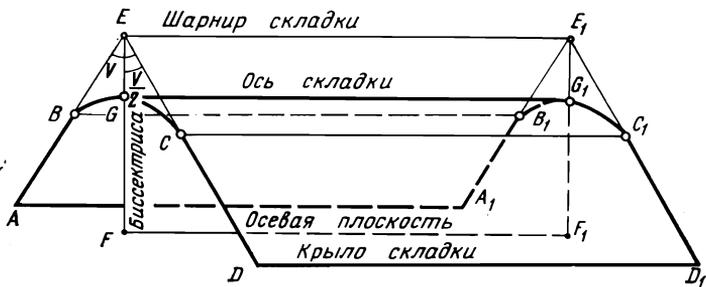


Рис. 3.18. Геометрические элементы складки

шарнир складки — линия пересечения  $EE_1$  плоскостей крыльев складки;

угол складки — двугранный угол  $V$  между плоскостями крыльев складки;

осевая плоскость — плоскость  $FEE_1F_1$ , проходящая через биссектрисы угла  $V$ ;

ось складки — линия  $GG_1$  пересечения осевой плоскости с замком складки.

В частном случае, когда крылья складки пересекаются, ось и шарнир складки совмещаются. Такая складка называется шарнирной.

Поскольку причины, процессы и кратность складкообразования земной коры различны, то соответственно и формы складки бывают разнообразными. Формы складчатых структур классифицируются по следующим основным признакам:

1) по взаимному расположению шарнира и крыльев различают антиклинальные и синклинальные складки (рис. 3.19). Антиклинальной 1 называют складку, у которой крылья падают от шарнира (оси), а синклинальной 2, у которой крылья падают к шарниру;

2) по форме поверхности замка различают цилиндрические, конические и шарнирные складки;

3) по углу наклона шарнира (оси) складки к горизонту различают горизонтальные, наклонные и вертикальные складки;

4) по углу наклона осевой плоскости к горизонту различают складки: прямые, у которых осевая плоскость вертикальна, а крылья расположены симметрично к ней; косые, у которых крылья падают в разные стороны под различными углами наклона; опрокинутые, крылья которых падают на одну сторону; лежащие, характеризующиеся слабонаклонным положением их осевых плоскостей;

5) по величине угла  $V$  различают складки: нормальные ( $0^\circ < V < 180^\circ$ ), изоклинальные ( $V \approx 0^\circ$ ) и веерообразные, у которых ядро и шарнир расположены по одну сторону относительно замка складки.

При геометризации складчатых структур форма, размер и положение складки в недрах характеризуются ее геометрическими параметрами.

К геометрическим параметрам относятся размеры складки и элементы ее залегания.

Длиной складки называется расстояние вдоль осевой линии между точками одного и того же стратиграфического горизонта на противоположных концах складки.

Шириной или горизонтальным размахом складки называется расстояние между осевыми линиями двух соседних антиклиналей или синклиналей.

Высотой или вертикальным размахом складки называется расстояние по вертикали между замком антиклинали и замком смежной с ней синклинали одного и того же слоя.

Элементами залегания складки являются: азимут (дирекционный угол) простирания, угол падения крыльев, шарнира (оси) складки и осевой плоскости, а также угол складки  $V$ .

Часть элементов залегания складки можно измерить непосредственно в натуре. Однако многие из них приходится определять косвенными способами — графическим или аналитическим.

Складчатые нарушения пластов с достаточной наглядностью изображаются на гипсометрических планах. По этим планам и вертикальным разрезам определяются геометрические элементы складки.

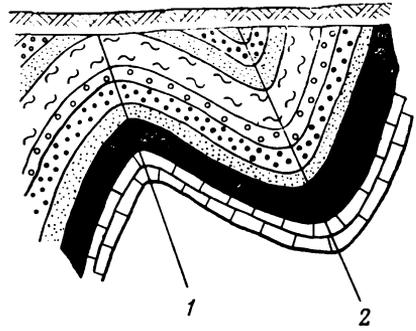


Рис. 3.19. Антиклинальная и синклиальная складки в вертикальном разрезе

## § 26. Геометрические элементы и параметры разрывных нарушений

Разрыв сплошности толщи горных пород и перемещение одной части их относительно другой происходит по трещине смещения, называемой сместителем (рис. 3.20). Сместитель является одним из основных элементов разрывного нарушения. Он может представлять собой закрытую трещину или трещинную зону, заполненную обломками или перетертым материалом различной мощности (иногда до нескольких десятков метров).

Часть сместившихся горных пород, в том числе и залежь полезного ископаемого, прилегающая к лежащему боку, т. е.

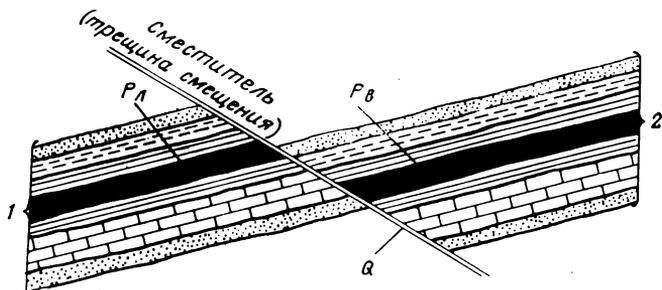


Рис. 3.20. Вертикальный разрез разрывного нарушения:

1 — лежащее крыло; 2 — висячее крыло

снизу сместителя, называется лежащим крылом. Другая же часть, прилегающая к висячему боку, т. е. сверху сместителя, называется висячим крылом. В дальнейшем мы будем рассматривать взаимное расположение сместителя и крыльев только для пластообразной залежи.

Если рассматривать разрывное нарушение в целом, то поверхности сместителя и разорвавшихся частей залежи могут быть самой разнообразной формы. Для установления геометрических взаимоотношений элементов смещений последние рассматривают на таких ограниченных участках, в пределах которых поверхность сместителя принимается за плоскость, а поверхности висячего и лежачего боков пластообразной залежи — как параллельные между собой плоскости. Структурные нарушения в пределах таких ограниченных участков называются единичными нарушениями.

В таком случае взаимное расположение сместившихся частей залежи и сместителя для каждого единичного нарушения может быть охарактеризовано тремя пересекающимися плоскостями (рис. 3.21): плоскостью сместителя  $Q$ , плоскостью висячего (или лежачего) бока лежачего крыла залежи  $P_л$ , плоскостью висячего (или лежачего) бока висячего крыла залежи  $P_в$ .

Линии пересечений  $AB$  и  $CD$  плоскостей лежачего и висячего крыльев с плоскостью сместителя  $Q$  называются линиями обреза залежи или линиями скрещения.

При большой мощности залежи нужно различать линию обреза по кровле и линию обреза по почве для каждого крыла в отдельности. Таким образом, крылья, сместитель и их линии пересечения являются основными элементами смещения.

Весьма важным показателем является вектор перемещения, характеризующийся величиной и направлением перемещения той или иной части разрывного нарушения. Нарушение могло произойти перемещением висячего крыла по сместителю или, наоборот, перемещением лежачего крыла, а также вследствие

совместного перемещения обоих крыльев. При анализе смещений, когда не удается выяснить, какое крыло осталось неподвижным и какое переместилось, рассматривают относительное перемещение крыльев залежи, при котором условно принимают лежащее крыло неподвижным, а висячее крыло — смещенным по плоскости сместителя. При этом перемещение рассматривается как прямолинейно-поступательное и поэтому крылья залежи единичного нарушения принимают перемещающимися по сместителю взаимно параллельно и прямолинейно.

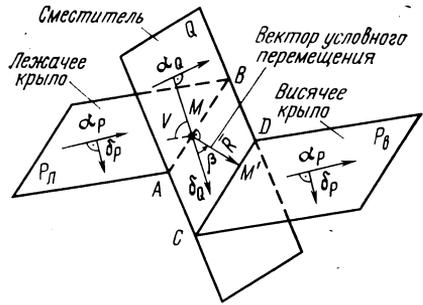


Рис. 3.21. Геометрическая схема разрывного нарушения

В отдельных случаях при вскрытии нарушенных участков горными выработками удается установить действительный характер и направления относительного перемещения. Однако следы относительного перемещения во многих случаях отсутствуют или непосредственное определение этого направления затруднительно.

В таких случаях для возможности характеристики нарушенных структур перемещение висячего крыла устанавливают по условному относительному или просто условному перемещению.

Условный вектор перемещения  $MM' = \bar{R}$  (рис. 3.21) расположен в плоскости сместителя и направлен от данной точки  $M$  линии обреза лежащего крыла к точке  $M'$  линии обреза висячего крыла по кратчайшему расстоянию между ними. Весьма важной характеристикой для условного вектора перемещения  $\bar{R}$  является угол  $\beta$ , характеризующий направление этого вектора в плоскости сместителя. Величину угла  $\beta$  принято отсчитывать от линии падения плоскости сместителя против хода часовой стрелки до направления вектора  $\bar{R}$ .

Геометрические параметры, характеризующие единичные разрывные нарушения, делятся на угловые и линейные.

К угловым параметрам относятся:

$\alpha_p, \delta_p$  — углы простираения и падения крыльев залежи;

$\alpha_q$  и  $\delta_q$  — углы простираения и падения сместителя;

$V$  — угол дизъюнктива, т. е. линейный угол двугранного угла между плоскостями лежащего или висячего крыла и сместителем;

$\alpha_R$  — угол простираения вектора относительного перемещения (иногда вместо  $\alpha_R$  берется угол  $\beta$  между линией падения сместителя и вектором  $\bar{R}$ ).

К линейным параметрам относятся:

амплитуда дизъюнктива, т. е. отстояние крыльев друг от друга. В зависимости от направления различают: нормальную  $p$ , вертикальную  $h$ , горизонтальную  $d$  (измеренную по направлению вкрест простирания крыльев) и горизонтальную  $l$  (измеренную по направлению простирания сместителя) амплитуды;

$m$  — мощность зоны сместителя;

$x, y, z$  — координаты точки наблюдения  $M$ , к которой относятся перечисленные выше параметры единичного разрывного нарушения.

По своей протяженности и величине перемещения горных пород разрывные нарушения разделяют на крупные, средние и мелкие.

## § 27. Классификации разрывных нарушений

Существуют многочисленные геологические классификации разрывных нарушений по генетическому признаку и механизму их образования, которые не могут быть использованы для решения различных горно-геометрических задач. Учитывая это обстоятельство, маркшейдеры вынуждены были разработать свои классификации единичных разрывных нарушений в основном по их геометрическим признакам.

*Классификация проф. П. К. Соболевского.* В этой классификации форма разрывного нарушения рассматривается двумя независимыми характеристиками — скрещением и смещением.

Скрещением характеризует взаимное расположение пересекающихся плоскостей сместителя  $Q$  и залежи  $P$  в пространстве.

Основной характеристикой разрывных нарушений является смещение, т. е. перемещение всякого крыла относительно лежащего по плоскости сместителя.

Как отмечалось в § 26, направление вектора  $MM' = \bar{R}$  условного перемещения (см. рис. 3.21) в плоскости сместителя определяется углом  $\beta$  относительно линии падения сместителя. В классификации проф. П. К. Соболевского выделены восемь возможных типов смещений в зависимости от значения угла  $\beta$ .

На рис. 3.22, *а* в аксонометрической проекции изображена плоскость сместителя  $Q$ , на которой от точки наблюдения  $M$  двойными линиями проведены восемь характерных направлений условных векторов смещений, против которых указаны соответствующие им наименования смещений.

На рис. 3.22, *б* приведены те же восемь типов смещений в плане, где плоскость  $Q$  изображена двумя ее горизонталями с отметками  $z$  и  $(z + \Delta z)$ . Положение линии обреза лежащего

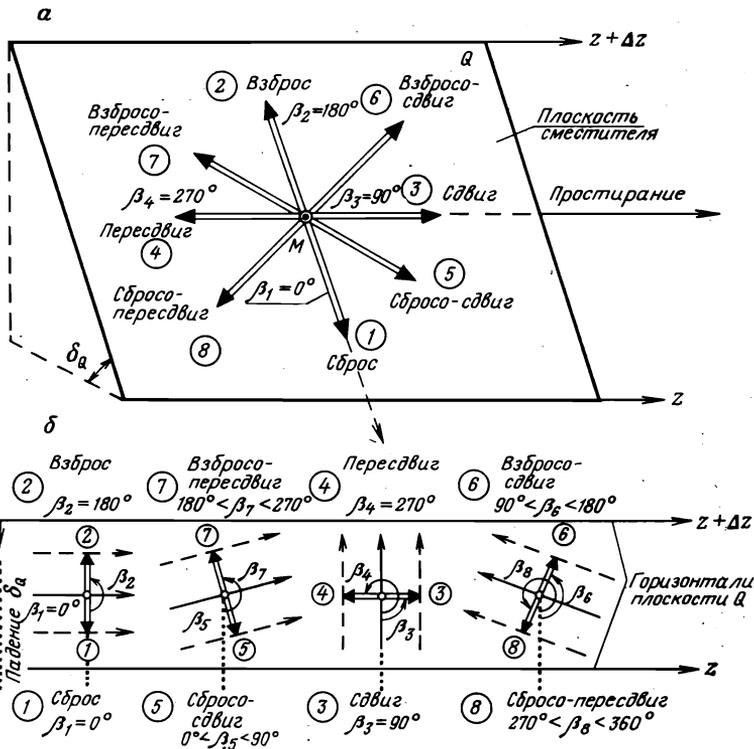


Рис. 3.22 Классификация смещений, по П. К. Соболевскому

крыла показано сплошной линией со стрелкой, а сместившейся линии обреза висячего крыла — пунктирной линией. Вектор условного перемещения показан двойной линией со стрелкой.

Таким образом, в данной классификации смещения имеют следующие названия и характеристики:

- 1) сброс — смещение висячего крыла вниз по направлению падения плоскости сместителя ( $\beta_1 = 0^\circ$ );
- 2) взброс — смещение висячего крыла вверх по направлению восстания плоскости сместителя ( $\beta_2 = 180^\circ$ );
- 3) сдвиг — смещение висячего крыла по направлению простирания сместителя ( $\beta_3 = 90^\circ$ );
- 4) пересдвиг — смещение висячего крыла по направлению, противоположному простиранию сместителя ( $\beta_4 = 270^\circ$ ).

Остальные четыре типа смещений: 5) сбросо-сдвиг, 6) взбросо-сдвиг, 7) взбросо-пересдвиг и 8) сбросо-пересдвиг — представляют собой результат смещения висячего крыла по направлениям, диагональным к линиям простирания и падения сместителя.

## Упрощенная классификация проф. В. А. Букринского

Проф. В. А. Букринский упростил предложенную проф. П. К. Соболевским классификацию разрывных нарушений путем ограничения числа параметров, позволяющих однозначно характеризовать геометрическую модель разрыва и довольно просто представлять ее графически на плане. В основу этой классификации также положено условное перемещение висячего крыла относительно лежащего, но с учетом перекрытия и зияния крыльев. При этом все формы нарушений изображаются в проекциях с числовыми отметками, где плоскости сместителя  $Q$  и крыльев  $P_L$ ,  $P_B$  представлены двумя горизонталями. Наличие перекрытия или зияния при этом легко устанавливается по положению линии обреза и плоскостей  $P_L$  и  $P_B$ .

Главными достоинствами данной классификации следует считать:

- возможность простым способом изобразить пространственную форму разрывного нарушения по его наименованию;
- по изображению на плане однозначно определить тип и название разрывного нарушения.

Поясним эти достоинства на примере, приведенном проф. В. А. Букринским на с. 204—207 своей книги [4].

Пусть, например, в геологическом, маркшейдерском или другом документе отмечено, что какой-то выработкой встречено разрывное нарушение типа сбросо-сдвига с зиянием крыльев. Чтобы изобразить эту форму нарушения, проводят две горизонтальные плоскости сместителя  $Q$  на произвольном расстоянии друг от друга (рис. 3.23) без ориентировки, указывая стрелками направления ее простираения и падения так, чтобы плоскость  $Q$  изображалась падающей на наблюдателя. Между этими горизонталями отмечают произвольную точку  $M$ , из которой согласно наименованию разрывного нарушения проводят вектор перемещения  $\bar{R}$  под углом  $\beta$  от линии падения против хода часовой стрелки (в данном примере для сбросо-сдвига угол  $\beta$  больше  $0^\circ$  и меньше  $90^\circ$ ). Через точку  $M$  перпендикулярно к направлению условного вектора перемещения  $\bar{R}$  проводят линию  $1-2$  пересечения лежащего крыла со сместителем. Через конец вектора (на любом расстоянии от  $M$  в пределах плоскости  $Q$ , так как амплитуда смещения в данном случае не учитывается)

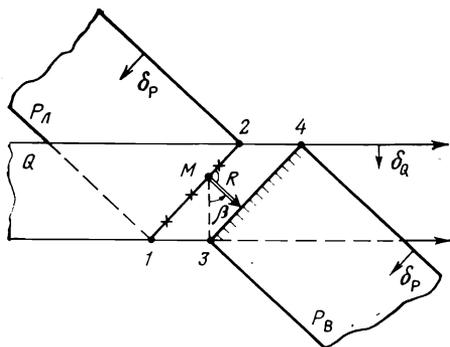


Рис. 3.23. Изображение разрывного нарушения типа сбросо-сдвига с зиянием крыльев, по В. А. Букринскому

Через точку  $M$  перпендикулярно к направлению условного вектора перемещения  $\bar{R}$  проводят линию  $1-2$  пересечения лежащего крыла со сместителем. Через конец вектора (на любом расстоянии от  $M$  в пределах плоскости  $Q$ , так как амплитуда смещения в данном случае не учитывается)

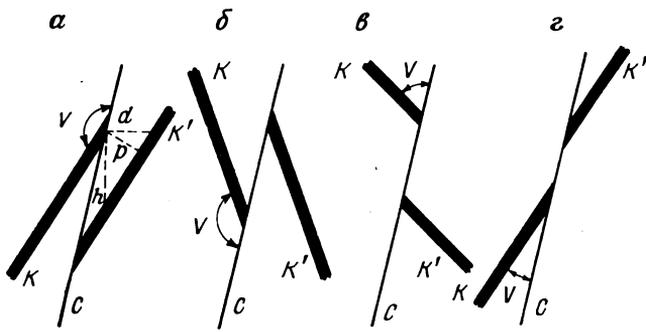


Рис. 3.24. Геометрическая классификация дизъюнктивов, по И. Н. Ушакову:  
 а — тупоугольный взброс; б — тупоугольный сброс; в — остроугольный взброс; г — остроугольный сброс (K — висячее крыло; K' — лежащее крыло)

параллельно первой линии проводят линию 3—4 пересечения висячего крыла со сместителем. Через точки 1, 2, 3 и 4 проводят горизонталь крыльев  $P_{\text{л}}$  и  $P_{\text{в}}$  так, чтобы получилось их зияние на плане. Для этого горизонталь висячего крыла  $P_{\text{в}}$  проводят от точек 3 и 4 вниз и в противоположную сторону от линии пересечения 1—2 со сместителем лежащего крыла, а горизонталь лежащего крыла  $P_{\text{л}}$  проводят от точек 1 и 2 параллельно горизонталям висячего крыла вверх и в сторону от линии пересечения 1—2 висячего крыла со сместителем. По этому же принципу на гипсометрическом плане поверхности пласта можно однозначно определить тип и наименование изображенного на плане разрывного нарушения.

Классификация проф. И. Н. Ушакова составлена с учетом того, что она должна быть максимально простой, помогающей документированию и систематизации разнообразных по форме и проявлению разрывных нарушений, а также способствующей решению геометрических задач как при разведке, так и при разработке нарушенных участков месторождений.

В упрощенной классификации смещений проф. И. Н. Ушакова в качестве геометрических элементов, определяющих тип и вид дизъюнктива, принимаются:

а) угол дизъюнктива  $V$ , представляющий собой двугранный угол между плоскостями сместителя и висячего крыла в сторону перемещения последнего;

б) направление вектора относительного перемещения висячего крыла залежи в плоскости сместителя.

По направлению вектора относительного перемещения висячего крыла в данной классификации выделяют два типа дизъюнктивов — взбросы и сбросы. В свою очередь, каждый из этих типов по углу  $V$  делится на два вида — тупо- и остроугольные.

Таким образом, проф. И. Н. Ушаков выделяет всего четыре основные формы разрывных нарушений, не считая редко встречающиеся промежуточные и предельные формы смещений.

На рис. 3.24 в вертикальном разрезе вкрест простирания крыльев  $K$  и  $K'$  показаны все четыре основные формы дизъюнктивов по данной классификации.

Характерно, что большинству наблюдаемых тупоугольных смещений свойственно удвоение, т. е. перекрытие крыльев по наибольшему числу направлений (по вертикали, по нормали к крыльям и по горизонтальному направлению вкрест простирания залежи).

На рис. 3.24, *a* показаны амплитуды  $d$ ,  $p$  и  $h$  дизъюнктива по всем характерным направлениям в плоскости разреза. Для всех остроугольных смещений независимо от их типа характерно зияние (растяжка) между крыльями.

## **§ 28. Документация разрывных нарушений и методы поисков смещенной части залежи**

При вскрытии, подготовке и обработке месторождений на пути горных выработок могут встретиться не выявленные при разведке разрывные нарушения. Места встречи этих нарушений и прилегающие участки должны быть документированы с целью выяснения характера, формы и параметров нарушения, а также решения вопросов, связанных с поиском смещенной части залежи.

После осмотра геолог делает зарисовки этих участков в крупных масштабах и описывает характер сместителя. При наличии зеркал скольжения на поверхности сместителя геолог внимательно следит за наличием борозд, штрихов и выбоин. На участках, прилегающих к сместителю, геолог определяет также ориентацию и другие характеристики трещиноватости массива.

В свою очередь, маркшейдер при возможности непосредственно измеряет элементы залегания сместителя и того крыла залежи, по которому пройдена выработка. По результатам документации, нанесенным на план, строятся различные разрезы.

В отдельных случаях по данным геолого-маркшейдерской документации удается точно определить относительное положение смещенного крыла залежи. Однако в большинстве случаев данные этой документации оказываются недостаточными для установления места смещенного крыла. Например, одни только элементы залегания сместителя и крыла позволяют установить лишь тип скрещения и выяснить, со стороны какого крыла выработка подошла к сместителю. Однозначное определение

местоположения смещенного крыла только по геометрическим данным не всегда представляется возможным.

В зависимости от типа месторождения, характера нарушения данного района и имеющихся данных документации вскрытого нарушения положение смещенной части залежи может быть установлено различными методами. Некоторые из них приведены ниже.

*Метод аналогии* основан на предположении, что в пределах данного участка месторождения тектонические нарушения идентичны или даже одинаковы. Следовательно, если поблизости имеется детально изученное нарушение, то его тип и характер распространяют на встреченное нарушение. Во многих случаях этот метод вполне приемлем. Однако практика показывает, что он не всегда себя оправдывает (особенно для рудных месторождений жильного типа).

*Опознавательный метод* применяется в тех случаях, когда выработка, встретившая нарушение, пересекла всю зону сместителя и на другой его стороне встретила слои горных пород, положение которых относительно залежи известно по стратиграфическому разрезу.

Для получения положения сместившегося крыла строят вертикальный разрез, на котором изображают горную выработку, залежь и породы, залегающие в кровле и почве до встречи со сместителем. Затем строят сместитель по его элементам залегания и длине по линии разреза. Далее по другую сторону сместителя изображают опознанные слои пород, относительно которых наносят смещенную часть залежи.

*Метод знаков скольжения* применяется, когда при документации нарушения выявлены и четко зафиксированы царапины, выбоины на полированных участках стенок сместителя, а также подвороты (следы волочения) залежи и оперяющие трещины. Направление, в котором наблюдается уменьшение глубины и ширины царапин и выбоин, совпадает с направлением относительного движения перемещаемого крыла.

*Геофизические методы* основаны на использовании известных геофизических свойств горных пород. В необходимых направлениях пробуривают скважины и по результатам электрических и других видов каротажей определяют вероятнейшее направление смещенного крыла залежи. При поисках смещенных частей с большими амплитудами в последнее время успешно применяют также методы сейсморазведки.

Часто для решения вопросов, связанных с поиском смещенной части залежи, приходится применять комбинированные методы. Если последние не позволяют установить местоположение искомой части крыла залежи, то проводят дополнительную разведку горных выработок буровыми скважинами и получают данные, необходимые для однозначного определения ее местоположения.

## § 29. Методы изучения и изображения трещиноватости массива горных пород

Трещиноватостью называется расчленение массива горных пород на блоки (отдельности) совокупностью плоскостей определенной ориентации без значительного относительного перемещения по ним блоков.

По причинам образования трещины делятся на две основные группы — нетектонические и тектонические.

По характеру проявления трещины бывают открытыми, закрытыми и скрытыми.

Основными геометрическими показателями трещиноватости массива горных пород являются:

а) ориентировка трещин, характеризуемая азимутом простирания  $A$  линии трещин и углом падения  $\Delta$  плоскости трещины;

б) раскрытие, или ширина трещины в плоскости наблюдений;

в) протяженность трещины (для первичных трещин в осадочных породах она измеряется по нормали к плоскости напластования, а для остальных трещин — по направлению падения плоскости ее раздела);

г) частота трещин  $t$  — расстояние по нормали между соседними трещинами данной системы;

д) интенсивность (густота) трещиноватости характеризуется коэффициентом  $K$  густоты трещиноватости. Различают коэффициенты густоты линейной  $K_{л}$  и площадной  $K_{п}$  трещиноватости, определяемые из выражений

$$K_{л} = N_{л}/l \text{ и } K_{п} = N_{п}/S, \quad (3.14)$$

где  $N_{л}$  — число трещин данной системы на отрезке  $l$ , в направлении перпендикулярном к плоскости трещин;  $N_{п}$  — число трещин данной системы на участке площадью  $S$ ;

е) степень раздробленности массива. Трещины различных систем, пересекаясь между собой, делят массив горных пород на структурные блоки, формы и размеры которых зависят от интенсивности трещиноватости и числа систем трещин.

Средний объем  $V_{ср}$  структурного блока определяется по средним расстояниям между трещинами наиболее выраженных трех систем, образующих формы структурных блоков.

Степень раздробленности массива горных пород на данном участке характеризуется коэффициентом раздробленности, определяемым по формуле

$$W = 1/V_{ср}. \quad (3.15)$$

В литературе встречается и ряд других показателей, характеризующих трещиноватость массива горных пород.

Крупные трещины документируют в отдельности и изображают на планах и разрезах, мелкую же трещиноватость документируют для каждого обнаженного участка в отдельности.

Участки, выбираемые при документации и измерении мелкой трещиноватости, должны быть характерными для данной части массива горных пород или залежи полезного ископаемого. Одновременно с измерениями трещин делают геологические зарисовки участков наблюдений с описанием характеристик пород и их трещин.

Азимут простирания и угол падения мелких трещин обычно измеряют горным компасом с помощью алюминиевой пластины, которая накладывается на стенки трещин или вкладывается в последние. Линейные величины, т. е. протяженность и интенсивность трещиноватости, измеряют при помощи обычных рулеток.

В пределах каждого участка с выраженной характерной мелкой трещиноватостью число измеряемых трещин должно быть представительным (не менее 80—100). Если документируют горную выработку, секущую залежь полезного ископаемого, то измерения производят по всей ее мощности.

При наличии четко выраженных систем мелких трещин расстояние по нормали между трещинами измеряют непосредственно рулеткой. При хаотичном расположении трещин непосредственное измерение расстояний между ними затруднительно. В этих случаях среднее расстояние  $t_{\text{ср}}$  между трещинами определяют по эмпирическим формулам.

Для труднодоступных участков с успехом применяется метод фотодokumentации мелкой трещиноватости с применением обычных фотоаппаратов или фототеодолита.

Наилучшей формой обобщения результатов измерений мелкой трещиноватости является построение различных графиков.

*Диаграмма трещиноватости* строится для выделения систем трещин и определения средних элементов их залегания. В частности, для осадочных пород горизонтального и пологого залегания первичные секущие трещины являются основными и, как правило, крутыми. Учитывая это обстоятельство, такие трещины выделяют только по значениям их азимутов при помощи диаграммы-розы (рис. 3.25). Для построения диаграммы-розы все измеренные трещины делят на группы, значения ази-

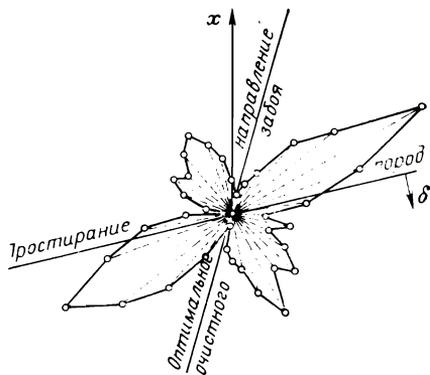


Рис. 3.25. Диаграмма — роза трещиноватости

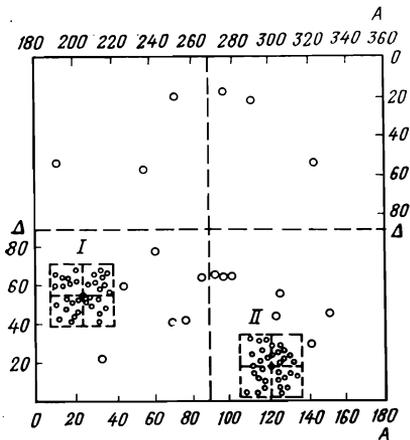


Рис. 3.26. Прямоугольная точечная диаграмма трещиноватости

могут быть измерены графически. Направление биссектрисы по участку, свободному от трещин, — оптимальное направление ведения очистных горных работ.

При наклонном и крутом залегании пород ориентировка секущих трещин производится не только по азимуту  $A$ , но и по углу падения  $\Delta$  плоскости трещин. В таких случаях каждая трещина может быть изображена в виде точки по угловым параметрам  $A$  и  $\Delta$  как координатам. Такой чертеж называется точечной диаграммой трещиноватости.

Наиболее удобна прямоугольная точечная диаграмма трещиноватости (рис. 3.26), где по оси абсцисс в определенном линейном масштабе откладывают угловое значение азимута  $A$ , а по оси ординат — значение угла падения  $\Delta$ . Таким образом, каждая трещина на этой диаграмме изображена точкой. В примере, приведенном на рисунке, четко выделяются две основные системы трещин  $I$  и  $II$ . Значения  $A_I$ ,  $\Delta_I$  и  $A_{II}$ ,  $\Delta_{II}$  центральных точек этих систем характеризуют средние значения азимутов и углов падения указанных двух основных систем трещин.

При решении некоторых горнотехнических задач необходимо знать характеристику раздробленности массива горных пород и закономерности ее распределения. В таких случаях на различных участках пласта, залежи или слоя горных пород по данным измерений трещиноватости определяют числовое значение коэффициента раздробленности  $W$  по формуле (3.15).

На план наносят положение центров всех участков наблюдений (измерений) по их координатам  $x$ ,  $y$ , около которых подписывают числовые значения  $W$ . Далее известным способом строят изолинии равных значений  $W$  через заданную высоту сечения.

мутов которых колеблются в пределах заданных интервалов (через 5; 10 или 15°). Для трещин каждой группы определяют среднее значение азимута и их число. По этим средним значениям азимутов для всех групп трещин проводят линии, на которые в принятом масштабе откладывают число трещин в соответствующих группах. Соединив концы полученных направлений, получим лепестки диаграммы — розы.

В примере, приведенном на рис. 3.25, четко выделяются две системы трещин, средние значения азимутов которых

Такой график называется графиком изолиний интенсивности трещиноватости, дающим наглядное представление о характере изменения степени раздробленности массива горных пород или залежи полезного ископаемого, что и служит основой для решения некоторых горнотехнических задач.

### **§ 30. Общие сведения о качественных свойствах полезных ископаемых и этапы работ по их геометризации**

Для оценки месторождения, а также рационального планирования и ведения горных работ наряду с выявлением формы и условий залегания залежи полезного ископаемого необходимо изучить и ее качественные характеристики. К качественным характеристикам полезного ископаемого относятся химические и физические свойства, а также количественное размещение в нем полезных и вредных компонентов.

Качество руды в основном характеризуется содержанием в ней металла и других полезных компонентов, а также ее технологическими свойствами.

Качество ископаемых углей определяется содержанием в них углерода и летучих веществ, а также содержанием в них вредных компонентов (сера, фосфор).

Качество известняков, доломитов и мергелей, используемых как сырье для производства цемента, характеризуется гидравлическим  $M$ , силикатным  $S$  и железным  $F$  модулями.

Совокупность работ, связанных с выяснением качественных особенностей и их количественной характеристики, а также с графическим изображением закономерностей их распределения, называется геометризацией качественных свойств месторождения.

Для геометризации качественных свойств полезного ископаемого (в частности, рудной залежи) необходимо выполнить следующие этапы работ:

а) опробование месторождения с составлением геолого-маркшейдерской документации;

б) математическую обработку количественных показателей результатов опробования;

в) построение графиков, изображающих количественное распределение содержания металла в руде.

### **§ 31. Опробование месторождения и его геолого-маркшейдерская документация**

В зависимости от поставленных задач различают химическое, техническое, технологическое и минералогическое опробование.

Для определения содержания полезного компонента (в частности, металла в руде) в рудной залежи производят опробование, для чего из различных ее участков берут образцы (пробы) руды. Содержание металла в каждой пробе определяют химическим анализом.

В зависимости от геологических особенностей и вида разведочной выработки пробы в массиве отбирают бороздовым, задирковым, точечным, шпуровым, валовым и горстевым способами.

В тех случаях, когда рудная залежь имеет небольшую мощность, опробование производят на всю ее мощность. Если залежь мощная и ее последующая отработка будет вестись слоями или горизонтами, то опробование производится отдельно для каждого слоя или горизонта. Пробы берут через определенные интервалы. Интервалы между соседними местами взятия проб зависят от изменчивости изучаемого качественного показателя (в частности, содержания металла в рудной залежи). Излишняя густота опробования приводит к возрастанию затрат на разведку, а чрезмерное увеличение интервалов опробования — к снижению точности определяемого качественного показателя.

Одно из средств уменьшения затрат при массовом опробовании — производство химических анализов объединенных проб с близкими качественными свойствами.

При опробовании залежи составляется детальная геологическая документация, которую можно разделить на полевую и камеральную.

Полевая документация включает составление зарисовок залежи в забоях и по стенкам горных выработок в масштабах 1:20—1:50. На зарисовках указывают типы руд, отмечают различные прожилки, их мощности и места взятия проб.

Камеральная документация включает составление сводных графиков и планов опробования залежи.

Блочные карточки и погоризонтные планы опробования — обобщение результатов первичной геологической документации по опробованию. Эти графические документы составляются на основе маркшейдерских данных. Блочные карточки составляются для каждого блока в отдельности. На них наносятся оконтуривающие выработки и все места взятия проб с указанием их номеров и результатов химического анализа.

Для каждого горизонта рудного месторождения составляются планы опробования в масштабах 1:500—1:200, на которые наносятся контуры всех горных выработок, пройденных на данном горизонте, контуры рудного тела, типы и сорта руды. Против мест взятия проб отмечают номер пробы, мощность залежи и содержание компонентов.

Погоризонтные планы с данными опробования — основа для составления планов изолиний содержания компонентов в руде, а также определения среднего содержания компонентов по выработкам, отдельным участкам и по всему горизонту.

### § 32. Сведения из математической статистики в связи с геометризацией свойств полезных ископаемых

Общую количественную характеристику и закономерности распределения тех или иных свойств залежи полезного ископаемого можно устанавливать с необходимой точностью, если разведочные выработки расположены в характерных местах залежи, отбор проб произведен во всех характерных точках и числовые значения изучаемых показателей для всех проб определены безошибочно.

Соблюдать все эти условия практически невозможно, поэтому для возможности вскрытия общих закономерностей размещения свойств залежи по выборочной их совокупности применяются методы математического моделирования с использованием теории вероятностей, математической статистики и теории случайных функций. Изучением этих вопросов занимается новое направление в статистике, называемое геостатистикой.

Ниже приводятся некоторые общие сведения и формулы, применяемые при математической обработке результатов различных измерений и, в частности, опробования месторождений. В общем случае интересующий нас показатель или свойство полезного ископаемого по длине выработки, по площади горизонта или по месторождению в целом меняется непрерывно и имеет  $N$  возможных характерных значений. Предположим, что по выборочным данным получено  $n$  отдельных случайных значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  этого показателя, отнесенных к центрам соответствующих отрезков выработки, площадей или объемов участков залежи, где произведены измерения показателя или отобраны пробы. Каждое из полученных значений  $x_i$  характеризуется частотой  $p_i$ , численно равной соответствующей длине отрезка, площади или объема участка.

При решении ряда практических задач достаточно знать не законы распределения тех или иных свойств или показателей, а общие числовые их характеристики. Ниже приводятся некоторые из основных характеристик и формулы для их определения.

*Среднее значение показателя  $\bar{X}$ .* При переменной частоте  $p_i$  случайных значений  $x_i$  измеренных величин определяют их среднее взвешенное значение по формуле

$$\bar{X}_в = \frac{p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum p_i x_i}{\sum p_i}. \quad (3.16)$$

В частном случае, когда частота постоянна, т. е.  $p = \text{const}$ , определяют простое среднеарифметическое значение измеренной величины  $x_i$  по формуле

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}. \quad (3.17)$$

Среднее квадратическое отклонение измеренной случайной величины  $x_i$ , или стандарт, определяется по формулам:

при  $p = \text{const}$  
$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}; \quad (3.18)$$

при переменной  $p$  
$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum p_i (x_i - \bar{X}_B)^2}{\sum p_i}}. \quad (3.19)$$

Величина  $\sigma$  характеризует абсолютную изменчивость показателя.

Погрешность среднеарифметического значения с заданной вероятностью, или гарантией ее определения, вычисляется по формуле

$$m = \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.20)$$

где  $t$  — коэффициент вероятности, значение которого приводится ниже.

Вероятность . . . . .	0,000	0,383	0,683	0,954	0,988	0,997
Коэффициент $t$ . . . . .	0,0	0,5	1,0	2,0	2,5	3,0

Следовательно, если изменчивость показателя равна  $\sigma$ , а число измерений равно  $n$ , то при  $t = 2,5$  вероятность получения среднеарифметического значения изучаемого показателя с погрешностью  $m$ , вычисляемой по формуле (3.20), составляет 98,8 %.

Коэффициент вариации является относительной величиной и выражает степень изменчивости изучаемого показателя. При помощи этого коэффициента можно сравнивать изменчивость одного и того же показателя для различных месторождений, а также изменчивость различных показателей для одного и того же месторождения.

Коэффициент вариации (в процентах) вычисляется по формуле

$$v = \pm \frac{\sigma 100}{\bar{X}}. \quad (3.21)$$

### § 33. Кривая изменения содержания компонента по разведочной выработке, ее построение и сглаживание

Результаты опробования залежи вдоль горной выработки или скважины предварительно представляются в виде таблицы, в которой отмечаются номера проб, интервалы между ними и числовые значения качественного показателя, например содержания меди в руде.

Однако для наглядного изображения характера изменения данного показателя в заданном направлении строят графики в виде гистограммы или полигональной кривой.

Для построения гистограммы (рис. 3.27, а) по оси абсцисс откладывают интервалы проб в определенном масштабе, а по оси ординат в другом масштабе откладывают значения изучаемого качественного показателя, например содержания меди в руде. Полученные прямоугольники, опирающиеся своим основанием на ось абсцисс, образуют ступенчатую кривую, называемую гистограммой изменения содержания меди в руде по длине разведочной выработки (на рис. 3.27, а по оси скв. № 14).

Для построения полигональной (или эмпирической) кривой (рис. 3.27, б), как и в предыдущем случае, по оси абсцисс последовательно откладывают интервалы опробования. Из сере-

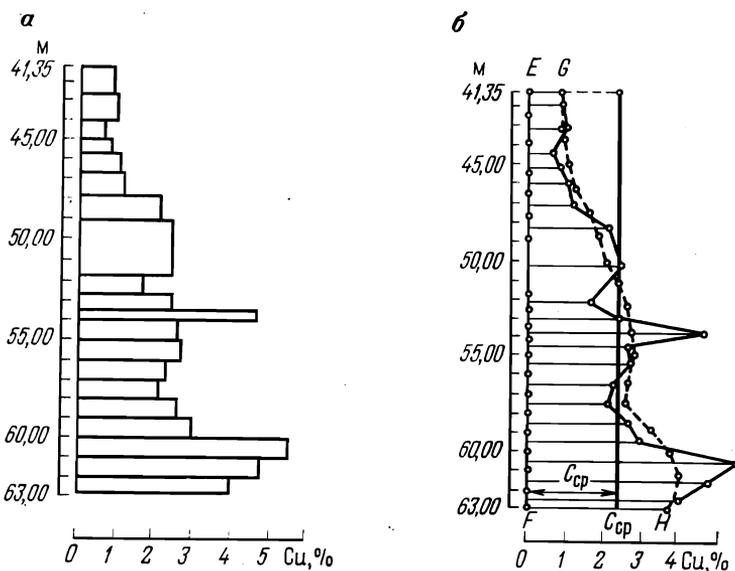


Рис. 3.27. Графики изменения содержания меди в руде по скв. № 14 (по П. А. Рыжову):

а — гистограмма; б — полигональная и сглаженная кривые

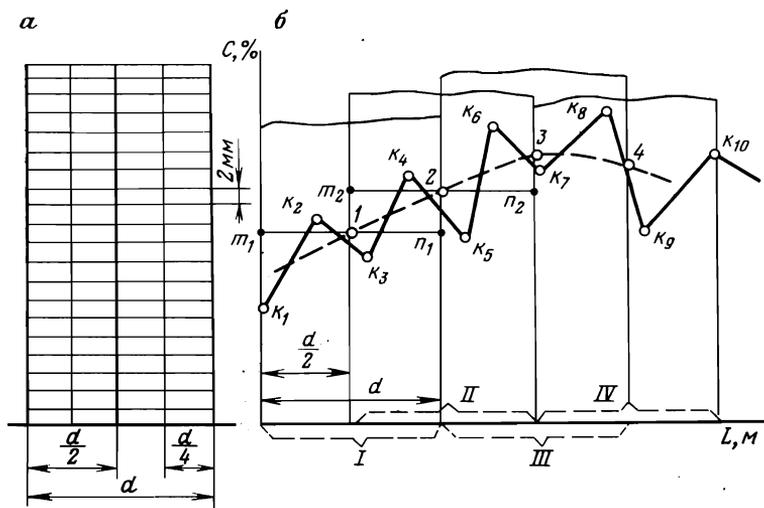


Рис. 3.28. Сглаживание полигональной кривой при помощи статистического скользящего окна:

*a* — палетка для графического сглаживания; *б* — графическое сглаживание полигональной кривой

дины этих интервалов восставляют перпендикуляры длиной, соответствующей содержанию меди в каждом интервале. Соединив концы прямыми линиями, получим полигональную кривую изменения содержания меди в руде по глубине скв. № 14.

Скачкообразное изменение этих кривых обусловлено не только резким изменением содержания меди по глубине скважины, но и ограниченностью числа проб, погрешностями химического анализа и другими причинами.

В действительности содержание меди в руде по глубине скважины меняется плавно. Для устранения этого недостатка производят выравнивание или сглаживание кривой (на рис. 3.27, *б* пунктирная линия между точками *G* и *H*).

*Графическое сглаживание полигональной кривой* производят способом «скользящего окна» при помощи палетки, вычерченной тушью на прозрачной бумаге (рис. 3.28, *a*).

Палетка состоит из пяти или трех абсцисс. Расстояние *d* между крайними абсциссами называется величиной «окна» палетки, а расстояние между соседними абсциссами — шагом перемещения палетки, величина которого при пяти абсциссах равна  $d/4$ , а при трех абсциссах —  $d/2$ . Величину *d* «окна» палетки берут равной 1—2 см. По всей высоте палетки через 2 мм проводят горизонтальные равноотстоящие линии.

Оптимальная величина «окна» и шага перемещения палетки зависит от степени изменчивости полигональной кривой. С воз-

растанием этих величин степень сглаживания полигональной кривой увеличивается, что может привести к искажению действительного характера изменения содержания полезного компонента в руде по глубине скважины. С другой стороны, слишком малые их величины приводят к недостаточному сглаживанию полигональной кривой.

Рассмотрим порядок работы при сглаживании полигональной кривой  $k_1, k_2, \dots, k_{10}$  с использованием трехабсциссной палетки с величиной «окна»  $d$  и шагом перемещения  $d/2$  (рис. 3.28, б).

Вначале основание палетки совмещают с линией интервалов проб в положении *I* так, чтобы левая крайняя абсцисса палетки проходила через начальную точку  $k_1$  полигональной кривой. В этом положении выбирают горизонтальную прямую  $m_1n_1$  палетки так, чтобы сумма заштрихованных площадей, расположенных ниже этой прямой, была равна сумме заштрихованных площадей выше ее. Середину отрезка  $m_1n_1$ , т. е. точку *1*, наколом отмечают на графике. Затем палетку передвигают на величину принятого шага перемещения (на рисунке он равен  $d/2$ ) в положении *II* и аналогичными действиями на середину отрезка  $m_2n_2$  отмечают на графике точку *2*. Такими же действиями в положениях *III* и *IV* палетки отмечают на графике точки *3*, *4* и т. д.

Плавно соединив полученные точки *1, 2, 3, 4, ...* на графике, получим сглаженную кривую. На рис. 3.28, б, как и на рис. 3.27, б, сглаженные кривые показаны пунктирными линиями.

При помощи сглаженной кривой можно определить среднее содержание металла в руде на любом участке опробования. Для определения среднего содержания меди в руде, например на данном участке *EF* скв. № 14 (см. рис. 3.27, б), измеряют площадь  $S$  фигуры *EFHG*, ограниченной сглаженной кривой и осью абсцисс, и длину заданного отрезка  $l=EF$ . Так как  $c_{\text{ср}}l=S$ , то

$$c_{\text{ср}} = S/l. \quad (3.22)$$

Аналогичным образом можно определить среднее содержание металла по данной скважине на всю мощность залежи или для ее любого слоя, а также содержание меди в любой точке оси скважины.

## § 34. Построение планов изолиний качественных свойств полезного ископаемого

Изолинии качественных свойств, например содержания металла в руде, обычно строятся в горизонтальной плоскости проекции, и поэтому они называются планами изолиний качественных свойств.

При построении этих планов необходимо различать два основных случая:

1) залежь полезного ископаемого имеет небольшую мощность, горизонтальное или пологое залегание и разрабатывается на всю мощность одновременно;

2) залежь имеет большую или небольшую мощность, но крутое падение и разрабатывается отдельными слоями, подэтажами, этажами.

В первом случае план изосодержания металла в руде строится по средним значениям содержания металла на всю мощность залежи в различных ее точках.

Метод определения среднего содержания металла в руде на всю мощность залежи по каждой скважине описан в § 33. При этом среднее содержание металла в различных точках залежи может быть определено также по данным усредненной пробы руды на всю мощность залежи.

Для построения плана изосодержаний поступают следующим образом. На план наносят все точки наблюдений. Если разведочные скважины вертикальны, то их наносят на план по координатам  $x$ ,  $y$  их устьев. При наклонных скважинах на план наносят средние точки между входом и выходом скважины из залежи. Возле всех точек наблюдений выписывают средние значения содержания металла в руде на всю мощность залежи. Далее производят геометрический анализ числовых отметок (в данном случае средних содержаний металла в руде), намечают инвариантные линии и линейным интерполированием находят точки со ступенчатыми отметками, кратными заданному сечению изолиний.

Соединив плавными линиями точки с одноименными отметками, получим изолинии средних на всю мощность залежи содержаний металла в руде.

На таком плане можно произвести оконтуривание залежи по заданному среднему или минимальному бортовому содержанию, а также наметить участки с малым содержанием металла в руде для оставления их в качестве целиков.

Если месторождение разрабатывается открытым или подземным способом, отдельными слоями или горизонтами, то план изолиний содержания металла в руде строится не на всю мощность залежи, а для каждого отдельного слоя или горизонта.

Имея кривые изменения содержания металла по каждой скважине, по ним определяют средние содержания металла для данного слоя в интервале между нижней и верхней его отметками. Содержание металла в различных точках данного горизонта определяется по указанным выше кривым в точках, соответствующих отметке данного горизонта, или по плану опробования данного горизонта. При этом порядок построения плана изолиний содержания металла в руде аналогичен описанному выше.

## § 35. Планы изолиний линейных запасов полезного ископаемого и его компонентов

Под линейным запасом полезного ископаемого  $q$  и его компонента (например, металла в руде  $p$ ) подразумевают массу этих веществ, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  площади залежи. Другими словами,  $q$  и  $p$  — это соответственно масса полезного ископаемого и его компонента в призме с площадью основания  $1 \text{ м}^2$  и высотой, равной мощности залежи по направлению перпендикуляра к этому основанию.

Линейный запас полезного ископаемого ( $\text{т/м}^2$ ) вычисляется по формуле

$$q = m \gamma, \quad (3.23)$$

где  $m$  — мощность залежи, м;  $\gamma$  — объемная масса полезного ископаемого,  $\text{т/м}^3$ .

Линейный запас в угольных месторождениях называют производительностью пласта, а на золоторудных жильных месторождениях — производительностью жилы.

Линейный запас полезного компонента ( $\text{т/м}^2$ ), например металла в руде, в зависимости от единицы измерения его содержания  $c$  вычисляется по формулам:

при  $c$  (в процентах) 
$$p = \frac{m \gamma c}{100} = \frac{qc}{100}; \quad (3.24)$$

при  $c$  (г/т руды) 
$$p = qc \cdot 10^{-6}. \quad (3.25)$$

Методика построения планов изолиний линейных запасов полезного ископаемого и его компонентов ничем не отличается от методики построения структурных и качественных горно-геометрических графиков и планов. Планы изолиний линейных запасов дают наглядное представление о распределении запасов полезного ископаемого и его компонентов в пределах площади месторождения. Этими планами пользуются при подсчете запасов и планировании добычи полезного ископаемого.

## § 36. Прогнозирование качественных показателей залежи для прилегающих участков и горизонтов

Горно-геометрические графики, составленные на каждом этапе разведки месторождения, позволяют выдвигать рабочие гипотезы об его строении и качественных характеристиках. Эти рабочие гипотезы помогают обоснованному проектированию и проведению работ на следующем этапе разведки месторождения.

При построении рабочих гипотез осуществляется динамическое прогнозирование в основном структурных и только ча-

стично качественных показателей залежи полезного ископаемого. Такое прогнозирование качества в какой-то мере удовлетворяет разведчиков недр, но не удовлетворяет технологов при отработке месторождения. Для рациональной отработки месторождения необходим более гибкий метод прогнозирования, учитывающий большое количество геолого-маркшейдерской информации, поступающей при отработке месторождений. В этом смысле более эффективным следует считать разработанный проф. В. А. Букринским прогнозно-динамический метод выявления функции размещения необходимого показателя, соподчиненного с другим, сравнительно проще и точнее выявляемым показателем.

Например, на обработанных участках некоторых жильных залежей с помощью корреляционного анализа изучают связь между трещиноватостью и оруденением массива. При вскрытии нового соседнего участка проще изучать трещиноватость массива и по ней судить о содержании полезного компонента в рудном массиве.

В некоторых месторождениях существует определенная связь между содержанием металла в руде и удаленностью точек наблюдений от висячего или лежащего бока залежи. Изучив характер этой связи на одном участке и убедившись в достаточной устойчивости этой связи, можно сделать прогноз о содержании металла в руде на малоизученных соседних участках.

В отдельных случаях, имея планы изосодержаний для нескольких смежных слоёв, можно обнаружить определенную закономерность изменения содержания металла по глубине. Наличие такой устойчивой закономерности позволяет с помощью метода экстраполяции сделать прогноз о содержании металла в соседнем, неизученном горизонте с оценкой ожидаемой средней квадратической погрешности прогноза.

## Глава 4

# ПОДСЧЕТ И УЧЕТ ЗАПАСОВ, ДОБЫЧИ, ВСКРЫШИ И ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

### § 37. Классификация разведанных запасов полезного ископаемого

Изучение месторождений полезных ископаемых завершается их оценкой. Один из ее существенных элементов — подсчет запасов полезных ископаемых, в результате которого устанавливается:

- 1) количество полезного ископаемого в недрах и распределение запасов по сортам;
- 2) качество полезного ископаемого;
- 3) технологические свойства полезного ископаемого и рекомендации по его промышленному использованию;
- 4) геологические и горнотехнические условия для правильного выбора способа вскрытия и системы разработки месторождения;
- 5) степень надежности результатов подсчета запасов и изученности месторождения для решения вопроса о промышленном назначении минерального сырья.

Запасы полезных ископаемых подсчитывают по их наличию в недрах без учета потерь при добыче, обогащении и переработке. Состав и свойства полезных ископаемых определяют в их природном состоянии.

Запасы полезного ископаемого (руда, уголь) выражают в тоннах; запасы естественных строительных материалов (песок, глина, камень и т. д.) — в кубических метрах. Для руд черных металлов (железо, марганец, титан, ванадий, хром) кроме их количества по массе указывают также и среднее содержание в них металла.

Для руд цветных металлов (медь, цинк, свинец и т. д.) кроме запасов руд подсчитывают и запасы металла в тоннах. Запасы золота, платины, серебра выражают в килограммах.

*Разведанными запасами* называют общее количество полезного ископаемого в весовом или объемном выражении, выявленного в недрах данного месторождения.

Разведанные запасы полезного ископаемого каждого месторождения по результатам их подсчета утверждаются в зависимости от значения месторождения Всесоюзной комиссией по запасам полезных ископаемых (ВКЗ) или районной (территориальной) комиссией по запасам полезных ископаемых (ТКЗ).

Запасы полезных ископаемых по степени пригодности их для промышленного освоения делятся на балансовые и забалансовые, подлежащие отдельному подсчету, утверждению и учету.

К балансовым относятся запасы всех категорий разведанности, пригодные для использования в народном хозяйстве при существующем уровне техники и экономики и удовлетворяющие требованиям кондиции.

Кондиции для подсчета запасов полезных ископаемых устанавливаются соответствующими государственными органами для каждого месторождения или для групп месторождений с аналогичными условиями на основании технико-экономических расчетов.

К забалансовым относятся запасы, использование которых в данное время экономически нецелесообразно вследствие малого их количества, низкого содержания ценных компонентов, особо сложных условий эксплуатации и т. д., но которые в дальнейшем могут быть объектом промышленного освоения.

По степени разведанности месторождений и изученности качества сырья запасы полезных ископаемых подразделяются на категории А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

Категория А — запасы, разведанные и изученные с детальностью, полностью обеспечивающей выяснение условий залегания, формы и строения залежей, выделение и оконтуривание безрудных и некондиционных участков, качество и сортность минерального сырья и технологических свойств полезного ископаемого. Контуры этих запасов определены скважинами или горными выработками.

Категория В — запасы, разведанные с детальностью, обеспечивающей выяснение основных особенностей условий залегания, формы и характера строения залежей, качества и основных технологических свойств полезного ископаемого. Контуры запасов определены по данным разведочных выработок.

Категория С<sub>1</sub> — запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и строения залежей, качества полезного ископаемого и условий ведения горных работ. Контуры запасов определены по данным разведочных выработок и экстраполяции по геологическим и геофизическим данным.

Категория С<sub>2</sub> — запасы, примыкающие к более высоким категориям или предполагаемые на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных опробованием в отдельных выработках.

Составление проектов и выделение капиталовложений на строительство и реконструкцию горных предприятий разрешается при наличии утвержденных ВКЗ запасов по категориям А, В, С<sub>1</sub> в следующих соотношениях:

1) для месторождений простого строения с выдержанной мощностью и качеством полезного ископаемого — запасов кате-

горий А+В не менее 30 %, из них не менее 10 % запасов категории А;

2) для месторождений сложного строения с невыдержанной мощностью залежи или неравномерным распределением полезных компонентов — запасов категории В не менее 20 %, а запасов категории С<sub>1</sub> не более 80 %;

3) для месторождений (или участков) очень сложного строения с резко изменчивой мощностью залежей или исключительно невыдержанным содержанием полезных компонентов, для которых в процессе разведки нецелесообразно выявлять запасы категории А и В, проектирование и строительство горных предприятий допускается на базе запасов категории С<sub>1</sub>.

### **§ 38. Классификация промышленных запасов по степени их готовности к добыче (выемке)**

Исходными балансовыми запасами, подлежащими учету на действующих горных предприятиях, являются утвержденные ВКЗ балансовые запасы в пределах горного отвода и принятые проектом разработки месторождения. Однако проектом разработки месторождения предусматриваются потери, т. е. безвозвратное оставление в недрах некоторой части балансовых запасов.

К проектным потерям относятся:

а) потери в предохранительных целиках (под охраняемыми зданиями, сооружениями и другими объектами);

б) потери из-за неблагоприятных геологических и гидрогеологических условий (обводненность, сложная форма залегания и т. д.);

в) эксплуатационные потери в пределах установленных нормативов для различных условий и систем разработки.

Промышленными запасами называется та часть исходных балансовых запасов, которая должна быть извлечена из недр при полной отработке месторождения. Следовательно, промышленные запасы получают путем исключения из исходных балансовых запасов проектных потерь.

На действующих рудниках (шахтах) промышленные запасы по степени их подготовленности к выемке подразделяют на различные категории в зависимости от вида минерального сырья и способа разработки месторождения. Для отнесения этих запасов к различным категориям руководствуются отраслевыми инструкциями, составленными отдельно для месторождений угля и сланцев, рудных и нерудных месторождений, в которых много общего.

*При подземной разработке месторождений* промышленные запасы по степени их подготовленности к выемке делятся в основном на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.

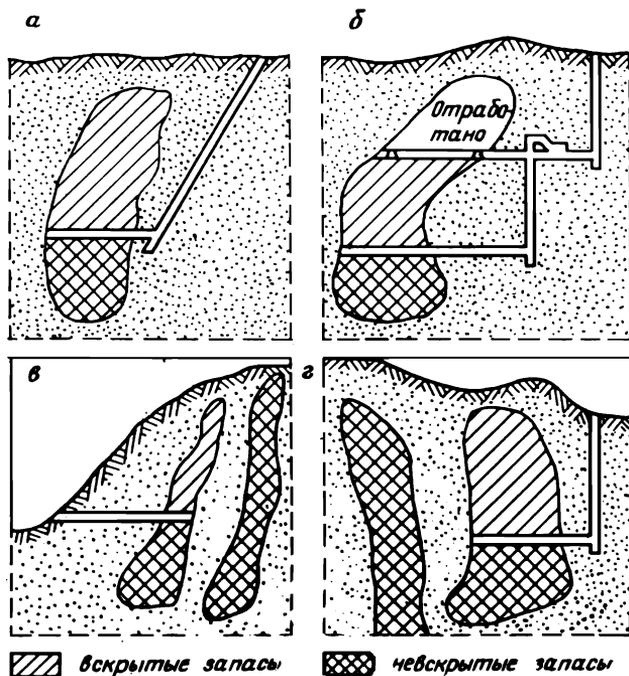


Рис. 4.1. Участки вскрытых и невскрытых запасов при различных вариантах вскрытия рудных месторождений:

*а* — наклонной шахтой и квершлагом; *б* — слепой шахтой и квершлагом; *в* — штольней; *г* — вертикальной шахтой и квершлагом

Вскрытые — запасы месторождения или его части, находящиеся выше горизонта подсечки капитальными вскрывающими выработками, из которых намечается проведение подготовительных горных выработок.

На рис. 4.1 изображены участки вскрытых и невскрытых запасов в вертикальном разрезе при различных вариантах вскрытия рудных месторождений.

Подготовленные — запасы полезного ископаемого на участках, в которых пройдены все подготовительные горные выработки, предусмотренные проектом принятой системы разработки и дающие возможность начать проведение нарезных выработок. К категории подготовленных относятся также межкамерные целики, в которых пройдены блоковые восстающие, предназначенные для выемки как камер, так и этих целиков.

Готовые к выемке — запасы полезного ископаемого в блоке или в части блока (камера, панель), в которых пройдены все нарезные выработки и устранены различные причины, которые могут задержать начало отработки блока.

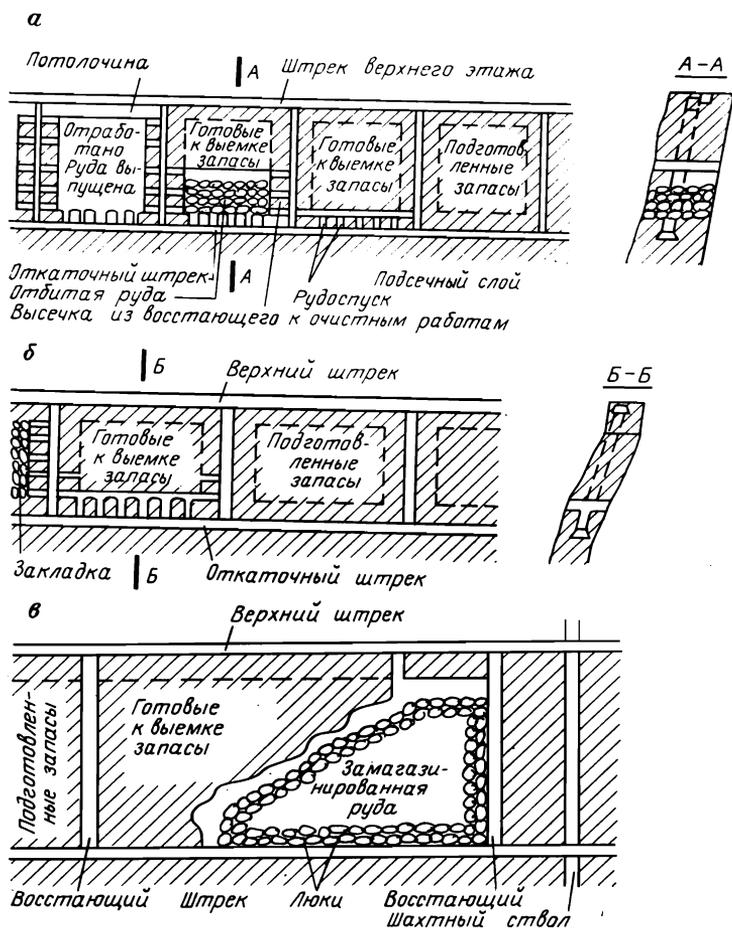


Рис. 4.2. Участки запасов в блоках, отнесенных к категориям подготовленных и готовых к выемке, при системе разработки с магазинированием руды:

а — без последующей закладки с целиком; б — с последующей закладкой; в — без закладки и без целиков

В отраслевых инструкциях приводится конкретный перечень подготовительных и нарезных выработок, которые должны быть пройдены при всех системах и их вариантах разработки для отнесения запасов блоков или их частей к категории подготовленных или готовых к выемке.

На рис. 4.2 в качестве примеров изображены участки вскрытых запасов, отнесенных к категориям подготовленных и готовых к выемке для различных вариантов системы разработки с магазинированием руды.

При текущем учете промышленных запасов действующего рудника (шахты) они подразделяются еще и по степени воз-

возможности вовлечения их в добычу на активные и неактивные запасы.

К активным относятся не только готовые к выемке запасы, но и та часть промышленных запасов, которые готовы для перевода их в более высокие категории, например от вскрытых к подготовленным или от подготовленных к готовым к выемке запасам.

К неактивным относят те части различных категорий промышленных запасов, которые в ближайшее время не могут быть вынутыми или подготовленными без выполнения специальных работ. К ним относятся запасы во временных целиках, временно затопленные и т. д.

*При открытой разработке месторождений* промышленные запасы по степени подготовленности к выемке делятся на следующие категории.

Вскрытые — часть промышленных запасов участков уступов, верхняя площадь которых освобождена от покрывающих пустых пород и полезного ископаемого вышележащего уступа или обнажена вследствие естественных условий залегания (например, при выходе залежи на поверхность). Во всех случаях на этом участке должна быть пройдена выездная траншея или траншея для оборудования подъемника на отметку рабочего горизонта, предусмотренного техническим проектом. В случае, когда месторождение представлено разобщенными залежами, к вскрытым относят запасы той залежи, на которой выполнены вышеуказанные работы.

Границами вскрытой залежи или ее участка являются: на глубине — горизонт, подсеченный выездной траншеей, и по площади — контур обнаженного участка залежи.

Из числа вскрытых выделяют запасы: подготовленные к зачистке, готовые к выемке, во временных целиках, временно затопленные и временно находящиеся в пожарных участках.

Подготовленными к зачистке считают вскрытые запасы, не требующие для дальнейшей подготовки производства вскрышных работ, и которые нуждаются только в зачистке породы мощностью 0,5—1,0 м, оставшейся на рабочих площадках уступов.

Готовыми к выемке считают зачищенные запасы, которые могут быть извлечены без нарушения основных правил технической эксплуатации и безопасности. Запасы нижележащих уступов переходят в готовые к выемке по мере подвигания фронта очистных работ вышележащих уступов, а по верхнему уступу — по мере подвигания вскрышных работ и зачистки породы после экскаваторных работ.

К запасам во временных целиках относят запасы во временных целиках под сооружениями (например, эстакадами); вскрытые запасы в нижних уступах, выемка которых в данное время не может производиться из-за наличия неотра-

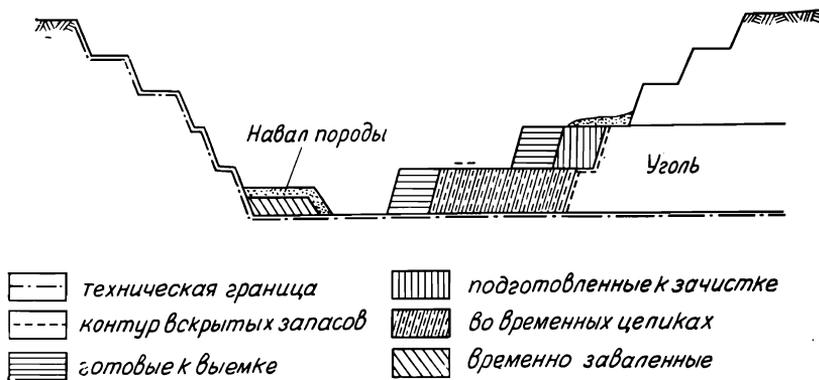


Рис. 4.3. Схематическое изображение участков, отнесенных к различным категориям промышленных запасов при открытой разработке горизонтального угольного пласта

ботанных запасов в вышележащих уступах; запасы в предохранительных и путевых бермах.

К временно заваленным относят запасы, выемка которых временно невозможна вследствие завала их породой (в том числе при оползнях). После уборки этой породы временно заваленные запасы переводят в более высокие категории запасов.

К временно затопленным относят запасы на затопленных участках, откачка воды или дренаж которых могут быть осуществлены в непродолжительный срок.

Кроме приведенных выше категорий все подготовленные запасы, как и при подземной разработке месторождений, делятся на активные и неактивные.

На рис. 4.3 изображена простейшая схема разработки открытым способом горизонтального угольного пласта с отнесением отдельных его участков и контуров к различным категориям по степени их подготовленности к выемке.

### § 39. Нормирование подготовленных и готовых к выемке запасов

Одним из условий нормальной деятельности горного предприятия является обеспеченность подготовленными запасами полезных ископаемых. Критерием правильности планирования горных работ служат нормативы этих запасов, установленные для конкретных условий данного горного предприятия.

Нормативы представляют собой неснижаемые резервы подготовленных и готовых к выемке запасов, которыми должно располагать горное предприятие при заданном размере плановой добычи и принятых системах разработки. Наличие таких

нормативов позволяет своевременно оценивать отставание подготовительных работ или, наоборот, выявлять излишнее их развтие.

В основу методики нормирования запасов положено требование строгой согласованности в одновременном проведении подготовительных, нарезных и очистных работ, что математически можно выразить следующим образом:

$$N_{\text{п}}/N_{\text{н}} = T_{\text{п}}/T_{\text{н}}; \quad N_{\text{п}}/N_{\text{о}} = T_{\text{п}}/T_{\text{о}}; \quad N_{\text{н}}/N_{\text{о}} = T_{\text{н}}/T_{\text{о}}, \quad (4.1)$$

где  $N_{\text{п}}$ ,  $N_{\text{н}}$  и  $N_{\text{о}}$  — число блоков, находящихся одновременно в подготовке, нарезке и очистной выемке;  $T_{\text{п}}$ ,  $T_{\text{н}}$  и  $T_{\text{о}}$  — время, затрачиваемое на подготовку, нарезку и очистную выемку блока.

Смысл этих требований сводится к тому, что, например, за время очистной выемки  $N_{\text{о}}$  блоков должно быть подготовлено такое же число блоков, обеспечивающих сохранение добычи на заданном плановом уровне.

Величина нормативов зависит от горно-геологических условий, принятой системы разработки и скорости подвигания подготовительных, нарезных и очистных выработок.

Принцип установления нормативов следующий.

Пусть на данном предприятии установлен плановый объем добычи полезного ископаемого  $A$ , т/мес. В условиях данного рудника (шахты) для каждой применяемой системы разработки известны средние значения производительности блока  $v$  (т/мес) и запаса одного блока  $q$ , т. Необходимое число блоков, одновременно подготовленных для ведения очистных работ, определяют из выражения

$$N_{\text{о}} = A/v. \quad (4.2)$$

Норматив готовых к выемке запасов, который должен быть равен количеству этих запасов, сосредоточенных в действующих и резервных блоках, обеспечивающих плановую добычу рудника, определяется по формуле

$$Q_{\text{о}} = akqN_{\text{о}}, \quad (4.3)$$

где  $k > 1$  — коэффициент резерва;  $a$  — коэффициент (в долях единицы), характеризующий среднее относительное количество готовых к выемке запасов в блоках за период их отработки.

Если запасы блоков отрабатываются в одну стадию, то они в процессе отработки в относительной мере будут уменьшаться от 1 до 0. Следовательно, средний уровень готовых к выемке запасов блоков при одностадийной выемке составляет половину первоначальных запасов, т. е.  $a = 0,5$ . При двухстадийной отработке блока  $a = 0,25$ .

Средние значения продолжительности времени для выполнения очистных  $T_{\text{о}}$  и нарезных  $T_{\text{н}}$  работ в одном блоке устанавливают на основании анализа фактических данных по руднику (шахте).

Норматив подготовленных запасов, которые должны находиться в стадии нарезки для своевременной подготовки их к очистной выемке, определяется по формуле

$$Q_n = \frac{N_o}{T_o} T_{нq}. \quad (4.4)$$

Нормативы запасов во временном выражении (в месяцах) определяются по следующим формулам:

а) для готовых к выемке запасов

$$B_o = akT_o; \quad (4.5)$$

б) для подготовленных запасов, находящихся в нарезке,

$$B_n = akT_o + T_n. \quad (4.6)$$

Однако нормативы  $B_o$  и  $B_n$  относятся к одной системе разработки. Нормативы запасов по руднику в целом определяются как средние взвешенные из нормативов по системам разработки.

## § 40. Параметры подсчета запасов и способы их определения

Общие формулы для подсчета запасов любого твердого полезного ископаемого в недрах следующие.

1. Объемное количество полезного ископаемого

$$V = Sm_{cp}, \quad (4.7)$$

где  $S$  — площадь залежи или ее части в данной плоскости проекции,  $m^2$ ;  $m_{cp}$  — средняя мощность залежи, измеряемая по нормали к плоскости проекции,  $m$ .

2. Количество полезного ископаемого

$$Q = V \gamma_{cp} = Sm_{cp} \gamma_{cp}, \quad (4.7, a)$$

где  $\gamma_{cp}$  — средняя объемная масса полезного ископаемого,  $t/m^3$ .

3. Количество полезного компонента, например металла в рудной залежи, в тоннах или килограммах

$$P = k' Q c_{cp}, \quad (4.8)$$

где  $c_{cp}$  — среднее содержание полезного компонента, % или г/т.

Если  $c_{cp}$  выражено в процентах и  $P$  в тоннах, то входящий в формулу коэффициент  $k' = 10^{-2}$ , а если  $c_{cp}$  выражено в граммах на тонну и  $P$  в килограммах, то  $k' = 10^{-3}$ .

Таким образом, величины  $S$ ,  $m_{cp}$ ,  $\gamma_{cp}$  и  $c_{cp}$  являются основными параметрами, которые необходимо определить для подсчета запасов полезного ископаемого  $Q$  и полезного компонента  $P$  в пределах данного подсчитываемого контура залежи или ее участка.

## Оконтуривание залежи полезного ископаемого

Под оконтуриванием залежи понимают определение на плане или разрезе границ распространения полезного ископаемого.

Внутренним контуром месторождения называют линию, соединяющую крайние рудные скважины, встретившие залежь (рис. 4.4).

Внешним контуром месторождения называется линия, соединяющая точки предполагаемой границы месторождения. Площадь залежи, заключенная между внутренним и внешним ее контурами, называется межконтурной полосой.

При разведке вертикальными буровыми скважинами, как это показано на рис. 4.4, внешний контур залежи может быть определен методом интерполирования на половину расстояния между крайними рудными и соседними безрудными скважинами. При отсутствии безрудных скважин этот контур может быть определен графически на вертикальных разрезах по углу выклинивания залежи в данном направлении.

Внешний контур легко определяется на плане изомощностей. Изолиния с нулевой мощностью залежи представляет собой именно этот контур. В пределах межконтурной полосы располагается контур балансовых запасов, т. е. запасов, отвечающих требованиям кондиций. Этот контур часто называют рабочим, промышленным или кондиционным контуром запасов.

Для большинства рудных месторождений (особенно вкрапленного типа) граница оруденения выражена нечетко и она является условной. В таких случаях построение контура балансовых запасов осуществляют по наименьшему бортовому  $C_{\text{борт}}$  или заданному

наименьшему среднему содержанию  $C_{\text{min}}$  полезного компонента.

Контуром балансовых запасов залежи в первом случае будет изолиния с числовым значением содержания компонента  $C_{\text{борт}}$ . Во втором случае этот контур залежи определяют с соблюдением условия, что во всей рудной массе в пределах данного контура среднее содержание полезного компонента было

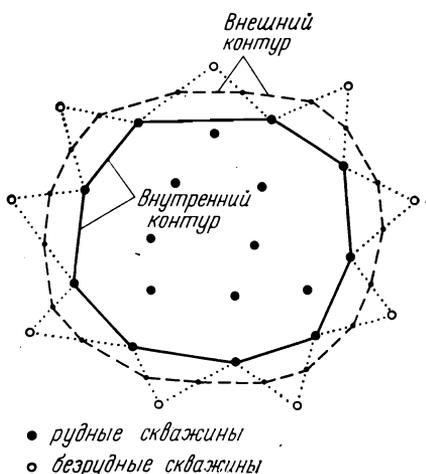


Рис. 4.4. Внутренний и внешний контуры залежи, построенные интерполяцией на середину

равно заданному наименьшему среднему значению.

В тех случаях, когда контур балансовых запасов залежи определяют при совместном учете наименьшей промышленной мощности, наименьшего бортового и среднего содержания компонента в руде, поступают следующим образом.

На планах изомощностей и изосодержаний (рис. 4.5) строят контуры по наименьшей промышленной мощности 1, минимальному бортовому содержанию 2 и минимальному среднему содержанию 3. Линия, ограничивающая внутренние участки границ трех указанных выше контуров, будет представлять собой контур балансовых запасов залежи. Пограничный участок залежи с контуром балансовых запасов заштрихован.

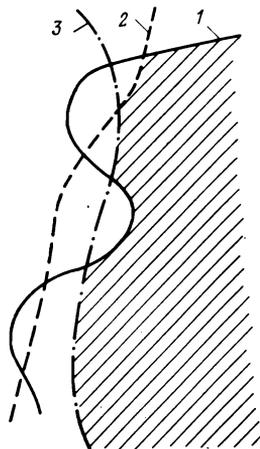


Рис. 4.5. Построение балансового контура залежи при совместном учете наименьшей промышленной мощности, наименьшего бортового и среднего содержания компонента в руде

#### Определение площадей

При подсчете запасов площади фигур на плане или разрезе определяют одним из следующих способов:

- 1) при помощи планиметра;
- 2) разбивкой измеряемой фигуры на простейшие фигуры — треугольники, трапеции, прямоугольники, площади которых с учетом масштаба чертежа вычисляются по известным формулам;

3) при помощи построенных на прозрачной основе палеток.

Измерение площади планиметром производится дважды при разных положениях полюса. Если расхождение между этими двумя измерениями не превышает  $\pm 3\%$ , то за окончательное значение принимают среднее из двух измерений.

Для определения площади геометрически неправильной фигуры при помощи палетки, состоящей из квадратов (рис. 4.6, а) со сторонами 0,5 или 1,0 см, поступают следующим образом.

В произвольном положении палетку накладывают на измеряемую фигуру и сначала крестиками отмечают число целых квадратов, оказавшихся внутри фигуры (на чертеже их 47). Затем берут неполные квадраты внутри фигуры (они заштрихованы) и подсчитывают, скольким полным квадратам по площади они соответствуют (на чертеже 13,6). Следовательно, площадь измеряемой фигуры равна площади  $47 + 13,6 = 60,6$  квадратов палетки. Для контроля палетку смещают и разворачивают на  $30-60^\circ$  и при новом положении производят повторные измерения. По результатам не менее двух измерений вычисляют среднее значение площади измеряемой фигуры.

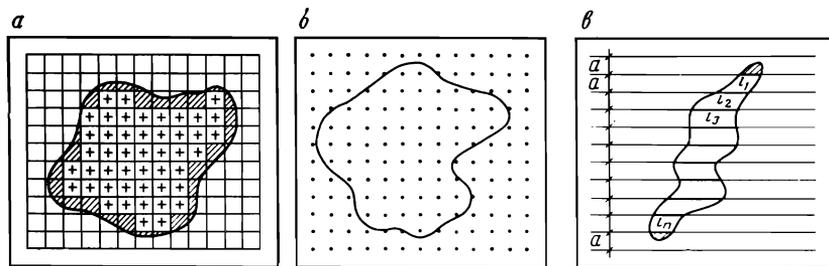


Рис. 4.6. Определение площади при помощи палетки: а — квадратной; б — точечной; в — параллельными линиями

При использовании точечной палетки (рис. 4.6, б) в двух ее положениях подсчитывают число точек, расположенных внутри фигуры. При этом площадь фигуры равна среднему числу подсчитанных точек, умноженному на площадь, отнесенную к каждой точке в масштабе чертежа.

Для измерения площади геометрически неправильной фигуры вытянутой формы применяют палетку (рис. 4.6, в) с параллельными линиями, отстоящими одна от другой на равных расстояниях  $a=0,5 \div 1,0$  см. При этом курвиметром или линейкой измеряют длины  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  параллельных прямых внутри контура и определяют их сумму  $\sum l_i$ .

Площадь измеряемой фигуры определяют по формуле

$$S = a \sum l_i + \Delta s,$$

где  $\Delta s$  — сумма заштрихованных площадок фигуры за пределами измеренных линий.

Точность измерения площади фигур указанными выше способами составляет  $\pm (1-3) \%$ , что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности подсчета запасов.

### Определение средней мощности залежи

При равномерном распределении в пределах контура балансовых запасов точек, в которых измерены мощность залежи, среднее ее значение определяют как среднее арифметическое.

При большой изменчивости мощности и особенно при неравномерном распределении точек наблюдений необходимо определить средневзвешенное значение мощности по формулам:

$$m_{cp} = \frac{\sum m_i S_i}{\sum S_i}, \text{ или } m_{cp} = \frac{\sum m_i l_i}{\sum l_i}, \quad (4.9)$$

где  $m_i$  — числовое значение измеренной мощности в  $i$ -й точке наблюдений;  $S_i$  и  $l_i$  — площадь или интервал участка, тяготеющего к  $i$ -й точке наблюдения.

Если залежь имеет сложное строение и включает различные прослойки пустых пород, то при подсчете запасов берут не общую, а только полезную мощность залежи.

В тех случаях, когда объем залежи  $V$  и ее площадь  $S$  известны, среднюю мощность залежи определяют из выражения

$$m_{\text{ср}} = V/S.$$

### Определение объемной массы полезного ископаемого

Объемной массой полезного ископаемого называется масса единицы его объема в естественном состоянии. Существуют следующие способы определения объемной массы полезного ископаемого в массиве.

Способ пробной вырубki применяется для слабых, трещиноватых, пористых и сильно загрязненных посторонними включениями полезных ископаемых. Тщательно выровняв и очистив забой выработки, производят вырубку полезного ископаемого в виде ниш геометрически правильной формы в объеме не менее  $1 \text{ м}^3$ . Определив объем выемки  $v$  и массу извлеченного полезного ископаемого  $p$ , вычисляют его объемную массу по формуле

$$\gamma = p/v. \quad (4.10)$$

Лабораторный способ применяется для сравнительно плотных и однородных по вещественному составу полезных ископаемых. Отобранные образцы массой около  $300 \text{ г}$  взвешивают ( $p_1$ ) на технических весах с точностью до  $\pm 0,1 \text{ г}$ . Затем их помещают в сосуд с водой и кипятят. После насыщения водой и охлаждения снимают с поверхностей образцов влагу и вновь их взвешивают ( $p_2$ ). Насыщенные водой образцы второй раз взвешивают в воде на гидростатических весах ( $p_3$ ).

Объемную массу каждого образца вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{p_1}{p_2 - p_3}. \quad (4.11)$$

Объемную массу сильнопористых и размокающих в воде пород (с парафинированием их) определяют по формуле

$$\gamma = \frac{p_1}{p_2 - p_3 - \frac{p_2 - p_3}{\Delta}}, \quad (4.12)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  — массы образца до и после парафинирования;  $p_3$  — масса запарафинированного образца в погруженном в воду состоянии;  $\Delta$  — объемная масса парафина.

Объемную массу полезного ископаемого в сухом состоянии определяют аналогично, но с той лишь разницей, что перед взвешиванием в воздухе образец высушивают в термощкафу при температуре  $105\text{--}115^\circ\text{C}$ .

Для неоднородного по массе полезного ископаемого и изменчивой мощности залежи среднюю объемную массу залежи или ее участка определяют по средневзвешенному ее значению по формуле

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\sum \gamma_i m_i}{\sum m_i} . \quad (4.13)$$

### Определение среднего содержания полезного компонента

Содержание  $c$  полезного компонента (например, металла в руде) определяют в химических лабораториях после просушки проб. В результате анализа получают содержание компонента в сухой руде  $c_{\text{сух}}$ .

Запасы же полезного ископаемого и полезных компонентов в них, как уже было отмечено, определяют в их естественном состоянии в недрах. Необходимое для подсчета запасов значение содержания полезного компонента в полезном ископаемом вычисляют по формуле

$$c = c_{\text{сух}} \frac{100 - B}{100} , \quad (4.14)$$

где  $B$  — влажность пробы руды, %.

Значение среднего содержания полезного компонента в пределах данного контура подсчета вычисляют как среднеарифметическое или средневзвешенное в зависимости от характера распределения мест взятия проб, изменчивости мощности залежи, ее объемной массы и т. д.

При равномерном распределении мест взятия проб и незначительном колебании мощности залежи и объемной массы руды в этих точках среднее содержание компонента вычисляют как среднеарифметическое по формуле

$$c_{\text{ср}} = \frac{\sum c_i}{n} . \quad (4.15)$$

Во всех остальных случаях среднее содержание компонента вычисляют как средневзвешенное из частных содержаний. Например, при равномерном распределении точек, сравнительно постоянном значении объемной массы руды, но значительном колебании мощности  $m$  залежи в этих точках

$$c_{\text{ср}} = \frac{\sum c_i m_i}{\sum m_i} . \quad (4.16)$$

При незначительном колебании мощности залежи и объемной массы руды, но неравномерном (по площади или интервалам) распределении точек опробования

$$c_{\text{ср}} = \frac{\sum c_i s_i}{\sum s_i} , \quad \text{или} \quad c_{\text{ср}} = \frac{\sum c_i l_i}{\sum l_i} . \quad (4.17)$$

При неравномерном распределении точек опробования и значительном колебании мощности залежи в этих точках

$$c_{cp} = \frac{\sum c_i m_i s_i}{\sum m_i s_i}, \quad \text{или} \quad c_{cp} = \frac{\sum c_i m_i l_i}{\sum m_i l_i}. \quad (4.18)$$

Наконец, при неравномерном распределении точек наблюдений и значительном колебании значений мощности залежи и объемной массы руды в этих точках

$$c_{cp} = \frac{\sum c_i m_i s_i \gamma_i}{\sum m_i s_i \gamma_i}, \quad \text{или} \quad c_{cp} = \frac{\sum c_i m_i l_i \gamma_i}{\sum m_i l_i \gamma_i}. \quad (4.19)$$

В этих формулах  $c_i$  — числовое значение содержания полезного компонента в различных точках;  $\gamma_i$  — объемная масса проб руды, взятых там же;  $m_i$  — мощность залежи в этих точках;  $s_i$  и  $l_i$  — площади или интервалы «ближайших районов», т. е. участков, тяготеющих к точкам (местам взятия проб).

## § 41. Способы подсчета запасов

Существует много способов подсчета запасов полезного ископаемого  $Q$  и полезного компонента в нем  $P$ . Выбор способа подсчета запасов определяется формой тела полезного ископаемого, его залеганием, системой разведки, способом опробования, характером распределения содержания полезного компонента и способом разработки месторождения.

Ниже приводится описание некоторых основных способов подсчета запасов.

### Способ среднеарифметического

Способ среднеарифметического применяется при сравнительно равномерном распределении разведочной сети, а также небольших колебаниях мощности залежи и содержания полезного компонента в пределах всего подсчитываемого контура.

Запасы подсчитывают по средним значениям мощности залежи, объемной массы полезного ископаемого и содержания полезного компонента в нем по формулам (4.7а) и (4.8).

В пределах внутреннего контура залежи значения  $m_{cp}$ ,  $\gamma_{cp}$  и  $c_{cp}$  определяют как среднеарифметическое из их частных значений для всех точек наблюдений в пределах этого контура.

Для межконтурной полосы с внешним контуром, построенным по нулевой мощности, величины  $c_{cp}$  и  $\gamma_{cp}$  определяют тем же способом, а значение средней мощности вычисляют по формуле

$$m_{cp} = \frac{\sum m_i}{2n}, \quad (4.20)$$

где  $n$  — число точек наблюдений в пределах этой полосы.

Достоинством данного способа подсчета запасов является предельная простота графических и вычислительных операций. Однако этот способ неприменим при необходимости ведения раздельного учета запасов по отдельным сортам руд, категориям запасов и т. д. Именно поэтому этот метод подсчета запасов иногда называют суммарным.

Учитывая вышеизложенное, данный метод подсчета запасов применяют для получения предварительных данных об общих запасах, а также для проверки результатов подсчетов общих запасов, выполненных другими способами.

### Способ геологических блоков

Способ геологических блоков является разновидностью способа среднеарифметического и отличается от него тем, что месторождение разделяют на отдельные участки (геологические блоки) по различным геологическим признакам: сортам руд, категориям запасов и т. д. При достаточно большом числе точек наблюдений в пределах каждого блока подсчет запасов производят методом среднеарифметического. Суммируя запасы по всем блокам, получают общие запасы в пределах всего подчитываемого контура.

Подсчет запасов этим способом широко применяется на рудных месторождениях.

### Способ эксплуатационных блоков

Способ эксплуатационных блоков применяется на жильных месторождениях, когда при детальной разведке или эксплуатации месторождения участок (блок) оконтурен горными выработками (штреки, восстающие), по которым произведено опробование руды и измерение мощности жилы (рис. 4.7).

При этом подсчет запасов также производят по средним значениям параметров, т. е. по  $m_{\text{ср}}$ ,  $c_{\text{ср}}$ ,  $\gamma_{\text{ср}}$  и площади блока  $S$ .

При равномерном расположении точек наблюдений, а также малой изменчивости содержания полезного компонента и объемной массы полезного ископаемого значения  $c_{\text{ср}}$  и  $\gamma_{\text{ср}}$  определяют как среднеарифметическое их частных значений во всех пробах.

В случае значительных изменений этих показателей по мощности залежи средние их значения вычисляют по формулам (4.13) и (4.16).

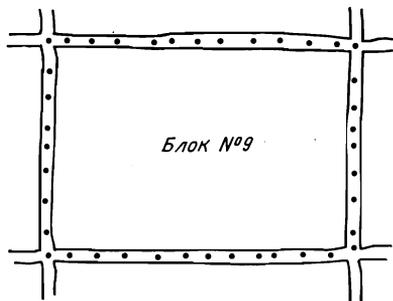


Рис. 4.7. План эксплуатационного блока № 9 с указанием точек опробования по оконтуривающим горным выработкам

Площадь блока  $S$  при подсчете запасов необходимо измерить в плоскости проекции, перпендикулярной к направлению измененной мощности. Если, например, в различных точках залежи установлены ее нормальные мощности и блок изображен в проекции на наклонную плоскость, параллельную средней плоскости залегания залежи, то площадь блока  $S$  измеряется непосредственно по этому чертежу. Если же блок изображен на плане, то в этом случае измеряют на нем площадь блока  $S_{пл}$ , а расчетное значение площади блока вычисляют по формуле

$$S = S_{пл} / \cos \delta, \quad (4.21)$$

где  $\delta$  — средний угол падения залежи.

### Способ параллельных сечений

Способ параллельных сечений применяется при подсчете запасов мощных залежей, разведанных буровыми скважинами, расположенными вдоль линий, параллельных между собой, или горизонтальными горными выработками, пройденными по различным горизонтам в количествах, позволяющих построить соответственно вертикальные и горизонтальные геологические разрезы месторождения. В этих случаях подсчет запасов производят по блокам, ограниченными соседними параллельными сечениями.

Рассмотрим порядок подсчета запасов вертикальными параллельными сечениями (рис. 4.8).

Пусть расстояния между параллельными сечениями  $A-A'$ ,  $B-B'$ , ...,  $Ж-Ж'$  равны  $L_1, L_2, \dots, L_n$ ; расстояния между рудными скважинами в ряду равны  $l_1, l_2, \dots, l_n$ ; вертикальные мощности залежи по этим скважинам равны  $m_1, m_2, \dots, m_n$  и сред-

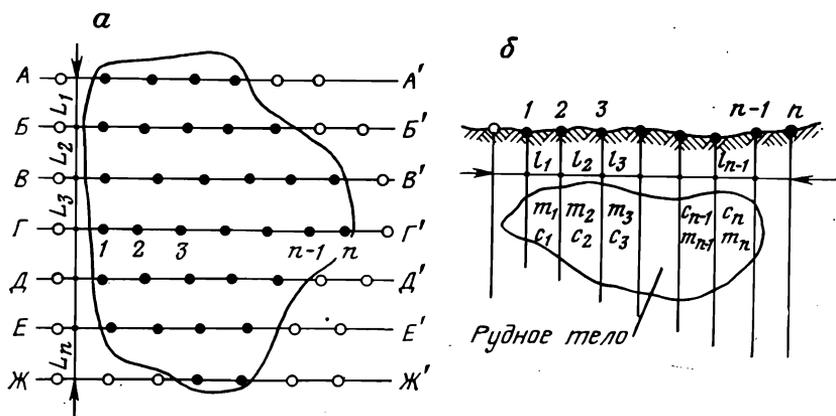


Рис. 4.8. Схема к подсчету запасов методом вертикальных параллельных сечений: а — план разведочных скважин; б — вертикальный разрез по линии Г—Г'

ние на всю мощность содержания полезного компонента по этим скважинам равны  $c_1, c_2, \dots, c_n$ . Сначала по разведочным линиям строят вертикальные разрезы. Площади  $s_A, s_B, \dots, s_{\mathcal{K}}$  вертикальных сечений залежи измеряют планиметром или вычисляют как сумму площадей трапеции.

Объем залежи в пределах ее внутреннего контура определяют как сумму объемов блоков по формуле

$$V = \frac{s_A + s_B}{2} L_1 + \frac{s_B + s_C}{2} L_2 + \dots + \frac{s_E + s_{\mathcal{K}}}{2} L_n. \quad (4.22)$$

При среднем значении объемной массы полезного ископаемого  $\gamma_{\text{ср}}$  запас его будет равен  $Q = V\gamma_{\text{ср}}$ .

Средний линейный запас полезного компонента по любой  $j$ -й разведочной линии вычисляют по формуле

$$q_j = \gamma_{\text{ср}} \left( \frac{m_1 c_1 + m_2 c_2}{2} l_1 + \frac{m_2 c_2 + m_3 c_3}{2} l_2 + \dots \right. \\ \left. \dots + \frac{m_{n-1} c_{n-1} + m_n c_n}{2} l_{n-1} \right). \quad (4.23)$$

Общие запасы полезного компонента в тоннах определяют по формуле

$$P = k \left( \frac{q_A + q_B}{2} L_1 + \frac{q_B + q_C}{2} L_2 + \dots + \frac{q_E + q_{\mathcal{K}}}{2} L_n \right), \quad (4.24)$$

где  $k$  — постоянный коэффициент, зависящий от единицы измерения содержания полезного компонента и его запасов;  $k=0,01$ , если  $c$  выражено в процентах, а  $P$  — в тоннах;  $k=0,001$ , если  $c$  выражено в граммах на тонну, а  $P$  — в килограммах.

### Способ изолиний (проф. П. К. Соболевского)

Способ изолиний (проф. П. К. Соболевского) основан на использовании графиков изомощностей и изолиний линейных запасов, изображающих поверхности «осажденных» на плоскость проекции тел залежи и полезного компонента в нем. Объем этих тел определяют при помощи объемной палетки или по геометрическим формулам.

Объемная палетка (рис. 4.9, а) представляет собой нанесенную на прозрачную бумагу правильную сетку точек, расположенных на расстоянии 0,5 или 1 см друг от друга. Каждая точка палетки представляет собой центр квадрата площадью  $s_0$ , соответственно равной 0,25 и 1 см<sup>2</sup>.

Если накладывать палетку на график изомощностей, то залежь полезного ископаемого расчленяется палеткой на ряд призм с одинаковыми основаниями площадью  $s_0$  и высотами,

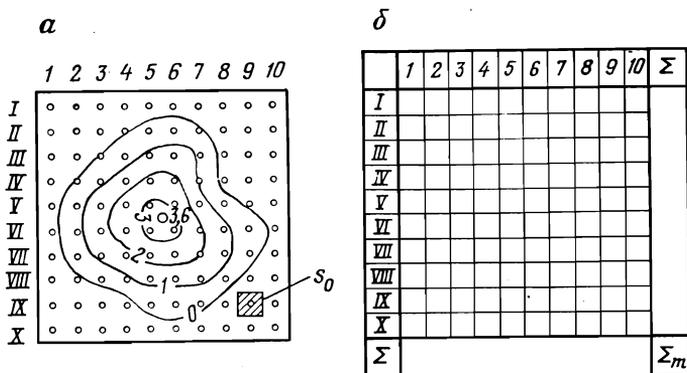


Рис. 4.9. Подсчет запасов при помощи объемной палетки:  
 а — накладка палетки на план изо мощностей; б — формуляр подсчета запасов

равными мощности залежи, отнесенной к центрам этих квадратов.

Порядок работ при определении объема залежи с помощью этой палетки следующий. Накладывают объемную палетку в произвольном положении на график изо мощностей и в пределах контура залежи во всех точках палетки определяют значения мощности  $m$ , которые записывают в соответствующие клетки формуляра подсчета (рис. 4.9, б). В точках палетки, попавших на нулевой контур залежи, берут половину значения определяемой мощности.

В формуляре подсчитывают сумму мощностей по всем строчкам и для контроля по колонкам и вычисляют общую сумму мощностей во всех точках  $\Sigma m_i$ .

Объем залежи в пределах контура подсчета вычисляют по формуле

$$V = s_0 \sum m_i, \quad (4.25)$$

где  $s_0$  — площадь основания квадратика с учетом масштаба графика,  $m^2$ .

Запасы полезного ископаемого в тоннах вычисляют по формуле

$$Q = s_0 \gamma_{cp} \sum m_i, \quad (4.26)$$

где  $\gamma_{cp}$  — средняя объемная масса полезного ископаемого,  $t/m^3$ .

Запас полезного компонента определяется по той же объемной палетке, но с использованием графика изолиний ( $mc$ ) и вычисляется по формуле

$$P = k s_0 \gamma_{cp} \sum m_i c_i, \quad (4.27)$$

где  $k'$  — постоянный коэффициент, значение которого зависит от единиц измерения содержания  $c$  полезного компонента (см. § 40).

## § 42. Виды потерь и разубоживания полезных ископаемых и их классификация

Количественными потерями или просто потерями полезного ископаемого называется часть балансовых запасов, безвозвратно оставленная или не извлеченная из недр при разработке месторождения, добытая и направленная в породные отвалы, оставленная в местах складирования и погрузки и т. д.

Потери качества, или разубоживание полезного ископаемого — происходящее в процессе добычи снижение содержания полезного компонента в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием его в массиве (балансовых запасах).

Основные задачи учета потерь и разубоживания: определение их уровня для контроля правильности и рациональности использования недр, анализа соответствия применяемых систем разработки конкретным горно-геологическим условиям, а также разработки и проведения мероприятий по снижению величины потерь и разубоживания.

Для всех отраслей горнодобывающей промышленности СССР, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, разработана единая классификация потерь полезных ископаемых [19], на основе чего составлены также отраслевые классификации, учитывающие особенности данной отрасли.

В этих классификациях фактические потери полезных ископаемых делятся на общешахтные (общерудничные, общекарьерные) и эксплуатационные.

I класс — общешахтные потери. К ним относятся потери в охранных целиках под зданиями, сооружениями, шахтными стволами, водоемами, а также в барьерных целиках между шахтными полями.

II класс — эксплуатационные потери, которые в зависимости от причин их вызывающих разделяются на подклассы А и Б.

В подкласс А входят потери полезного ископаемого в массиве, т. е. потери в различных целиках (междукамерных, междуэтажных, междуслоевых и т. д.).

В подкласс Б входят потери отдельного от массива полезного ископаемого, которые, в свою очередь, делятся на две группы. К первой группе относятся все виды потерь, возникшие в выработанном пространстве (не выпущенные из камеры, оставленные в местах обрушений и завалов и т. д.). Ко второй группе относятся все виды потерь вне выработанного пространства (полезное ископаемое, смешанное с породой и отгруженное в породные отвалы, оставленное в местах погрузки и складирования и т. д.).

Запасы полезного ископаемого относят к потерям в том случае, если подходы к этим запасам ликвидированы или установлена невозможность их выемки в будущем.

Запасы полезного ископаемого, оставленные во временных целиках, учитываются не как потери, а как запасы во временных целиках. Если на отдельных участках установлена некондиционность полезного ископаемого, то эти запасы списываются не как потери, а как некондиционные запасы.

Кроме фактических потерь различают проектные, нормативные и плановые.

Под проектными понимается величина общих потерь полезного ископаемого, предусмотренная проектом разработки шахты (рудника) или карьера.

Под нормативными потерями (нормативами) понимается оптимальная величина эксплуатационных потерь полезного ископаемого на весь период отработки выемочного участка (этаж, панель и т. д.). Нормативы потерь определяют на основе технико-экономических расчетов. Нормирование потерь и разубоживания полезного ископаемого производится статистическим, опытным, расчетным и комбинированным методами с последующим утверждением их вышестоящими организациями.

С экономической точки зрения оптимальными следует считать такие нормативы, при которых суммарный экономический ущерб от потерь и разубоживания минимален. Поэтому нельзя оправдывать стремление к нормированию путем одностороннего снижения только потерь или только разубоживания полезного ископаемого.

Плановые потери — те же нормативные потери, но рассчитанные на определенный календарный период плана развития горных работ.

Разубоживание добытого полезного ископаемого классифицируется по причинам их вызывающим и по характеру его образования. В зависимости от причин, вызывающих разубоживание, последние делятся на первичные и вторичные.

Первичное разубоживание происходит из-за вовлечения в добываемое полезное ископаемое пустой породы или потерь богатой рудной мелочи при отбойке полезного ископаемого от массива.

Вторичное разубоживание происходит из-за попадания в рудную массу отслаивающихся вмещающих пород при выпуске ее из очистного пространства.

По характеру образования разубоживание делится на конструктивное и эксплуатационное.

Конструктивное разубоживание полезного ископаемого возникает из-за технической невозможности или экономической нецелесообразности отработки рудных залежей в их естественных границах.

Эксплуатационное разубоживание полезного ископаемого возникает в процессе его добычи и, главным образом, в процессе отбойки и выпуска полезного ископаемого.

Кроме понятия «разубоживание» выделяют еще понятие «примешивание» в процессе добычи к полезному ископаемому пустых пород, т. е. засорение полезного ископаемого при добыче пустыми породами или забалансовым полезным ископаемым.

### § 43. Методы определения и учета величин потерь и разубоживания полезных ископаемых

Параметрами, по которым определяют величины потерь и разубоживания полезных ископаемых, являются:

$B$  — количество погашенных балансовых запасов на данном участке, т;

$D$  — количество добытого полезного ископаемого, т;

$B$  — количество извлеченной с добытой рудой пустой породы и некондиционных руд, т;

$P$  — количество потерянной руды, т;

$c$  — среднее содержание полезного компонента в погашенных балансовых запасах, %;

$a$  — среднее содержание полезного компонента в добытой рудной массе, %.

Показателями, характеризующими количественные и качественные потери полезных ископаемых при их добыче, являются:

$n$  — коэффициент потерь полезного ископаемого, выражаемый в долях единицы или в процентах;

$p$  — коэффициент разубоживания (потери качества) полезного ископаемого, выражаемый в долях единицы или в процентах;

$k_{пр}$  — коэффициент примешивания, также характеризующий разубоживание (засорение) добытого полезного ископаемого, выражаемый в долях единицы или в процентах.

Для определения величин потерь и разубоживания применяют прямой, косвенный и комбинированный методы.

При прямом методе определение потерь и разубоживания производится или непосредственными измерениями в натуре необходимых элементов для подсчета количества и качества теряемых запасов полезного ископаемого, или измерением их на планах и разрезах, составленных на основе маркшейдерских съемок и измерений.

При применении прямого метода отсутствует накопление погрешностей измерений, поэтому результаты подсчетов сравнительно точны. Практикой установлено, что погрешности определения величин потерь и разубоживания не превышают 5—10 % от величин самих потерь и разубоживания, или 1—3 % от количества погашенных балансовых запасов.

Формулы для определения показателей (в процентах), характеризующих количественные и качественные потери полезных ископаемых, в этом случае следующие:

$$n = \frac{П}{B} 100; \quad p = \frac{c - a}{c} 100; \quad k_{пр} = \frac{B}{D} 100. \quad (4.28)$$

Прямой метод позволяет определить коэффициенты потерь и разубоживания или примешивания на любую дату независимо от степени отработки выемочного блока, что дает возможность своевременно выявлять причины возникновения потерь и разубоживания, определять их количество и оперативно принимать меры для их устранения.

Косвенный метод определения потерь и разубоживания полезных ископаемых применяется в тех случаях, когда невозможно непосредственное измерение необходимых исходных данных. При этом определение показателей потерь и разубоживания основано на сопоставлении содержания полезного компонента в погашенных запасах руды с содержанием его в добытой рудной массе.

При возможности непосредственного определения количества разубоживающей горной массы  $B$  количество потерянного полезного ископаемого определяют косвенным путем из выражения

$$П = B - D + V. \quad (4.29)$$

Если это невозможно, показатели потерь и разубоживания полезного ископаемого определяют по формулам:

$$n = \left(1 - \frac{Дa}{Bc}\right) 100 \quad \text{и} \quad p = \frac{c - a}{c} 100. \quad (4.30)$$

Количество погашенных балансовых запасов  $B$  и среднее содержание  $c$  полезного компонента в них также определяют по маркшейдерско-геологической документации. Количество добытой и разубоженной массы полезного ископаемого  $D$  находят по данным измерений (если это возможно) или по данным оперативного учета добычи. Среднее содержание полезного компонента  $a$  в добытом полезном ископаемом устанавливают по данным опробования усредненной пробы полезного ископаемого.

Показатели потерь и разубоживания полезных ископаемых, рассчитанные косвенным методом, во многих случаях определяются с недостаточной точностью. Погрешности определения этих величин колеблются в пределах 10—100 % от величины самих потерь и разубоживания или в пределах 3—10 % от количества погашенных балансовых запасов.

Другим недостатком косвенного метода является то, что показатели потерь и разубоживания могут быть определены только после полной отработки выемочного пространства, что

не позволяет принять оперативные меры по уменьшению фактических потерь и разубоживания на данном участке.

При комбинированном методе определение потерь и разубоживания производится с использованием элементов как прямого, так и косвенного метода. При этом точность определения и потерь разубоживания выше, чем при косвенном методе.

В настоящее время для отчетности горных предприятий рекомендуется наряду с показателями потерь и разубоживания с целью характеристики полноты и качества извлечения полезного ископаемого определять также коэффициент извлечения качества полезного ископаемого по формуле

$$k_{\text{кач}} = \frac{a}{c}, \quad (4.31)$$

а коэффициент извлечения из недр полезного компонента находить по формуле

$$k_{\text{н}} = \frac{Da}{Bc}. \quad (4.32)$$

Нетрудно заметить, что между коэффициентами потерь  $n$  и разубоживания  $p$ , а также коэффициентами извлечения качества полезного ископаемого  $k_{\text{кач}}$  и извлечения полезного компонента  $k_{\text{н}}$  при выражении их в долях единицы существуют следующие соотношения:

$$k_{\text{кач}} = 1 - p \quad \text{и} \quad k_{\text{н}} = 1 - n. \quad (4.33)$$

Учет показателей извлечения и потерь полезных ископаемых ведется в специальной книге учета, форма которой устанавливается соответствующими отраслевыми инструкциями.

По полностью отработанным блокам, панелям, лавам, этапам определяются значения показателей извлечения, размеры эксплуатационных потерь, которые заносятся в указанную книгу учета. Сроки заполнения учетных форм обычно устанавливаются по состоянию на начало и середину календарного года.

Данные книги учета используются для отчета, оценки деятельности и списания погашенных запасов с баланса горных предприятий.

Одновременно ведется форма учета общешахтных потерь.

#### **§ 44. Определение объемов полезного ископаемого на складах и вскрышных пород в отвалах**

Склады полезного ископаемого и отвалы вскрышных пород по степени трудности измерений для определения их объемов подразделяются на три категории.

К первой категории относятся склады небольшого объема, имеющие формы, близкие к правильным геометрическим телам.

Ко второй категории относятся склады и отвалы, образующие налегающие друг на друга тела (конусообразные или призматические) или имеющие форму обелиска и другие формы характерные для эстакадных и безэстакадных складов.

К третьей категории относятся склады и отвалы со сложными поверхностями.

Для определения объемов складов I и II категорий высотой до 5 м выполняют только рулеточные измерения, тела складов принимают как геометрически правильные. Работы сводятся к измерению основных размеров штабелей при помощи рулетки и рейки, а также к вычислению их объемов.

Определение объемов складов и отвалов III категории трудности и частично II категории (высотой более 5 м) производят по данным тахеометрической съемки и съемки профильных линий.

Тахеометрическую съемку производят при сложной поверхности рельефа от ближайших маркшейдерских пунктов и пунктов съемочной сети. До начала складо- или отвалообразования производят съемку площадки, а в конце каждого отчетного периода — съемку поверхности отвала (или склада).

По данным съемки составляют план поверхности в горизонталях с высотой сечения 0,25, 0,5 или 1 м. Объем отвала (склада) подсчитывают способом горизонтальных сечений.

При весьма сложной поверхности отвала (склада) иногда по данным съемки составляют план вертикальных изомощностей отвала. При этом подсчет объема удобно производить методом изолиний при помощи объемной палетки.

Способ параллельных профильных линий применяют при определении объемов вытянутых отвалов. Профильные поперечные линии задают через 5—10 м. Конечные точки всех профильных линий включают в съемочную сеть. Съемку по каждой профильной линии производят измерением горизонтальных расстояний рулеткой (или дальномером), а превышения между характерными точками — техническим или тригонометрическим нивелированием. После построения по каждой линии профилей подсчет объема отвала производят методом вертикальных сечений.

Для определения количества полезного ископаемого  $Q$  в складах необходимо знать его объемную массу  $\gamma'$  в рыхлом состоянии. Объемная масса  $\gamma'$  руды в рыхлом состоянии зависит не только от содержания в ней различных компонентов, но и от крупности кусков, влажности и продолжительности ее хранения.

Значение  $\gamma'$  устанавливают взвешиванием груженого в транспортный сосуд или насыпанного в ящик полезного ископаемого и определением его объема  $V$ .

Количество полезного ископаемого на складах определяют по формуле

$$Q = V\gamma'. \quad (4.34)$$

## § 45. Маркшейдерский контроль за оперативным учетом добычи и вскрыши

### Учет добычи

Маркшейдерские измерения производятся только в конце отчетного периода (месяца). Однако на основе данных этих измерений не всегда можно получить объем добычных работ по каждому отдельному участку даже за отчетный период в целом. Кроме того, на действующих шахтах, рудниках и карьерах необходимо вести учет добычи не только по отдельным участкам, забоям, блокам и механизмам, но и по сортам добытого полезного ископаемого ежемесячно, ежесуточно. Такой учет добычи, осуществляемый по действующим инструкциям, называется оперативным или статистическим, на основе которого определяется выполнение ежесменного и ежесуточного плана работ по отдельным бригадам, участкам и по шахте (руднику) в целом.

Оперативный учет добычи полезного ископаемого производится силами технадзора отдельных участков или всего предприятия.

Наиболее достоверным и точным способом оперативного учета добычи полезного ископаемого, поступающего из различных участков рудника, является взвешивание его на конечных пунктах доставки. Такими пунктами являются железнодорожные весы при отправке полезного ископаемого потребителю, конвейерные весы на обогатительных фабриках и др. При отсутствии таких пунктов ведется оперативный учет количества и массы вагонеток, разгруженных на поверхности, или (при скиповом подъеме) на околоствольном дворе.

Перед загрузкой вагонетки на нее навешивают жетон. На жетоне указывают ее номер, номер участка, блока, забоя, смены и сорт полезного ископаемого. Для вагонеток различной вместимости изготавливают жетоны различной формы. При разгрузке полезного ископаемого эти жетоны снимают и в журнале учета отмечают полноту загрузки вагонетки.

По окончании смены определяют объем добычи по участкам, блокам, забоям и по сортам полезного ископаемого.

Для повышения точности оперативного учета объема добычи этим способом ежемесячно производят контрольное взвешива-

ние полезного ископаемого в сосудах вагонеток различной вместимости.

Маркшейдерская служба горного предприятия осуществляет обязательный ежемесячный контроль за оперативным учетом добычи полезного ископаемого одним из следующих способов:

а) измерениями остатков полезного ископаемого на складах и в бункерах;

б) подсчетом добычи полезного ископаемого по данным маркшейдерских измерений или съежек горных выработок.

При контроле по измерениям остатков полезного ископаемого на складах и в бункерах массу  $Q$  добытого полезного ископаемого за отчетный период получают из соотношения

$$Q = Q_1 - Q_2 + Q_3, \quad (4.35)$$

где  $Q_1$  — масса полезного ископаемого, отправленного за отчетный период потребителю;  $Q_2$  и  $Q_3$  — остатки полезного ископаемого на складах и в дозирочных бункерах соответственно на начало и конец отчетного периода.

Этот способ маркшейдерского контроля за оперативным учетом добычи полезного ископаемого достаточно точен и для условий многих рудных месторождений является единственно возможным. Однако данный способ имеет тот существенный недостаток, что он исключает возможность контроля за отдельными участками, блоками и т. д.

### Учет вскрыши

Учет вскрышных работ на карьерах производится в объемных единицах ( $m^3$ ) пород в массиве. Оперативный учет объема вскрышных работ производится диспетчерской службой по числу  $N$  груженых транспортных сосудов (железнодорожные думпкеры, автосамосвалы), отправленных из различных забоев в отвалы горных пород.

Однако для определения объема вскрышных работ в массиве необходимо знать величины паспортного объема транспортного сосуда  $V_p$ , среднее значение коэффициента его объемного наполнения  $k_n$  и коэффициента разрыхления  $k_p$  погруженных пород.

Среднее значение  $k_n$  определяют делением среднего значения фактического объема пород в одном транспортном сосуде на его паспортный объем.

Коэффициент разрыхления пород определяют по формуле

$$k_p = V_p/V_m = \gamma/\gamma' \quad (4.36)$$

где  $V_m$  и  $V_p$  — объем породы в массиве и соответствующий объем в разрыхленном состоянии (в сосуде);  $\gamma$  и  $\gamma'$  — объемные массы пород в массиве и в разрыхленном состоянии.

Общий объем вскрышных работ в массиве, выполненный в данном забое за данный период,

$$V_m = \frac{NV_{пкн}}{k_p}. \quad (4.37)$$

Точность оперативного учета вскрышных работ во многом зависит от точности определения значений коэффициентов  $k_n$  и  $k_p$ .

При бестранспортной системе разработки оперативный учет объема переэкскавации вскрышных пород ведут по автоматическим счетчикам, установленным на шагающих экскаваторах. Если вскрышные участки на уступах карьера выделены четко, то маркшейдерский контроль за оперативным учетом вскрышных работ по участкам осуществляют по данным маркшейдерских съемок очищенных забоев.

Часто учет объемов вскрыши ведется по отдельным взрывам на уступах с последующим определением общих объемов по карьере. Если при измерениях часть взорванной массы не убрана, то общий объем вскрыши по карьере за отчетный период определяют по формуле

$$V = \Sigma V_i + A + B, \quad (4.38)$$

где  $\Sigma V_i$  — объем взорванных и зачищенных блоков, полученный по данным инструментальной съемки;  $A$  — объем породы, взятый из взорванных за отчетный период, но незачищенных блоков, полученный по данным оперативного учета;  $B$  — объем остатальной части породы, взятый из взорванных, но не зачищенных в прошлом отчетном периоде блоков (полученный как разность полных объемов блоков и объемов, взятых ранее).

На многих рудных карьерах границы между вскрышными и добычными участками выражены нечетко или выемку полезного ископаемого осуществляют селективным способом. Маркшейдерский контроль за оперативным учетом объема вскрышных работ в этом случае осуществляют вычитанием из общего объема выемки горной массы на карьере (по данным съемки) объемного количества добычи за отчетный период, полученного по данным весового учета.

## § 46. Учет состояния и движения запасов на горных предприятиях

На действующих горных предприятиях с самого начала разработки месторождений, включая период их строительства, производят статистический учет балансовых и забалансовых запасов полезного ископаемого как утвержденных ВКЗ, так и не утвержденных, установленных по данным оперативных подсчетов.

Учет запасов ведется систематически по периодам, установленным вышестоящей организацией, но чаще всего он ведется в конце каждого года.

Учет состояния и движения запасов полезных ископаемых ведется по специальной форме, утвержденной ЦСУ СССР. В этих формах должно быть отражено:

а) числовое значение запасов шахтного (рудничного) поля по состоянию на начало разработки и начало данного отчетного периода;

б) изменение запасов в результате эксплуатационной разведки, переоценки (пересчета), изменения технических границ шахтного поля, добычи и потерь за отчетный период и с начала разработки;

в) остаток балансовых запасов на конец отчетного периода и распределение их по степени разведанности и степени готовности к добыче;

г) степень обеспеченности горного предприятия балансовыми запасами на предстоящие годы с учетом установленной годовой производительности предприятия.

Учет запасов производится отдельно для каждого блока, участка, горизонта и по руднику в целом.

Балансовые запасы на конец данного отчетного периода определяются из выражения

$$B_k = B_n - C - Z \pm И - A - П, \quad (4.39)$$

где  $B_n$  — балансовые запасы на начало отчетного периода;  $C$  — списанные балансовые запасы за отчетный период;  $Z$  — запасы, переведенные в отчетном периоде из балансовых в забалансовые;  $И$  — изменение балансовых запасов за отчетный период;  $A$  — добыча чистого полезного ископаемого (без разубоживающей массы) за отчетный период;  $П$  — фактические потери полезного ископаемого за отчетный период.

Списание балансовых запасов производится по инструкции, утвержденной Госгортехнадзором СССР. Списанию подлежат запасы в контурах участков, оказавшихся лишненными балансовых запасов; запасы в контурах участков, где получены новые данные о мощности залежи или о содержании полезных компонентов, которые приводят к уменьшению количества ранее учтенных запасов.

Переведенными в забалансовые считают запасы, ранее учтенные как балансовые, но не подтвердившиеся по требованиям кондиции.

Изменение балансовых запасов за отчетный период может быть обусловлено изменением технических границ шахтного поля; перевода по данным доразведки запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$  в категории  $A$  и  $B$  или, наоборот, уточнения контуров залежи, изменения ее мощности, объемной массы полезного ископаемого

и содержания в нем металла, а также в результате переоценки и пересчета запасов полезного ископаемого в отчетный период.

Указанные изменения в балансовых запасах подлежат утверждению вышестоящими организациями. Количество добычи и размеры потерь полезного ископаемого за отчетный период устанавливаются известными способами.

Данные о состоянии движения запасов полезного ископаемого в конце каждого отчетного периода определяют на основе копии маркшейдерско-геологической графической документации по каждой залежи в пределах технических границ шахтного поля. На этих графических материалах нумеруют блоки подсчета запасов, разным цветом показывают контуры балансовых запасов, участков потерь, забалансовых и списанных запасов, отработанных участков и т. д.

## Глава 5

# МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### § 47. Общие сведения о подземных маркшейдерских съемках

Подземной маркшейдерской съемкой называется совокупность пространственно-геометрических измерений и вычислений, имеющих своими целями:

а) графическое изображение на планах, вертикальных проекциях и разрезах горных выработок, проходимых в недрах, формы залегания полезного ископаемого и геометрии распределения его свойств;

б) решение различных геометрических задач, возникающих при разведке, строительстве горного предприятия и эксплуатации месторождения.

Подземные горные выработки расположены на различных горизонтах и недоступны общему зрительному восприятию человеком. Эти выработки связаны как между собой, так и с объектами, расположенными на земной поверхности. Следовательно, для увязки работ, выполняемых на различных горизонтах и на земной поверхности, подземные маркшейдерские съемки обязательно должны быть выполнены в единой и принятой для съемки поверхности системе координат  $x, y, z$ . Кроме того, при производстве подземных маркшейдерских съемок должны быть соблюдены следующие основные принципы.

1. Съемка должна вестись по принципу «от общего к частному». Для этого в горных выработках создается сеть плановых и высотных опорных пунктов, на их основе развиваются съемочные сети, от которых производится съемка подробностей.

2. Съемочные работы должны выполняться с необходимой и достаточной точностью, обусловленной запросами горного производства и регламентированной маркшейдерской инструкцией [22].

3. Все измерения и вычисления должны сопровождаться надежными и объективным контролем.

Объектами подземных маркшейдерских съемок являются: капитальные, подготовительные, нарезные и очистные горные выработки; водоотливные, вентиляционные, противопожарные устройства и сооружения, транспортные пути; элементы геологического строения месторождения, т. е. видимые контакты пород и полезного ископаемого, тектонические нарушения, места взятия проб, устья разведочных выработок и т. д.

Подземные маркшейдерские съемки подразделяют на следующие виды.

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

Подземные горизонтальные съемки осуществляют для создания в капитальных горных выработках подземных маркшейдерских опорных сетей и развития на их основе съемочных сетей в подготовительных, нарезных и очистных выработках.

Съемки контуров капитальных, подготовительных, нарезных и очистных горных выработок для составления различных маркшейдерских планов подземных горных работ.

Вертикальные съемки в горных выработках предназначены для определения высот пунктов опорных и съемочных сетей, а также построения профиля транспортных путей.

Замеры горных выработок проводят для определения объема выполненных горных работ, ведения учета запасов полезного ископаемого и т. д.

## § 48. Горные теодолиты

Горные теодолиты по устройству в основном аналогичны теодолитам, применяемым в геодезии. Однако ввиду специфических условий подземных работ горные теодолиты имеют ряд особенностей, вызванных условиями их применения.

1. Горные теодолиты должны иметь сверху на поверхности зрительной трубы верхний центр в виде углубления диаметром около 0,5 мм для центрирования теодолита под точкой, закрепленной в кровле выработки.

2. Стороны подземных теодолитных ходов обычно короткие и составляют от нескольких до нескольких десятков метров, и поэтому теодолиты и визирные знаки должны иметь приспособления для их центрирования с высокой точностью.

3. Горные выработки расположены как горизонтально, так и под большими углами наклона. Следовательно, горные теодолиты должны иметь приспособления для визирования под большим углом наклона.

4. Условия подземных горных выработок весьма неблагоприятны для защиты от влажности и запыленности воздуха все части горных теодолитов должны быть закрыты водонепроницаемой оболочкой. Они должны иметь малые габариты, небольшую массу и осветительные приспособления.

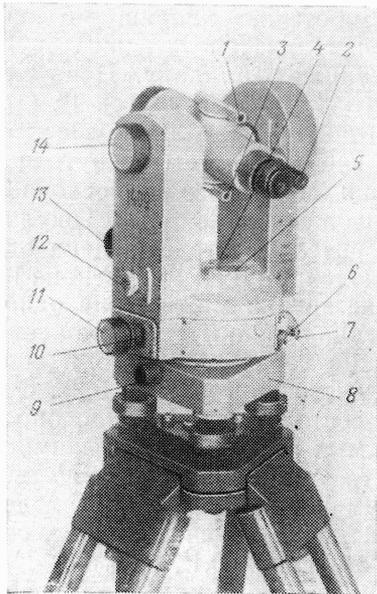
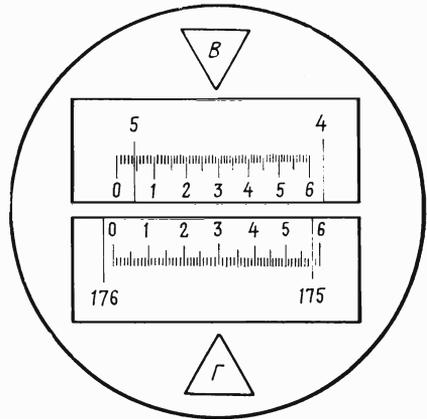


Рис. 5.1. Общий вид теодолита Т5К

Рис. 5.2. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т5К (отсчет по горизонтальному кругу  $-175^{\circ} 58' 00''$ , отсчет по вертикальному кругу  $-5^{\circ} 04' 24''$ )



В недалеком прошлом применялись только горные теодолиты с металлическими лимбами. Из них пока еще применяется горный теодолит ТГ-5.

Начиная с 1972 г. согласно государственному стандарту (ГОСТ 10529—79) в СССР выпускаются только оптические теодолиты: высокоточные Т05 и Т1, точные Т2 и Т5, технические Т15 и Т30. Цифры после буквы Т (теодолит) означают величину средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла из одного приема в секундах. В теодолитах с компенсатором при алидаде вертикального круга дополнительно проставляется буква К (например, Т5К).

Все перечисленные выше теодолиты изготавливаются в геодезическом исполнении и предназначены для использования на земной поверхности. Однако теодолиты Т5К и Т15 успешно применяются и в подземных условиях. Харьковский завод маркшейдерских инструментов (ХЗМИ) выпускает оптический теодолит ТЗОМ, являющийся горным теодолитом.

Теодолит Т5К (рис. 5.1) в подземных условиях применяется для измерения горизонтальных и вертикальных углов в опорных сетях и других ответственных работ. Сверху и снизу визирной трубы установлены визиры 1 и 3 для грубой наводки. Фокусировка зрительной трубы на предмет осуществляется кремальерным винтом 14, а точное наведение трубы наводящим винтом 13 в вертикальной плоскости и винтом 11 в горизонтальной плоскости. Соосно с ним расположены зажимные винты 10. Для поворота горизонтального круга вместе с алидадой

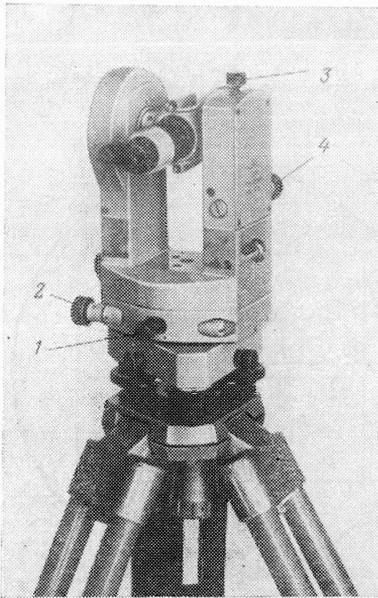


Рис. 5.3. Теодолит Т30М

линдрического 4 уровней (при алидаде горизонтального круга) в вертикальное положение нулевой штрих шкалы вертикального круга устанавливается компенсатором автоматически так, чтобы место нуля этого круга было равно нулю.

В алидадной части горизонтального круга расположен оптический отвес для центрирования теодолита над точкой. Фокусировку этого отвеса производят выдвиганием окулярного колена 12. Теодолит устанавливается на отдельную подставку 8 и закрепляется с ней зажимным винтом 9.

Теодолит Т30М (рис. 5.3) является повторительным угломерным инструментом, позволяющим измерять углы способом приемов и способом повторений.

Скрепление горизонтального круга с алидадой и освобождение его осуществляется с помощью клавиши и фиксатора аналогично теодолиту Т5К.

Точная наводка зрительной трубы на предмет производится в горизонтальной плоскости наводящим винтом 2 при зажатом закрепительном винте 1, а в вертикальной плоскости — наводящим винтом 4 при зажатом закрепительном винте 3.

Подставка теодолита съемная. Конструкция вертикальной оси вращения и реверсивный уровень позволяют устанавливать теодолит на консоли трубой вниз так же надежно, как и на штативе. Теодолит удобен для работы в стесненных условиях, так как, не сходя с места, наблюдатель может не только визи-

нажимают на клавишу 6 защелки. Нажимая на фиксатор 7, отсоединяют алидаду. Цена деления угломерных кругов  $1^\circ$ . Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам берут при помощи шкалового микроскопа 2, расположенного рядом с окуляром зрительной трубы. Цена одного деления шкал микроскопа  $1'$ . В поле зрения микроскопа одновременно видны изображения штрихов горизонтального и вертикального кругов (рис. 5.2). Отсчет состоит из градусов, определяемых по штрихам лимба; минут, устанавливаемых по делениям шкалы микроскопа и десятичных долей деления шкалы, соответствующих  $0,1'$ , или  $6''$ .

Алидада вертикального круга не имеет уровня. При приведении оси вращения инструмента с помощью круглого 5 и ци-

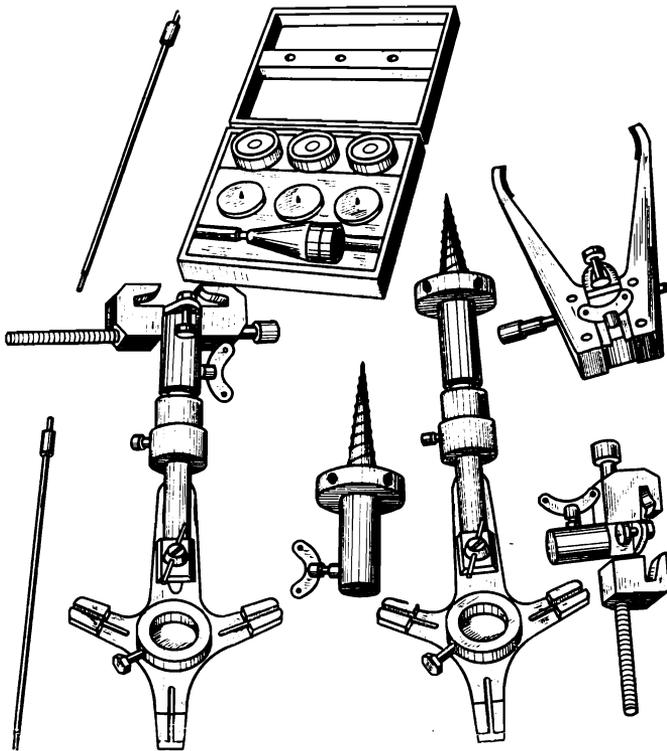


Рис. 5.4. Комплекс консолей ТК-5

ровать зрительной трубой, но и брать отсчеты через микроскоп по горизонтальному и вертикальному кругам и наблюдать за установкой уровня.

Теодолит имеет стеклянные лимбы с градусными делениями. Отсчеты берут аналогично отсчетам по теодолиту Т5К с помощью микроскопа. Цена деления шкалы  $1'$ , точность отсчитывания  $30''$ .

В комплекте прибора имеются зенитные насадки на зрительную трубу, позволяющие визировать на предмет под углом более  $45^\circ$  к горизонту. Для подсвечивания отсчетной системы в подземных условиях теодолит снабжен съемным осветителем. Теодолит имеет полую вертикальную ось, что позволяет центрировать его над точкой с помощью зрительной трубы.

Кроме отечественных теодолитов на советских горных предприятиях применяются оптические теодолиты, выпускаемые в ГДР (Theo080, Theo020A и др) и в ВНР (TE-E6, TE-D4 и др.).

## § 49. Приспособления для установки и центрирования теодолита

*Установка теодолита.* При подземных съемках теодолит и визирные приспособления чаще всего устанавливают на штативе. Однако в крутых и других выработках с интенсивным движением подземного транспорта применение штатива неудобно. В этих случаях теодолит устанавливают на консоли.

На рис. 5.4 показан комплект консолей ТК-5, предназначенных для применения в горных выработках с деревянной, металлической и железобетонной крепью.

В незакрепленных выработках или в выработках с бетонной крепью иногда могут быть использованы раздвижные стойки с платформой для установки теодолита.

*Центрирование теодолита* может быть осуществлено над или под пунктами, являющимися вершинами измеряемых горизон-

тальных углов. Линейная погрешность центрирования теодолита, как известно, приводит к погрешности измерения угла, которая увеличивается с уменьшением длин сторон измеряемого угла и при значении последнего, близком к  $180^\circ$ . При подземных маркшейдерских съемках измерение горизонтальных углов производится именно при таких неблагоприятных условиях. Например, при длине сторон измеряемого угла 10 м и линейной погрешности центрирования теодолита на 2 мм погрешность измерения угла только из-за погрешности центрирования теодолита составляет около  $90''$ , что больше требуемой точности измерения угла. Учитывая это обстоятельство, при подземных съемках центрированию теодолита уделяют большое внимание.

Центрирование теодолита производят в основном шнуровым отвесом.

Для центрирования теодолита под точкой шнуровым отвесом применяется регулируемый центрировочный отвес ОР-2 (рис. 5.5). Для этого теодолит устанавливают на штатив или консоль, его вертикальную ось приводят в отвесное, а трубу — в горизонтальное положение. Конец шнура отвеса продевают в отверстие маркшейдерского знака. Нажимая на втулку 2, вытягивают шнур и посред-

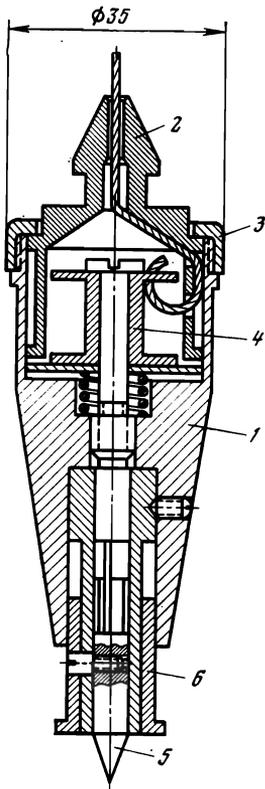


Рис. 5.5. Регулируемый центрировочный отвес ОР-2: 1 — корпус; 2 — втулка; 3 — гайка; 4 — катушка; 5 — игла; 6 — поводок

ством поводка 6 выдвигают иглу 5 из корпуса. Далее, придерживая одной рукой корпус 1 отвеса, а другой рукой вращая втулку 2, отвес опускают или поднимают. Перемещая теодолит по платформе и регулируя высоту отвеса, добиваются того, чтобы острие отвеса оказалось над центрировочным шпилем (или отверстием) зрительной трубы. В тех случаях, когда центры маркшейдерских пунктов закреплены, в качестве визирных знаков для наведения зрительной трубы используют шнуровые отвесы.

## § 50. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

В подземных полигонометрических ходах принято измерять левые по ходу горизонтальные углы.

В горных выработках с углом наклона менее  $30^\circ$  горизонтальные углы измеряют описанными выше теодолитами способом приемов или повторений. В крутых выработках горизонтальные углы измеряют теодолитом с внецентрированной зрительной трубой.

В качестве сигналов используются, как правило, шнуровые отвесы, подвешиваемые к центрам знаков. При визировании зрительную трубу теодолита наводят на освещаемый отвес, добиваясь совмещения биссектора сетки нитей со шнуром отвеса.

Измерение горизонтального угла одним полным приемом, как известно из курса геодезии, сводится к измерению одного и того же угла двумя полуприемами при круге лево ( $\beta_{л}$ ) и круге право ( $\beta_{п}$ ) и взятию за окончательное среднее из них, т. е.

$$\beta = \frac{\beta_{л} + \beta_{п}}{2}. \quad (5.1)$$

Порядок работ при измерении горизонтального угла способом повторений следующий:

1) центрируют теодолит под или над вершиной измеряемого угла и приводят инструмент в рабочее положение;

2) устанавливают при круге лево алидаду на отсчет, близкий к  $0^\circ$ , закрепив алидаду и открепив лимб, визируют на задний сигнал (отвес) и берут отсчет  $a_1$ ;

3) при закрепленном лимбе, открепив алидаду, наводят трубу на переднюю точку и берут контрольный отсчет  $a_2$ ;

4) переводят трубу через зенит и устанавливают ее в положение круга право;

5) открепив лимб, наводят трубу на заднюю точку, но отсчета не берут;

6) при закрепленном лимбе открепляют алидаду, наводят трубу на переднюю точку и берут отсчет  $a_3$ .

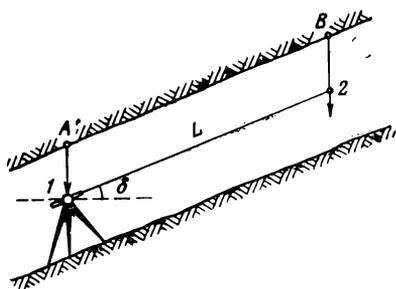


Рис. 5.6. Измерение вертикального угла визирной линией

Значение угла при одном полуповторении, называемом контрольным, определяют по формуле

$$\beta_k = a_2 - a_1. \quad (5.2)$$

Среднее (окончательное) значение измеренного угла из одного повторения определяют по формуле

$$\beta = \frac{a_3 - a_1}{2}. \quad (5.3)$$

Допустимая разница между средним  $\beta$  и контрольным  $\beta_k$  значениями измеренных углов зависит от назначения съемки.

Результаты измерений записывают в журнал измерения углов.

В наклонных выработках параллельно с измерением горизонтальных углов измеряют вертикальные углы (углы наклона)  $\delta$  сторон теодолитного хода, необходимые для вычисления горизонтальных проекций сторон теодолитных ходов и определения превышений между пунктами способом тригонометрического нивелирования.

На рис. 5.6 показана схема измерения вертикального угла  $\delta$ . Под пунктом  $A$  центрируют теодолит, приводят его в рабочее положение, а в пункте  $B$  подвешивают отвес, на котором отмечают точку 2. Поскольку расстояние  $L$  измеряется по направлению от оси вращения трубы 1 до отмеченной точки 2, то и угол наклона  $\delta$  должен быть измерен в этом же направлении.

Углы наклона линии визирования измеряют при двух положениях вертикального круга. Для этого сначала при круге слева наводят трубу на точку 2, микрометренным винтом алидады вертикального круга приводят пузырек уровня на середину (для теодолитов с компенсатором места нуля вертикального круга это действие не выполняют) и берут отсчет по вертикальному кругу КЛ. Затем повторяют эти действия при круге справа и берут отсчет КП.

В зависимости от направления возрастания делений на лимбе вертикального круга угол наклона  $\delta$  вычисляют по следующим формулам:

при возрастании делений лимба по ходу часовой стрелки (например, для теодолита Т5К)

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{\text{КП} - \text{КЛ} - 180^\circ}{2}; \\ \delta &= \text{КП} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КЛ} - 180^\circ; \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

при возрастании делений лимба против хода часовой стрелки (например, для теодолитов ТЗ0М и ТЗ0)

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ}{2}; \\ \delta &= \text{КЛ} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ. \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

Значение места нуля вертикального круга для всех теодолитов вычисляют по формуле

$$\text{МО} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ} + 180^\circ}{2}. \quad (5.6)$$

При пользовании формулами (5.4), (5.5) и (5.6) к отсчетам КП или КЛ, меньшим  $90^\circ$ , следует прибавлять  $360^\circ$ .

## § 51. Измерение длин линий

При производстве подземных маркшейдерских съемок измерение расстояний между точками производится для решения самых разнообразных задач, требующих соответственно различные точности измерений, начиная от 1:200 (при съемке очистных забоев) до 1:15 000 и более при решении ответственных задач.

В соответствии с этим для измерения расстояний в подземных выработках применяют рулетки, подвесные ленты, длинмеры, нитяные и другие дальномеры (оптические, световые и др.). Основными и наиболее распространенными из них являются рулетки, так как они портативны, просто устроены, неприхотливы и в то же время достаточно надежны.

При производстве измерений и съемок пониженной точности применяют 10-метровые тесьмяные рулетки. Для измерения расстояний от съемочных точек до стенок выработок применяют двухметровые желобчатые стальные рулетки РЖ-2, для измерения расстояний между пунктами опорных и съемочных сетей, а также других ответственных измерений — стальные 20-, 30- и 50-метровые рулетки. При точных измерениях длин рулетку натягивают с постоянной силой 98 Н (10 кгс) с помощью пружинного динамометра. Весьма удобны рулетки РГД (рис. 5.7), в которых динамометр вмонтирован в ручку вилки. Стальные рулетки чаще всего имеют сантиметровые деления, а в пределах первого дециметра — миллиметровые.

Стальные рулетки перед их использованием необходимо периодически компарировать, т. е. сличать с эталоном (образцовым мерным прибором) в горизонтальной плоскости при натяжении с силой 98 Н (10 кгс). В качестве эталона может служить имеющаяся на руднике специальная рулетка, компарированная с точностью не менее 1:30 000 и не используемая для других видов измерений.

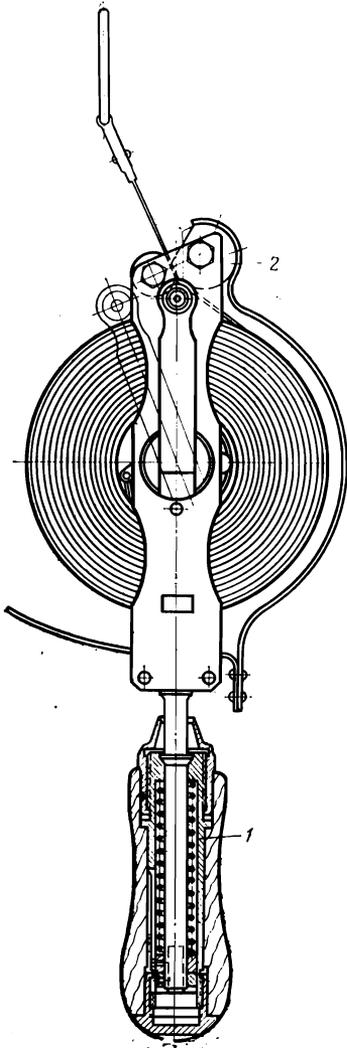


Рис. 5.7. Рулетка РГД:

1 — динамометр, вмонтированный в ручку вилки; 2 — эксцентриковый зажим

Поправки за компарирование  $\Delta L_k$  вводятся в результаты измерений со знаком плюс, если компарируемая рулетка длиннее эталона, и со знаком минус — в обратном случае. Иногда компарирование всей длины рулетки производится на весу при постоянном натяжении. Во всех случаях, когда компарируется вся длина рулетки, поправку за компарирование в измеренном расстоянии следует ввести пропорционально измеряемой длине линии.

В подземных горных выработках длины сторон полигонометрических ходов могут быть измерены по почве только при благоприятных условиях. Однако грязь и вода, имеющиеся обычно на почве выработки, приводят к порче стальной рулетки и снижению точности измерений. Поэтому измерение длин линий стальной рулеткой обычно производят на весу после измерений углов.

Измерение расстояния между пунктами *A* и *B* в горизонтальной горной выработке (рис. 5.8) производят следующим образом.

Под точкой *A* центрируют теодолит, а в точке *B* подвешивают отвес. Трубу приводят в горизонтальное положение, визируют на отвес, подвешенный в точке *B*, и отмечают на нем точку *b*. Если расстояние *AB* больше длины рулетки, то между ними берут точку *C* с отклонением от створа *AB* не более чем на 10 см. От этой точки *C* подвешивают дополнительный отвес, на котором отмечают точку *c*. Затем, натягивая рулетку с силой, равной натяжению при ее компарировании, задний рабочий прикладывает первый дециметровый интервал рулетки к точке *a*. Передний наблюдатель совмещает сантиметровый штрих рулетки с точкой *c* отвеса. В таком положении по команде переднего наблюдателя (маркшейдера) одновременно берут отсчеты по обоим концам рулетки с точностью до миллиметра.

Разность этих отсчетов представляет собой длину интервала  $ac$  по дуге, т. е. величину  $L'_1$ . Указанное измерение повторяют два-три раза при разном положении рулетки. Аналогично измеряют длину второго интервала  $L'_2$ .

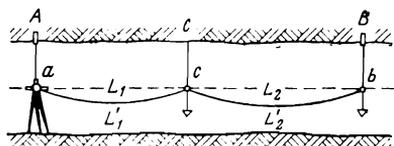


Рис. 5.8. Измерение длины линии рулеткой на весу

При измерении длин линий в наклонных выработках на шнурах промежуточных отвесов отмечают точки пересечений наклонной линии, угол наклона которой измерен.

Во всех случаях длины интервалов линии измеряют дважды в прямом и обратном направлениях и берут среднее из них. Допустимые расхождения между результатами этих измерений зависят от назначения работ. Как следует из приведенного выше описания, при измерении длин линий рулеткой на весу (рис. 5.8) провес рулетки неизбежен, и измеренные величины представляют собой длины дуг  $L'_1, L'_2, \dots$ . Для перехода от найденной длины дуги  $L'$  к длине хорды  $L$  необходимо в измеренное значение длины дуги  $L'$  ввести поправку за провес  $\Delta L_{\text{пр}} = L - L'$ .

Величину поправки за провес всей длины рулетки  $L_0$  вычисляют по формуле

$$\Delta L_0 = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{f^2}{L_0}}, \quad (5.7)$$

где  $f$  — величина стрелы провеса всей длины рулетки при ее естественном натяжении.

Величину стрелы провеса  $f$  для используемой рулетки проще определить опытным путем на поверхности. Для этого на расстоянии, равном длине рулетки, закрепляют колья, головки которых должны находиться на одинаковом уровне. Между головками этих кольев натягивают рулетку с принятой силой натяжения и при помощи нивелира измеряют величину стрелы  $f$  провеса рулетки. Подставляя значения  $f$  и  $L_0$  в формулу (5.7), вычисляют значение  $\Delta L_0$ .

При последующих измерениях длин линий на весу используется не вся длина рулетки  $L_0$ , а ее часть  $L$ .

Поправка за провес данной рулетки при длине измеряемого интервала  $L$  определяется из выражения

$$\Delta L_{\text{пр}} = \Delta L_0 \frac{L^3}{L_0^3}. \quad (5.8)$$

Если рулетка компарирована на весу, то указанная поправка в результат измерения длины линий не вводится. Кроме поправок за компарирование и за провес в результаты измерений длины линии вводится поправка и за температуру воздуха,

если изменение ее относительно температуры компарирования рулетки превышает  $\pm 5^\circ$ .

Поправку за температуру воздуха вычисляют по формуле

$$\Delta L_t = \alpha L'(t - t_k), \quad (5.9)$$

где  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлена рулетка (для стали  $\alpha = 0,000\ 011\ 5$ );  $t_k$  — температура воздуха при компарировании рулетки;  $t$  — температура воздуха при измерении длин линий.

Исправленная длина измеренной наклонной линии с учетом поправок за компарирование рулетки, температуру и провес рулетки

$$L_{\text{испр}} = L' + \Delta L_{\text{ком}} + \Delta L_{\text{пр}} + \Delta L_t. \quad (5.10)$$

По исправленной длине наклонной линии и углу ее наклона  $\delta$  вычисляют горизонтальную проекцию длины линий по формуле

$$l = L_{\text{испр}} \cos \delta. \quad (5.11)$$

Измерение линий длиной более 50 м может выполняться дальномером АДІМ и светодальномерами.

## § 52. Общие сведения о горизонтальных соединительных подземных съемках (ориентировках)

Ориентировать подземный горизонт горных выработок — значит, в принятой для съемки земной поверхности системе координат на каждом горизонте определить: а) координаты  $x$  и  $y$  исходного пункта; б) дирекционный угол исходного направления. Полученные в результате ориентирования эти данные исходны для создания плановой опорной и съемочной сетей на всех горизонтах. Без надлежащего решения этой ответственной маркшейдерской задачи невозможно правильное и безопасное ведение подземных горных работ.

Из двух элементов, определяемых при ориентировании подземной съемки, более важным является дирекционный угол исходной стороны.

Горизонтальные соединительные съемки должны выполняться с высокой точностью и с применением методики и организации работ, исключающих просчеты. Учитывая это обстоятельство, техническая инструкция по производству маркшейдерских работ требует, чтобы разность дирекционного угла исходной стороны опорной сети, вычисленная по двум независимым ориентировкам, не превышала  $\pm 3'$ .

Определение дирекционного угла исходной стороны подземной съемки осуществляется геометрическими или физическими способами. К последним относится магнитное и гироскопиче-

ское ориентирование. Однако магнитное ориентирование в настоящее время утратило свое практическое значение из-за присущих ему недостатков.

В зависимости от способа вскрытия месторождения различают три основных случая ориентирования подземных горизонтов: 1) через штольню или наклонный ствол; 2) через один вертикальный ствол; 3) через два вертикальных ствола, соединенных подземными выработками.

При ориентировании подземных горизонтов исходными являются пункты опорной маркшейдерской сети на земной поверхности вблизи устья выработки, через которую должна производиться ориентировка.

### § 53. Ориентирование подземной съемки через штольню или наклонный шахтный ствол

При вскрытии месторождения штольней или наклонным шахтным стволом ориентирование подземного горизонта сводится к простой привязке исходной стороны  $CD$  подземной опорной сети (рис. 5.9) к стороне  $AB$  опорной сети на земной поверхности путем проложения между ними полигонометрического хода  $B-1-2-3-C-D$ . Для этого измеряют длины сторон  $L_1, L_2, L_3$  и  $L_4$ , углы их наклона  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  и  $\delta_4$  и по ним вычисляют горизонтальные проекции длин этих сторон  $l_1, l_2, l_3$  и  $l_4$ . Кроме того, измеряют левые по ходу горизонтальные углы  $\beta_A, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  и  $\beta_C$ .

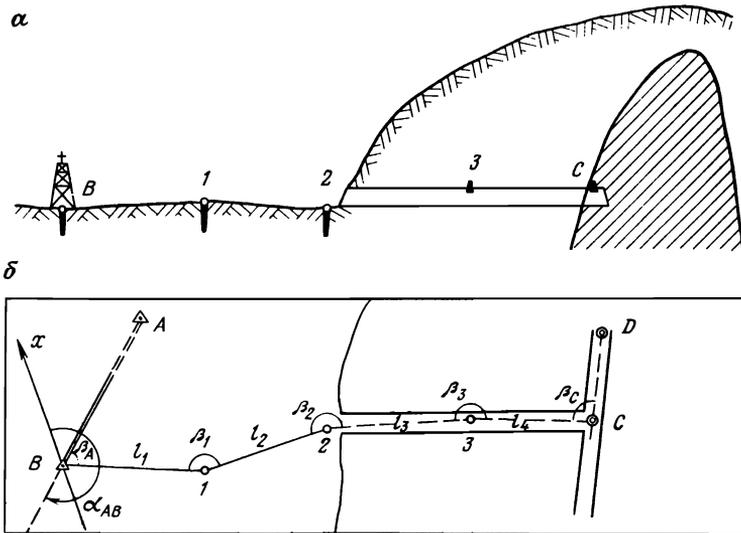


Рис. 5.9. Схема ориентирования подземных выработок через штольню: а — вертикальный разрез; б — план

Для контроля полигонометрический ход прокладывают в прямом и обратном направлениях. Дирекционный угол исходной стороны  $CD$  подземной опорной сети вычисляют по формуле

$$(CD) = (AB) + \beta_A + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_c + 5 \cdot 180^\circ,$$

где  $(AB)$  — дирекционный угол известного направления  $AB$ .

Дирекционные углы сторон  $B-1$ ,  $1-2$ ,  $2-3$  и  $3-C$  хода вычисляют известным способом.

Координаты исходного пункта  $C$  подземной маркшейдерской съемки вычисляют по формулам:

$$x_C = x_B + l_1 \cos(B1) + l_2 \cos(1-2) + l_3 \cos(2-3) + l_4 \cos(3-C);$$

$$y_C = y_B + l_1 \sin(B1) + l_2 \sin(1-2) + l_3 \sin(2-3) + l_4 \sin(3-C).$$

## § 54. Геометрическое ориентирование через один вертикальный ствол

При геометрическом ориентировании подземной съемки через один вертикальный ствол решаются две самостоятельные задачи.

1. Проектирование направления с поверхности земли на ориентируемый горизонт.

2. Примыкание к этому направлению на земной поверхности и на проектируемом горизонте.

Проектирование направления в основном осуществляется при помощи опущенных через шахтный ствол двух свободных отвесов, образующих вертикальную плоскость. При этом дирекционные углы направлений, соединяющие эти отвесы на поверхности и на ориентируемом горизонте, равны.

Сущность задачи примыкания состоит в следующем. На поверхности осуществляется геометрическая связь между ближайшими опорными пунктами и створом отвесов, в результате чего отвесам и их створу передаются координаты и дирекционный угол. Произведя аналогичную связь, на ориентируемом горизонте осуществляется передача известных координат отвесов и дирекционного угла их створа исходному пункту и направлению подземной маркшейдерской съемки.

Проектирование точек через шахтный ствол может быть осуществлено при помощи неподвижных или качающихся отвесов. Для этой цели используется стальная проволока высокого качества диаметром 0,5—1,5 мм.

На рис. 5.10 представлена схема проектирования точки неподвижным отвесом, применяемым при небольшой глубине ориентируемого горизонта и слабом движении воздушного потока.

Лебедку  $1$  с намотанной на ее барабан проволокой устанавливают на верхней площадке надшахтного здания. Прово-

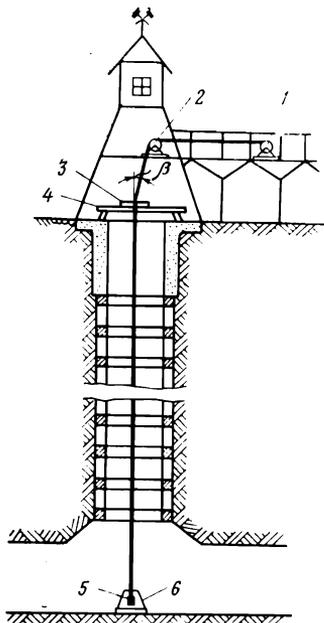
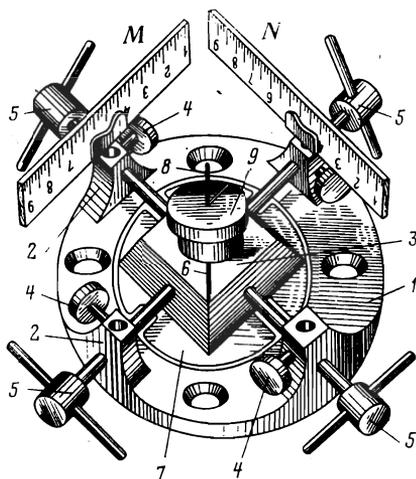


Рис. 5.10. Схема проектирования точки неподвижным отвесом

Рис. 5.11. Общий вид проектировочной тарелочки



лока, сматываемая с барабана лебедки, перекидывается через блок 2 и пропускается через V-образный вырез центрировочной пластинки 3, установленной на прочных «козлах» 4 так, чтобы угол перегиба  $\beta$  был небольшим. Далее, проволочный отвес с грузом 2—5 кг медленно опускается в ствол шахты. На ориентируемом горизонте на проволоке подвешивается рабочий груз 5, масса которого составляет около 60 % предела прочности проволоки. С целью быстрого прекращения колебаний отвеса груз 5 погружают в бак 6, заполненный вязкой жидкостью (например, отработанное трансформаторное масло). После этого проверяют отсутствие касания проволоки о стенки шахтного ствола (сверху опускают на проволоке «почту», т. е. небольшое легкое кольцо). При наличии двух отвесов этот контроль осуществляют сличением измеренных расстояний между ними на поверхности и ориентируемом горизонте. Разница между этими расстояниями не должна превышать 2 мм.

Однако при большой глубине шахты и значительной скорости вентиляционной струи воздуха указанный выше способ не обеспечивает полного погашения колебаний отвесов. При линейной погрешности проектирования каждого из отвесов 3 мм и расстояний между отвесами в стволе шахты 3 м погрешность проектирования направления составляет 3, 5', что больше допустимой погрешности ориентирования. Поэтому для уменьшения угловой погрешности проектирования расстояние между отвесами следует по возможности увеличить, а линейную

погрешность проектирования точек довести до минимума. Для достижения этого проектирования точек осуществляют качающимися отвесами с использованием проектировочной тарелочки (рис. 5.11), позволяющей определять среднее положение (положение покоя) качающегося отвеса. Основанием тарелочки служит кольцо 1 с четырьмя гнездами 2 для установки шкал  $M$  и  $N$ . Зажимные винты 4 служат для закрепления шкал, а закрепительные винты 5 — для закрепления фиксатора 3. Фиксатор устанавливают на пластинку 7, вставляемую в тарелочку. В фиксаторе имеется щель 6, в которую вводится проволока 8 отвеса и зажимается гайкой 9, навинчиваемой на головку фиксатора. Качание отвеса обычно наблюдают с помощью центрировочной тарелочки и двух теодолитов или одним теодолитом и тарелочкой с зеркалом.

Порядок работ при проектировании качающимся отвесом следующий. На ориентируемом горизонте в стволе шахты устраивается деревянный полук с отверстиями под опущенными отвесами. Над этими отверстиями укрепляют основания тарелочек так, чтобы отвесы могли колебаться, не касаясь их стенок. Против шкал  $M$  и  $N$  устанавливаются два теодолита, по которым берут 11—13 отсчетов по каждой шкале против крайних левых  $l$  и правых  $r$  положений отвесов.

Средний отсчет по шкале  $N_0$ , соответствующий положению покоя отвеса, определяется по формуле

$$N_0 = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_k}{k}, \quad (5.12)$$

где 
$$N_1 = \frac{N_{l_1} + 2N_{r_1} + N_{l_2}}{4}; \quad N_2 = \frac{N_{r_1} + 2N_{l_2} + N_{r_2}}{4}$$

$$k = (n - 1) + (m - 1),$$

$N_{l_1}, N_{l_2}, \dots, N_{l_n}$  — отсчеты по шкале, соответствующие крайним левым положениям отвеса;  $N_{r_1}, N_{r_2}, \dots, N_{r_m}$  — то же, при крайнем правом положении отвеса;  $n$  и  $m$  — соответственно число левых и правых отсчетов.

Аналогично вычисляются средний отсчет  $M_0$  по данным наблюдений за колебаниями отвеса по шкале  $M$ .

После этого проволоку вставляют в щель и фиксируют ее так, чтобы отсчеты против проволоки по шкалам были равны  $N_0$  и  $M_0$ , что соответствует положению покоя отвеса.

На рис. 5.12 представлена общая схема геометрического ориентирования через один вертикальный шахтный ствол с примыканием к отвесам наиболее распространенным способом соединительных треугольников.

В ствол шахты опускают два отвеса 1 и 2 и устанавливают их в положение покоя. На поверхности и ориентируемом горизонте вблизи отвеса выбирают точки  $C$  и  $C'$  так, чтобы углы  $\gamma$

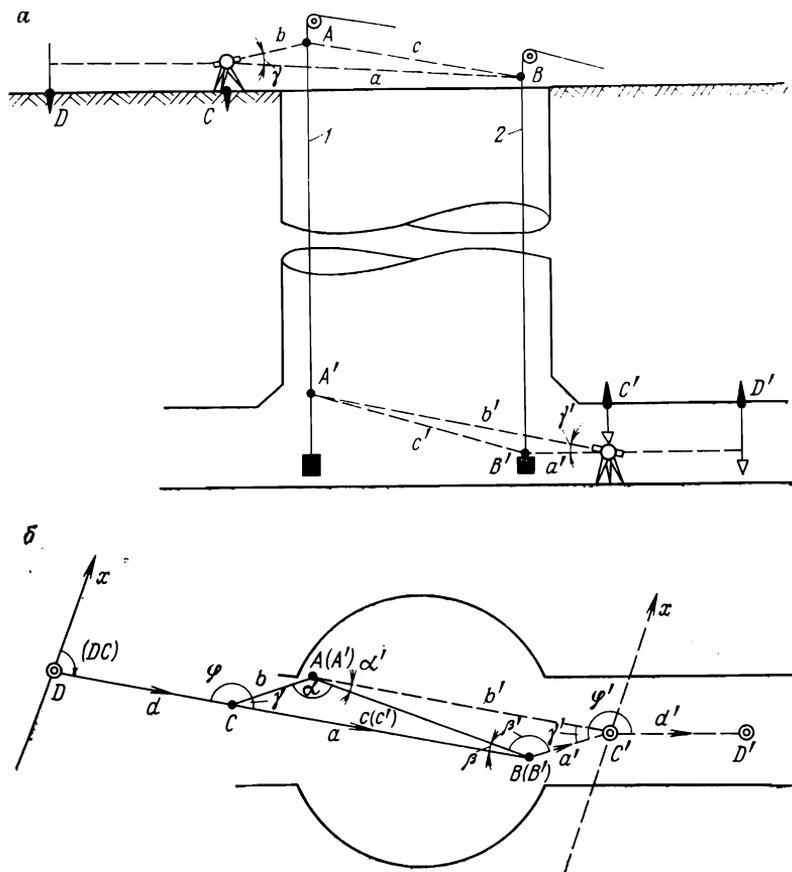


Рис. 5.12. Схема примыкания к отвесам по способу соединительных треугольников: а — в вертикальном разрезе; б — в плане

и  $\gamma'$  не превышали 2—3°. Треугольники  $СAB$  на поверхности и  $С'A'B'$  на ориентируемом горизонте представляют собой соединительные треугольники с общей стороной  $AB$  ( $A'B'$ ) в плане. Кроме того, на некотором расстоянии от  $C'$  закрепляют точку  $D'$ . На поверхности привязкой к пунктам опорной сети определяют координаты точки  $D$  и дирекционный угол направления ( $DC$ ).

На поверхности и на ориентируемом горизонте рулеткой тщательно измеряют расстояния  $d$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $c'$ ,  $b'$ ,  $a'$  и  $d'$  (не менее пяти раз) и берут средние из них. Затем в точках  $C$  и  $C'$  теодолитом измеряют углы  $\varphi$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma'$  и  $\varphi'$  тремя повторениями. Контроль за правильностью измерения длин сторон соединительного треугольника осуществляется сличением расстояния

между отвесами  $c=AB$ , полученного непосредственными измерениями и вычисленного по формуле

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \gamma}. \quad (5.13)$$

Расхождения между ними не должны превышать  $\pm 3$  мм на поверхности и  $\pm 5$  мм — в шахте.

Углы  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$  и  $\alpha'$  вычисляются решением треугольников  $ABC$  и  $A'B'C'$ , пользуясь формулой синусов.

По известному значению ( $DC$ ), а также измеренным и вычисленным углам по направлению хода  $DCBC'D'$ , показанному на рис. 5.12 стрелками, передают дирекционный угол исходному направлению ( $C'D'$ ) ориентируемого горизонта по формуле

$$(C'D') = (DC) + \varphi + (\beta + \beta') + \varphi' + 3 \cdot 180^\circ.$$

Координаты исходной точки  $C'$  в данном случае вычисляются по формулам:

$$x_{C'} = x_D + d \cos(DC) + a \cos(CB) + a' \cos(B'C');$$

$$y_{C'} = y_D + d \sin(DC) + a \sin(CB) + a' \sin(B'C').$$

Эти вычисления для контроля производят из других ходов. Для общего контроля ориентировка должна быть произведена независимо дважды.

## § 55. Ориентирование через два вертикальных шахтных ствола

Данный вид горизонтальной соединительной съемки может быть осуществлен, если вертикальные шахтные стволы на ориентируемом горизонте соединены горной выработкой, как это показано на рис. 5.13.

В этом случае достаточно через вертикальные шахтные стволы произвести проектирование по одной точке. Методика спуска отвесов и аппаратура, используемая для геометрического проектирования точек  $A$  и  $B$ , такие же, как и при проектировании через один вертикальный шахтный ствол. Однако ввиду сравнительно большого расстояния между отвесами линейная погрешность проектирования точек приводит к меньшей погрешности проектирования направления.

Примыкание к отвесам  $A$  и  $B$  сводится к определению их координат в системе  $x, y$ , принятой на поверхности. Для этого от опорного пункта  $C$  на земной поверхности через пункты  $I, II, III$  и  $IV$  прокладывают полигонометрические ходы и по данным измерений вычисляют координаты  $x_A, y_A, x_B, y_B$  отвесов  $A$  и  $B$ .

В шахте между отвесами  $A$  и  $B$  по соединяющим стволами выработкам прокладывают подземный полигонометрический ход

$A-1-2-3-4-5-6-7-$   
 $B$ , по результатам которого вычисляют координаты его точек в условной системе координат  $x', y'$ . За начало этой условной системы координат принимают отвес  $A$ , а за направление оси  $x'$  — первую сторону  $A1$  подземного полигонометрического хода. При этом  $x_A = y_A = 0$ , а вычисленные координаты отвеса  $B$  будут  $x_B$  и  $y_B$ .

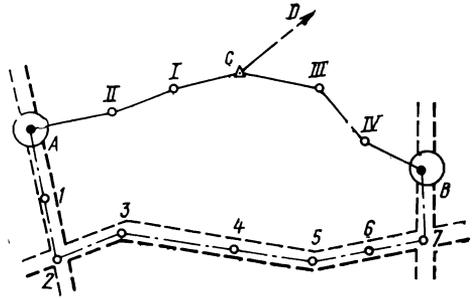


Рис. 5.13. Схема ориентирования через два вертикальных шахтных ствода

Дальнейшие вычисления производят в следующей последовательности:

1) вычисляют дирекционный угол  $(AB)$  створа отвесов  $A$  и  $B$  на поверхности и расстояние  $L$  между ними по формулам:

$$\operatorname{tg}(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad (5.14)$$

$$L = \frac{y_B - y_A}{\sin(AB)} = \frac{x_B - x_A}{\cos(AB)}; \quad (5.15)$$

2) вычисляют дирекционный угол  $(AB)'$  створа этих же отвесов и расстояние между последними  $L'$  в условной системе координат  $x'y'$  по формулам:

$$\operatorname{tg}(AB)' = \frac{y'_B - y'_A}{x'_B - x'_A} = \frac{y'_B}{x'_B}; \quad (5.16)$$

$$L' = \frac{y'_B}{\sin(AB)'} = \frac{x'_B}{\cos(AB)'}; \quad (5.17)$$

3) вычисляют разность  $\Delta L = L - L'$ , которая не должна превышать допустимого предела;

4) определяют дирекционный угол первой стороны  $A1$  подземного хода в системе координат, принятой на поверхности, по формуле

$$(A1) = (AB) - (AB)'; \quad (5.18)$$

5) по исходным данным  $x_A, y_A$  и  $(A1)$  вычисляют координаты всех вершин подземного хода.

Контролем вычислений служит равенство координат отвеса  $B$ , вычисленных на поверхности и в шахте. Расхождение между двумя значениями координат отвеса  $B$  не должно превышать допустимого предела.

## § 56. Гироскопическое ориентирование

Гироскопом называют симметричное твердое тело, главная ось вращения которого может изменять свое положение в пространстве.

Простейшим видом гироскопа является обычный волчок, ось вращения которого при большом числе оборотов стремится занять вертикальное положение.

На рис. 5.14, *а* показана принципиальная схема трехстепенного (свободного) гироскопа.

Массивный маховик — ротор *1* подвешен в двух кольцах (внутреннем *2* и внешнем *3*), составляющих карданный подвес, обеспечивающий три степени свободы вращения вокруг трех взаимно перпендикулярных осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , пересекающихся в точке подвеса  $O$ . Точка подвеса  $O$  совпадает с центром тяжести чувствительного элемента ЧЭ, т. е. гиromотора с карданными кольцами.

Ротор *1* вращается в подшипниках *4* вокруг оси  $x$ , называемой главной осью гироскопа. Ротор с внутренним карданным кольцом *2* может вращаться в подшипниках *5* вокруг оси  $y$ , и, наконец, ротор с обоими кольцами *2* и *3* может вращаться вокруг оси  $z$ .

Из вышеизложенного следует, что главная ось  $x$  трехстепенного (свободного) гироскопа может без ограничения изменять свое направление в пространстве.

Однако установлено, что если такому гироскопу сообщить быстрое вращательное движение, то под воздействием внешней силы, приложенной к главной оси гироскопа, последняя совер-

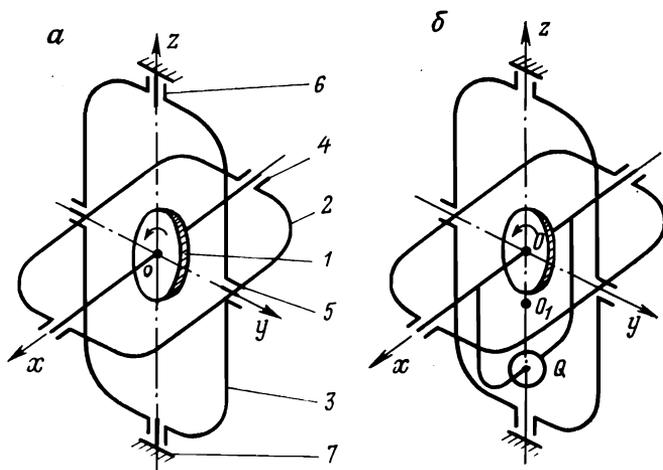


Рис. 5.14. Принципиальная схема устройства:

*а* — свободного гироскопа; *б* — маятникового гироскопаса

шает гармонические колебания (прецессирует) в плоскости, перпендикулярной к действующей силе.

Следовательно, если к главной оси  $x$  свободного гироскопа прикрепить полукольцо с грузом  $Q$  (рис. 5.14, б), то его центр тяжести сместится вниз по оси  $z$  с точки подвеса  $O$  в точку  $O_1$ . При этом гироскоп не сможет вращаться вокруг оси  $y$ , а его главная ось  $x$  будет стремиться оставаться в горизонтальной плоскости и благодаря суточному вращению Земли совершит прецессионные, слабозатухающие гармонические колебания. При этом положение равновесия совпадает с плоскостью астрономического меридиана в данной точке.

Такие гироскопы называются маятниковыми.

Таким образом, маятниковый гироскоп может служить указателем направления меридиана в данной точке, т. е. компасом. Поэтому гироскопические приборы, созданные на этом принципе, называются гироскопическими приборами, а в иностранной литературе — гиротеодолитами.

Для ориентировки подземных съемок в СССР широко применяется разработанный ВНИМИ маркшейдерский взрывобезопасный гироскоп МВТ2 с торсионным (ленточным) подвесом, общий вид и основные части которого показаны на рис. 5.15.

Гироскоп МВТ2 состоит из основного прибора (устанавливаемого на штативе) и блока питания 6. При транспортировке основной прибор снимается и вместе с кабелем 5 укладывается в футляр 7. Трегер 3 опирается на верхнюю площадку штатива подъемными винтами 4. В центральной части трегера расположен поворотный корпус 2, который может вращаться вокруг вертикальной оси с помощью бесконечного микромет-

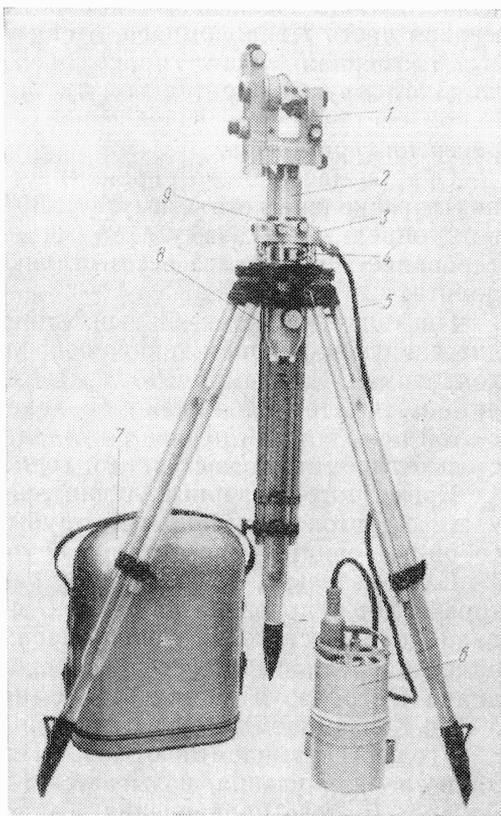


Рис. 5.15. Общий вид маркшейдерского взрывобезопасного гироскопа МВТ2

ренного винта 9. Сверху в поворотный корпус вставлена угломерная часть 1 гироскопа, а снизу — гиросприставка 8.

Угломерная часть гироскопа кроме обычного горизонтального круга и зрительной трубы снабжена автоколлимационной системой, предназначенной для наблюдений за точками реверсии гироскопа.

Общая масса этого гироскопа 33 кг, точность определения гироскопического азимута  $\pm 30''$ , а продолжительность одного определения азимута 25 мин. Центрирование и горизонтирование гироскопа осуществляются так же, как и для теодолита.

Поскольку чувствительный элемент ЧЭ гироскопа находится внутри гиросприставки, непосредственные наблюдения за колебаниями оси гироскопа невозможны. Практически через автоколлиматор наблюдают за колебаниями жестко связанной с этой осью линией перпендикуляра к зеркалу ЧЭ, образующей с осью гироскопа постоянный горизонтальный угол  $\Delta$ .

Кроме того, визирные линии зрительной трубы угломерной части и автоколлимационной трубы также составляют между собой постоянный горизонтальный угол  $\tau$ .

Следовательно, в положении равновесия ЧЭ ось гироскопа будет направлена на север  $C$  в плоскости истинного меридиана точки установки гироскопа, а зрительная линия трубы будет направлена на север условного «гироскопического» меридиана  $C_r$ , образуя постоянный с истинным меридианом угол  $\delta = \Delta + \tau$ , называемый поправкой гироскопа.

Угол, отсчитываемый от оси  $C_r$  по ходу часовой стрелки до данного направления, называется гироскопическим азимутом  $\Gamma$  этого направления. Таким образом, при помощи ги-

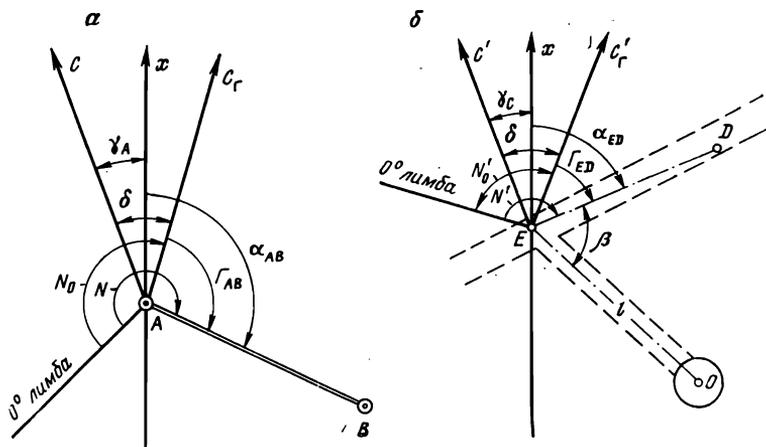


Рис. 5.16. Схема определения дирекционного угла гироскопическим способом:  
 а — наблюдения на поверхности; б — наблюдения в шахте

рокомпаса измеряются не истинные, а гироскопические азимуты направлений.

На рис. 5.16 приведена схема определения дирекционного угла ориентируемой стороны  $ED$  подземной маркшейдерской опорной сети. Порядок работы при этом следующий.

На поверхности шахты (рис. 5.16, *a*) выбирают исходные пункты  $A$  и  $B$  опорной сети с известными координатами  $x_A, y_A$  точки  $A$  и дирекционным углом  $\alpha_{AB}$  направления  $AB$ . В околоствольном дворе шахты закрепляют точки  $E$  и  $D$  ориентируемой стороны. Сначала производят измерения на поверхности. Для этого гироскопас центрируют над точкой  $A$  и горизонтируют его. Включив электропитание, гироскопас переводят в рабочий режим и ЧЭ разарретируют. После стабилизации режима (разгона гиromотора) приступают к наблюдениям за колебаниями ЧЭ с помощью автоколлиматора, т. е. фиксируют четыре последовательных момента реверсии, когда направление его движения меняется на обратное, берут отсчеты  $N_1, N_2, N_3$  и  $N_4$  по лимбу угломерной части гироскопаса.

Отсчет  $N_0$  по лимбу, соответствующий положению равновесия ЧЭ, вычисляют по формуле

$$N_0 = \frac{N_1 + 3(N_2 + N_3) + N_4}{8}. \quad (5.19)$$

В процессе наблюдений измеряют также исходное направление  $AB$  и получают средний отсчет  $N$  по лимбу.

Гироскопический азимут направления  $AB$  определяют по формуле

$$\Gamma_{AB} = (N - N_0) + \varepsilon, \quad (5.20)$$

где  $\varepsilon$  — поправка за закручивание торсиона, величина которой определяется по данным наблюдений за свободными и вынужденными колебаниями чувствительного элемента.

Затем устанавливают гироскопас в точке  $E$  шахты (рис. 5.16, *b*), производят наблюдения, аналогичные описанным выше, и вычисляют гироскопический азимут  $\Gamma_{ED}$  ориентируемой стороны подземной маркшейдерской сети.

Дирекционный угол ориентируемого направления  $ED$  вычисляют по формуле

$$\alpha_{ED} = \alpha_{AB} + \Gamma_{ED} - \Gamma_{AB} + (\gamma_A - \gamma_E), \quad (5.21)$$

где  $(\gamma_A - \gamma_E)$  — разность плоских углов сближения меридианов в точках  $A$  и  $E$ .

Значение величины  $(\gamma_A - \gamma_E)$  в секундах определяют по приближенной формуле

$$(\gamma_A - \gamma_E) = 32,3 \operatorname{tg} \varphi (y_A - y_E), \quad (5.22)$$

где  $y_A$  и  $y_E$  — ординаты точек  $A$  и  $E$ , которые определяют графически по плану, км;  $\varphi$  — средняя широта места наблюдения.

Для определения координат исходной точки  $E$  на ориентированном горизонте через ствол шахты опускают отвес  $O$  (рис. 5.16, б) и, привязывая его к пунктам опорной сети на земной поверхности, определяют координаты  $x_0$  и  $y_0$  отвеса. Затем в шахте, измерив расстояние  $l=OE$  и примычный угол  $\beta$ , сначала определяют дирекционный угол  $(OE)$ , а затем вычисляют координаты пункта  $E$  по формулам:

$$x_E = x_0 + l \cos(OE); \quad y_E = y_0 + l \sin(OE). \quad (5.23)$$

## § 57. Ориентирование подэтажных горизонтов

При разработке рудных месторождений и мощных угольных пластов горные работы ведутся как на основных, так и на подэтажных горизонтах, соединённых между собой вертикальными и наклонными выработками.

Учитывая небольшие протяженности подэтажных выработок в очистных блоках, маркшейдерская инструкция [22] допускает ориентировать эти горизонты относительно ближайшей стороны подземной опорной сети с точностью  $\pm 10'$ .

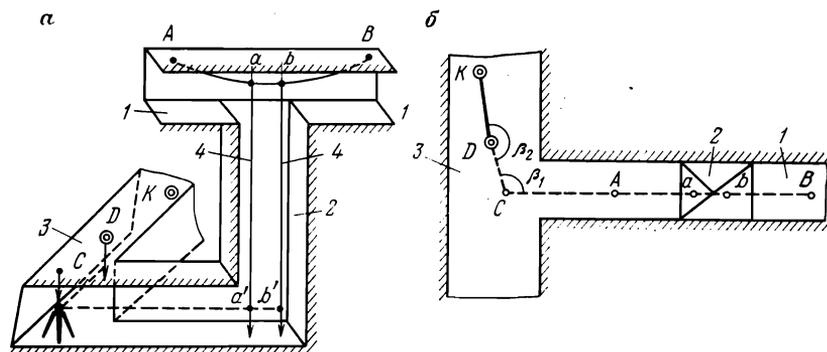


Рис. 5.17. Схема ориентирования через один вертикальный восстающий при помощи двух отвесов по способу створа: а — в пространстве; б — в плане

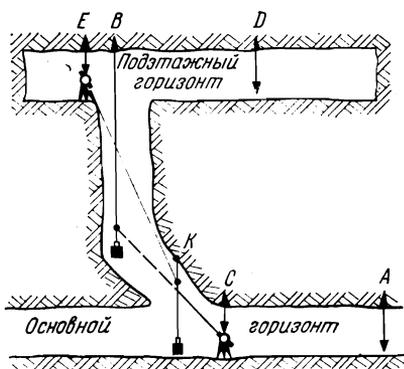


Рис. 5.18. Ориентирование через наклонные восстающие способом створа

Ориентирование подэтажных горизонтов осуществляется различными упрощенными геометрическими способами. Ниже приводится описание двух способов.

### Ориентирование через вертикальный восстающий при помощи двух отвесов по способу створа

На ориентируемом подэтажном горизонте  $1$  (рис. 5.17) закрепляют точки  $A$  и  $B$  и между ними натягивают проволоку, на которую прикрепляют два отвеса  $a$  и  $b$ . Отвесы опускают через вертикальный восстающий  $2$  на основной горизонт  $3$ , где в створе отвесов  $4$  выбирают точку  $C$ . Измерив горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , от известного направления  $KD$  основного горизонта передают дирекционный угол на створ отвесов и определяют дирекционный угол исходной стороны  $AB$  подэтажного горизонта по формуле

$$\alpha_{AB} = \alpha_{KD} + \beta_2 + \beta_1 + 2 \cdot 180^\circ. \quad (5.24)$$

Затем по известным значениям  $x_D$ ,  $y_D$ ,  $\alpha_{DC}$ ,  $\alpha_{Ca}$ , а также измеренным расстояниям  $DC$ ,  $Ca$  и  $aA$  вычисляют координаты точки  $A$  ориентируемого подэтажа. Для контроля ориентировку производят дважды, меняя установку теодолита в точке  $C$  по створу отвесов. За окончательное берут среднее из результатов двух ориентировок.

### Ориентирование через наклонный восстающий способом створных точек

На основном горизонте под маркшейдерским пунктом  $C$  (рис. 5.18) центрируют теодолит, с помощью которого в восстающем выставляют два отвеса, подвешенных из точек  $B$  и  $K$  в створе с точкой  $C$ . Затем на ориентируемом подэтажном горизонте в створе линии  $KB$  выставляют и закрепляют точку  $E$ , а в створе  $EB$  — точку  $D$ . Так как линии  $DE$  и  $CK$  лежат в одной вертикальной плоскости, то дирекционные углы этих направлений равны. Измерив горизонтальные углы  $ACK$  и  $KED$  и имея значение дирекционного угла ( $AC$ ), вычисляют дирекционный угол ( $ED$ ) исходного направления  $ED$  на подэтажном горизонте. Для передачи координат  $x$ ,  $y$  от точки  $C$  к точке  $E$  измеряют наклонные расстояния и углы наклона отрезков линии между  $CK$  и  $EK$ .

Ориентирование подэтажных горизонтов может быть выполнено и другими способами.

## § 58. Вертикальная соединительная съемка

Горизонтальная соединительная съемка обеспечивает связь поверхности с подземными горными выработками только в горизонтальной плоскости (в плане), что недостаточно для решения многих горнотехнических задач. Необходимым условием пространственной увязки является надежная связь поверхности с подземными выработками и по высоте. Эта задача решается вертикальной соединительной съемкой.

Исходными для построения подземной высотной сети являются реперы государственного нивелирования III и IV классов на поверхности шахты или подходные реперы вблизи нее.

Способ передачи высотной отметки в подземные выработки зависит от типа вскрывающих выработок. Если горные выработки сообщаются с земной поверхностью штольной, то передача высотной отметки осуществляется геометрическим нивелированием в прямом и обратном направлениях. Расхождение в сумме превышений при этом не должно превышать величины  $\pm 50 \sqrt{L}$  мм, где  $L$  — длина хода, км.

При вскрытии месторождения наклонным шахтным стволом передача высот осуществляется тригонометрическим нивелированием. Разность высот между прямым и обратным нивелированием не должна превышать  $\pm 10 \sqrt{n_1 + n_2}$  мм, где  $n_1$  и  $n_2$  — число сторон прямого и обратного хода.

Передачу высотной отметки, т. е. координаты  $z$  от репера на земной поверхности через вертикальный шахтный ствол в подземную выработку, производят способами, изложенными ниже. Разность передачи высот при двух независимых измерениях не должна превышать величины  $(10 + 0,2 H)$  мм, где  $H$  — глубина шахтного ствола, м.

### Передача высотной отметки при помощи длинной ленты

Пусть на земной поверхности вблизи устья ствола шахты имеется репер  $R_n$  (рис. 5.19) с известной отметкой  $z_n$  и требуется определить отметку  $z_{ш}$  репера  $R_{ш}$ , заложенного в почве или стенке подземной выработки. Используемые для передачи высотной отметки специальные стальные ленты имеют длину до 1000 м с дециметровыми делениями, оцифрованными через 1 м.

Порядок работ при передаче высотной отметки с поверхности в шахту длинной лентой следующий. На верхней площадке копра устанавливается временный полук, на котором крепится лебедка 4 с лентой. Лента 7 опускается в шахту и на ее нижнем конце подвешивается груз 2 массой, равной силе натяжения, при которой компарировалась данная лента.

На поверхности и в шахте устанавливаются нивелиры 6. По команде одновременно берут отсчеты  $N_n$  и  $N_{ш}$  по ленте, а за-

тем отсчеты  $a_n$  и  $a_{ш}$  по нивелирным рейкам 1, установленным соответственно на реперах  $R_n$  и  $R_{ш}$ . Кроме того, измеряют среднюю температуру  $t_{ср}$  воздуха в шахте.

Высотная отметка шахтного репера  $R_{ш}$  определяется по формуле

$$z_{ш} = z_n + a_n - (N_n - N_{ш}) - a_{ш} + \Sigma \Delta L \quad (5.25)$$

где  $\Sigma \Delta L$  — сумма поправок за компарирование длинной ленты, за разность температур воздуха при компарировании ленты  $t_k$  и в стволе шахты  $t_{ср}$  при измерениях.

### Передача высотной отметки дальномером ДА-2

Выпускаемый Харьковским заводом маркшейдерских инструментов дальномер ДА-2 (рис. 5.20) состоит из мерного диска 2 и барабана 3 (с намотанной на нем проволокой), смонтированных на общей горизонтальной оси, установленной в станине 6 ручной лебедки. Барабан лебедки жестко соединен с горизонтальной осью прибора и вращается рукояткой 5. Мерный диск вращается на той же горизонтальной оси. Проволока системой роликов 4 направляется с барабана на мерный диск, огибая его на  $270^\circ$ . При разматывании проволоки с барабана она вращает мерный диск.

Мерный диск соединен со счетчиком оборотов 1, по которому отсчитывают сотни, десятки и единицы оборотов диска. Длина окружности диска равна 1 м.

Для определения долей окружности диска он разделен на 100 делений. Точность отсчитывания 1 мм.

На нижний конец проволоки подвешивается рейка-груз цилиндрической формы с оцифрованными сантиметровыми делениями. В комплекте прибора имеется также контрольная рейка-груз, надеваемая на проволоку на 1—2 м выше основной рейки-груза.

На рис. 5.21 показана схема передачи высотной отметки от репера  $R_n$  на поверхности шахты на репер  $R_{ш}$ , заложенный

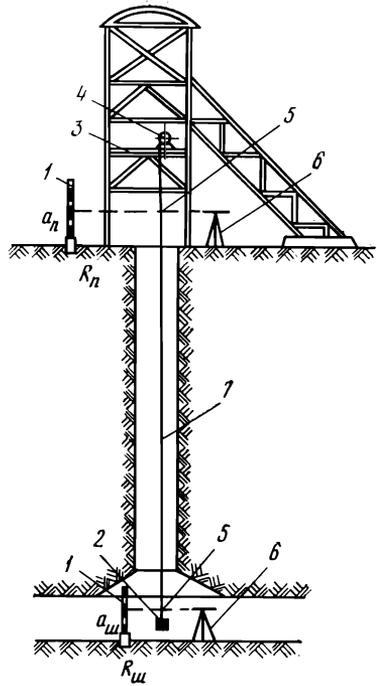


Рис. 5.19. Схема передачи высотной отметки с помощью длинной ленты: 1 — нивелирные рейки; 2 — груз; 3 — временной полок; 4 — лебедка с лентой; 5 — отсчеты по ленте; 6 — нивелиры; 7 — лента

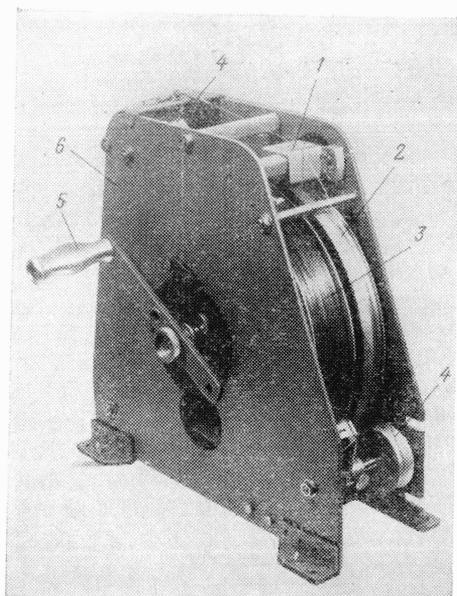


Рис. 5.20. Длинномер ДА-2

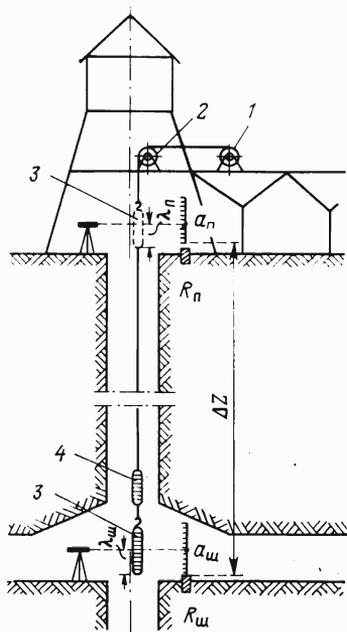


Рис. 5.21. Схема передачи отметки с поверхности в шахту при помощи длинномера ДА-2

в подземной выработке, при помощи длинномера ДА-2. Длинномер 1 устанавливается на приемной площадке копра, и проволока через блок 2 направляется в вертикальный ствол шахты. К концу проволоки подвешивают рейку-груз 3 и контрольную рейку 4. Сначала рейку-груз опускают до уровня нивелира, установленного на нулевой площадке ствола, и берут отсчеты:  $\lambda_n$  — по рейке-грузу;  $N_n$  — по счетчику мерного диска 1;  $a_n$  — по нивелирной рейке, установленной на репере  $R_n$ . Затем на уровень того же нивелира опускают контрольную рейку (на рисунке она не показана) и берут по ней контрольный отсчет. Далее опускают рейку-груз на уровень нивелира, установленного в околоствольном дворе, где аналогичным образом берут отсчеты  $\lambda_{ш}$ ,  $a_{ш}$  и  $N_{ш}$  (по рейке-грузу и контрольной рейке).

Для контроля производят второй цикл измерений, при котором меняют горизонты нивелиров и производят аналогичные наблюдения при подъеме рейки-груза. За окончательные берут средние результаты двух циклов измерений.

Высотную отметку шахтного репера  $R_{ш}$  при каждом цикле измерений определяют из выражения  $z_{ш} = z_n - \Delta z$ , где

$$\Delta z = (N_n - N_{ш}) + (a_n - a_{ш}) + (\lambda_{ш} - \lambda_n). \quad (5.26)$$

В вычисленное значение  $\Delta z$  вводят поправки за компарирование мерного диска, за температуру и т. д.

## § 59. Классификация подземных маркшейдерских плановых сетей и их построение

Подземные горные выработки, как правило, имеют вытянутую форму, поэтому в этих условиях единственным возможным способом создания плановых сетей взаимосвязанных пунктов является полигонометрический способ.

Эти сети по назначению подразделяются на опорные и съёмочные.

Подземные опорные полигонометрические сети являются главной геометрической основой для производства горизонтальных съёмок и решения различных аналитических задач. Эти сети опираются на исходные пункты и направления, полученные в результате ориентирования данного горизонта. Они прокладываются, как правило, по основным горным выработкам.

Съёмочные сети разделяются на сети 1-го и 2-го разрядов. Съёмочные сети 1-го разряда состоят из теодолитных ходов и предназначаются для съёмки подготовительных горных выработок. Съёмочные сети 1-го разряда опираются на пункты подземной опорной сети.

Съёмочные сети 2-го разряда состоят из теодолитных ходов, опирающихся на пункты съёмочных сетей 1-го разряда. Они предназначаются для съёмки нарезных и очистных выработок.

Опорные и съёмочные подземные маркшейдерские сети представляют собой многоугольники (полигоны), проложенные вдоль горных выработок. Эти полигоны могут быть замкнутыми или разомкнутыми.

Полигонометрические или теодолитные ходы называются свободными, если они опираются только на один пункт с известными координатами и на одну сторону с известным дирекционным углом. Несвободными называются ходы, которые своими концами опираются на пункты с известными координатами и на направления с известными дирекционными углами, что позволяет легко контролировать результаты полевых измерений и камеральных вычислений.

Во всех возможных случаях свободные ходы следует прокладывать в виде замкнутых ходов, также позволяющих контролировать результаты измерений и вычислений.

При прокладке полигонометрических ходов опорной сети протяженностью более 2 км они должны быть разбиты на секции с числом углов в секции не более 20. Каждая секция должна опираться на «жесткие» стороны, дирекционные углы которых определены независимо гироскопическим ориентированием.

Предельная длина теодолитных ходов съёмочных сетей 1-го и 2-го разрядов не должна превышать соответственно 2 и 0,5 км.

По мере продвижения горных выработок съемочные сети по ним должны пополняться. Последний пункт дополнительной съемки размещают не далее 50 м от забоя выработки.

Создание подземных маркшейдерских плановых сетей включает следующие этапы работ:

1) выбор мест расположения маркшейдерских пунктов (вершин полигонов) и их закрепление;

2) производство угловых и линейных измерений;

3) камеральную обработку полевых измерений и вычисления координат  $x$ ,  $y$  всех пунктов.

## **§ 60. Закрепление, обозначение и нумерация подземных маркшейдерских пунктов**

Маркшейдерские пункты подземных опорных и съемочных сетей, как правило, закладывают в кровле горных выработок. При неустойчивой кровле эти пункты могут быть закреплены и в почве горных выработок. Места для их закрепления выбирают с учетом взаимной видимости между соседними пунктами и возможно большего расстояния между ними.

В зависимости от срока существования и способа закрепления центров опорные маркшейдерские пункты разделяют на постоянные и временные. Постоянные пункты закладывают в местах, обеспечивающих их сохранность, т. е. в околоствольном дворе, в главных и участковых квершлагах, в основных откаточных штреках и т. д. Эти пункты закладывают группами (не менее трех в группе) не реже чем через каждые 300—500 м, приурочивая их к местам сопряжения горных выработок. Все остальные пункты опорной сети закрепляются временными центрами. Пункты съемочных сетей закрепляют как временные пункты опорной сети.

Конструкции центров постоянных и временных пунктов должны быть простыми. Отверстия в этих центрах, предназначенные для подвешивания шнура отвеса, должны иметь диаметр не более 2 мм.

Конструкции центров постоянных пунктов опорной сети и способы их закрепления приведены на рис. 5.22.

На рис. 5.23 приведены некоторые виды металлических центров для временных пунктов.

В незакрепленных выработках, если породы крепкие и вязкие, пирамидообразный центр (рис. 5.23, *а*) непосредственно закрепляют в кровле. Центры, показанные на рис. 5.23, *б*, *в*, забивают в верхняке деревянной крепи. В незакрепленных выработках эти центры забивают в деревянные пробки, заколачиваемые в шуры (бурки), пробуренные в кровле.

Для опознания и обозначения маркшейдерских пунктов к стойкам крепи закрепляют марки с номерами этих пунктов.

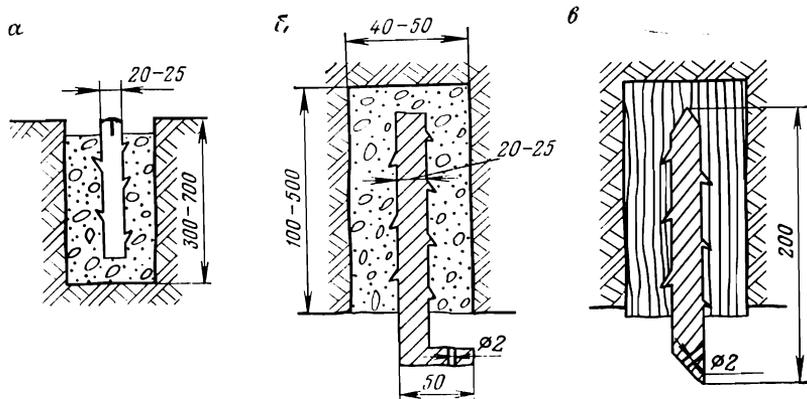


Рис. 5.22. Конструкция центров постоянных пунктов:

а — бетонируемого в почве выработки;  
 б — бетонируемого в кровле выработки;  
 в — забиваемого в деревянной пробке

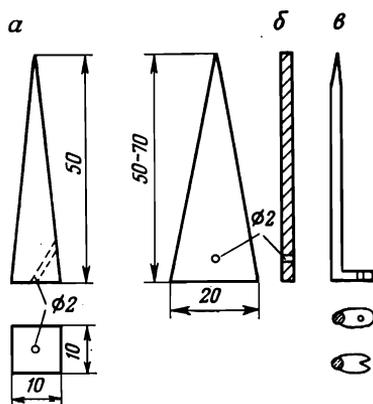


Рис. 5.23. Конструкция центров временных пунктов

В незакрепленных выработках номера пунктов обозначаются масляной краской на их стенках.

Порядок нумерации всех маркшейдерских пунктов определяет главный маркшейдер горного предприятия. Повторение номеров утраченных пунктов не разрешается.

## § 61. Полевые измерения и камеральная обработка их результатов при создании плановых опорных и съемочных сетей

В маркшейдерской практике принято измерять левые по ходу горизонтальные углы между сторонами полигонометрического или теодолитного хода. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов в ходах опорной сети не должна превышать  $\pm 20''$ . Для этой цели используются теодолиты с точностью отсчетных приспособлений не менее  $30''$ .

При этом центрирование теодолита осуществляют следующими способами:

- а) при длине сторон 10—20 м — двукратным центрированием теодолита с измерением угла при каждой центрировке;
- б) при длине сторон более 20 м — однократным центрированием теодолита.

В горных выработках с углом наклона сторон менее  $30^\circ$  горизонтальные углы измеряют одним полным повторением. Разность между одинарным значением угла (контрольным углом  $\beta_k$ ) и окончательным (средним) его значением не должна превышать  $45''$ .

При углах наклона сторон более  $30^\circ$  горизонтальные углы измеряют способом приемов (не менее двух) с применением накладного уровня для приведения оси вращения трубы теодолита в горизонтальное положение.

Средняя квадратическая погрешность измерения углов в теодолитных ходах съемочной сети 1-го разряда не должна превышать  $\pm 45''$ . Погрешность центрирования теодолита и визирных сигналов не должна превышать 1 : 10 000 меньшей стороны измеряемого угла.

Методика измерения горизонтальных углов такая же, как описано выше. Однако разность между контрольным и окончательным значениями угла при этом допускается до  $60''$ .

Горизонтальные углы в съемочных сетях 2-го разряда разрешается измерять инструментами более низкой точности, например угломером УТ-3 и др. При этом средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов может достигать до  $\pm 3'$ . В связи с этим допустимая погрешность центрирования теодолита составляет  $\pm 5$  мм. Углы измеряют одним повторением или приемом с допустимым расхождением между контрольным и окончательным значениями угла до  $5'$ .

В наклонных выработках кроме горизонтальных углов измеряются также углы наклона линий.

При измерении в опорных сетях длин рулетками стороны разбивают на интервалы, несколько меньшие, чем длина мерного прибора. Натяжение рулетки при этом должно быть равным натяжению при ее компарировании. Каждый интервал измеряют не менее двух раз, второе и последующие измерения выполняют при смещении мерного прибора. Расхождение между измерениями длин интервалов не должно превышать 5 мм.

Каждая сторона хода должна быть измерена дважды — в прямом и обратном направлениях. Расхождение между ними не должно превышать 1 : 3000 длины измеряемой стороны.

Измерение линий в съемочных ходах 1-го разряда также выполняется в основном компарированной рулеткой в прямом и обратном направлениях. Расхождение между двумя измерениями одной и той же стороны не должно превышать 1 : 1000 измеряемой длины.

В ходах съемочной сети 2-го разряда длины сторон измеряют стальными или тесьмянными рулетками в прямом и обратном направлениях. Расхождение между двумя измерениями не должно превышать 1 : 200 длины измеряемой линии.

Измерения длин сторон полигонометрических и теодолитных ходов производят непосредственно после измерений углов. Результаты всех этих измерений записывают в соответствующих графах журнала измерения углов.

После повторного измерения длины стороны теодолитного хода на каждой точке стояния теодолита посредством тесьмянной или желобчатой рулетки измеряют площадь сечения выработки в свету.

С этой целью от центра теодолита измеряют расстояние влево, вправо, вверх и вниз. Замеры записывают в журнале измерения углов в следующем виде

$$2,05 \frac{0,65}{1,30} 1,45 \text{ м.}$$

Кроме того, производят съемку контуров горной выработки относительно вершин и сторон теодолитного хода в основном методом перпендикуляров, а иногда и полярным методом. Расстояние между снимаемыми контурными точками зависит от сложности конфигурации контуров и масштаба составляемого плана.

Кроме контуров горных выработок съемке подлежат другие объекты в горных выработках, а также места взятия проб, тектонические нарушения и объекты геологических наблюдений. Результаты этих измерений записывают в абрисах съемки.

Предварительная обработка измеренных углов и длин заключается в проверке записей в журналах и вычислений средних значений измеренных углов и длин сторон.

Угловая невязка в полигонах вычисляется по формулам: для замкнутых ходов

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - 180^{\circ} (n - 2), \quad (5.27)$$

где  $\sum \beta_{\text{изм}}$  — сумма измеренных внутренних углов хода; для разомкнутых несвободных ходов

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} + \alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} + n \cdot 180^{\circ}, \quad (5.28)$$

где  $\sum \beta_{\text{изм}}$  — сумма левых по ходу измеренных углов;  $\alpha_{\text{н}}$  и  $\alpha_{\text{к}}$  — известные дирекционные углы соответственно начального и конечного направлений разомкнутого хода;  $n$  — число измеренных углов хода.

Полученные угловые невязки не должны превышать величин, приведенных в табл. 5.1.

Распределив фактические угловые невязки с обратным знаком между измеренными углами, получают уравненные углы.

ТАБЛИЦА 5.1

Наименование сетей	Допустимые угловые невязки	
	В замкнутых и разомкнутых, но несвободных полигонах	В свободных и висячих ходах, пройденных дважды
Опорные	$\pm 40'' \sqrt{n}$	$\pm 40'' \sqrt{n_1+n_2}$
Съемочные 1-го разряда	$\pm 1,5' \sqrt{n}$	$\pm 1,5' \sqrt{n_1+n_2}$
Съемочные 2-го разряда	$\pm 6' \sqrt{n}$	$\pm 6' \sqrt{n_1+n_2}$

$n_1$  и  $n_2$  — число углов хода соответственно в прямом и обратном направлениях.

Затем по известному дирекционному углу начального (исходного) направления и левым по ходу уравненным углам последовательно вычисляют дирекционные углы сторон ходов по формуле

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_{\text{лев}} \pm 180^\circ. \quad (5.29)$$

Обработка измеренных длин сторон полигонометрических ходов опорной сети и съемочной сети 1-го разряда описана в § 51.

В измеренные длины сторон теодолитных ходов 2-го разряда не вводятся поправки за компарирование рулетки, за ее провес и за температуру воздуха, так как точность самих измерений невысокая.

Приращения координат вычисляют по формулам:

$$\Delta x = l \cos \alpha \quad \text{и} \quad \Delta y = l \sin \alpha. \quad (5.30)$$

Однако, учитывая, что натуральные значения тригонометрических функций и их логарифмов даны в таблицах только для острых углов  $r$  в первой четверти, то для пользования формулами (5.30) необходимо полученные дирекционные углы  $\alpha$  выразить через углы  $r$ , называемые т а б л и ч н ы м и у г л а м и. При ориентировании направлений относительно истинного меридиана этот угол  $r$  называется р у м б о м н а п р а в л е н и я.

Связь между углами  $\alpha$  и  $r$ , а также знаки приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  в различных четвертях приведены в схеме (рис. 5.24).

Для контроля вычислений приращений координат можно пользоваться формулами:

$$\Delta x = \Delta y \operatorname{ctg} r \quad \Delta y = \Delta x \operatorname{tg} r. \quad (5.31)$$

Невязки в сумме вычисленных приращений координат определяют по формулам:

для замкнутых полигонов  

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}}; \quad f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}}; \quad (5.32)$$

для разомкнутых полигонов, проложенных между твердыми пунктами,

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - (x_k - x_n);$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - (y_k - y_n), \quad (5.33)$$

где  $x_n, y_n$  и  $x_k, y_k$  — известные координаты соответственно начальной и конечной точек несвободного разомкнутого хода.

Оценка точности хода производится по его относительной линейной невязке, определяемой по формуле

$$\frac{f_P}{P} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{P}, \quad (5.34)$$

где  $P$  — периметр хода.

Относительные линейные невязки ходов не должны превышать величин, приведенных в табл. 5.2.

Невязки  $f_x$  и  $f_y$  в сумме приращений координат распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон и получают исправленные (уравненные) приращения координат.

По известным координатам  $x, y$  исходной (начальной) точки и уравненным приращениям координаты всех вершин хода вычисляют по формулам:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_i; \quad y_i = y_{i-1} + \Delta y_i. \quad (5.35)$$

ТАБЛИЦА 5.2

Наименование сетей	Допустимые относительные линейные невязки	
	в замкнутых ходах	в ходах, пройденных дважды или пройденных между твердыми пунктами
Опорные	1:3000	1:2000
Съемочные 1-го разряда	1:1500	1:1000
Съемочные 2-го разряда	1:500	1:300

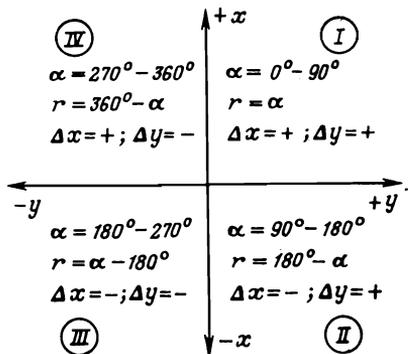


Рис. 5.24. Связь между углами  $\alpha$  и  $r$  и знаки приращений координат в различных четвертях

## § 62. Высотная съемка горных выработок

Высотную съемку или нивелирование в подземных горных выработках производят для следующих основных целей: а) определения отметок пунктов высотного обоснования, т. е. реперов; б) контроля уклонов откаточных путей; в) задания в вертикальной плоскости направления выработкам, проводимым догоняющими или встречными забоями.

Исходными реперами при создании подземной высотной сети на каждом горизонте являются реперы, заложенные в околоствольном дворе, отметки которых вычислены по данным вертикальной соединительной съемки (см. § 58).

Реперы высотных сетей закладывают в почве, боковых стенках и в кровле основных горных выработок. В качестве реперов могут быть использованы постоянные пункты плановой опорной сети.

Для контроля за неподвижностью реперов их закладывают парами на расстоянии 20—50 м друг от друга. Расстояние между парами реперов не должно превышать 500 м.

Подземную высотную съемку производят методами геометрического и тригонометрического нивелирования.

*Геометрическое нивелирование* применяют в горных выработках с углом наклона не более 5—8°. В подземных условиях применяют нивелиры, имеющие малую массу, небольшие габариты, небольшое расстояние минимального визирования и хорошо защищенные от влаги и пыли.

На практике широкое распространение получили глухие нивелиры с элевационным винтом и цилиндрическим уровнем при трубе, а также нивелиры с компенсатором углов наклона визирной линии.

На рис. 5.25 показан общий вид нивелира НЗ, имеющий круглый установочный уровень и цилиндрический уровень при трубе для установки визирной линии в горизонтальное положение. Изображение концов пузырька цилиндрического уровня передается системой призм в поле зрения трубы и наблюдается исполнителем в момент взятия отсчетов по рейке. Масса этого нивелира 2 кг.

К глухим нивелирам с элевационным винтом относится и портативный технический нивелир НТ (рис. 5.26). Этот нивелир имеет массу 1 кг и очень удобен в работе, так как он не имеет подставки и его установку осуществляют быстро при помощи сферической головки, соединяющей нивелир со штативом. Кроме того, этот нивелир снабжен горизонтальным кругом с ценой деления 1° и точностью отсчитывания  $\pm 20'$ , что позволяет использовать его для измерений с невысокой точностью горизонтальных углов.

К глухим нивелирам с самоустанавливающейся линией визирования относятся нивелиры НСЗ и НС4. Установка этих ни-

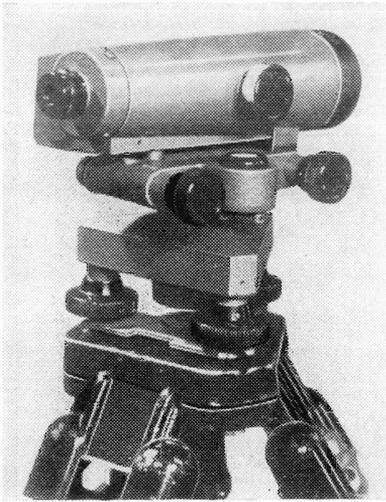


Рис. 5.25. Nivelir N3

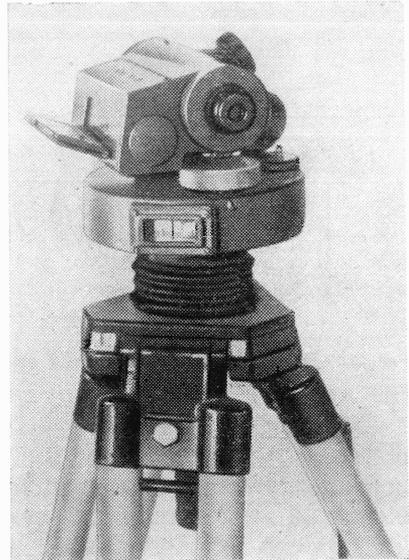


Рис. 5.26. Nivelir NT

велиров в рабочее положение достигается с помощью подъемных винтов путем приведения пузырька круглого уровня на середину. При этом визирная линия зрительной трубы устанавливается автоматически в горизонтальное положение с помощью компенсатора, что значительно повышает удобство и производительность работ при нивелировании.

В шахтах и рудниках применяются также некоторые нивелиры, выпускаемые Народным предприятием «Карл Цейсс» в ГДР (нивелиры Ni025 и Ni50), заводом МОМ в ВНР (нивелир Ni-B5) и др.

Нивелирные рейки, используемые в подземных работах, аналогичны рейкам для технического нивелирования на земной поверхности. Длина цельных реек 1,7 м, а выдвижных 2,1 м.

Геометрическое нивелирование производят методом «из середины» с установкой нулевого деления рейки на нивелируемые точки. При этом превышение передней точки над задней равняется «взгляду» назад минус «взгляд» вперед, т. е.

$$h = a - b. \quad (5.36)$$

Однако нивелируемые точки в горных выработках могут быть расположены как в почве, так и в кровле. Во всех случаях формула (5.36) справедлива, но отсчеты по рейкам, установленным на почве выработки, имеют знак плюс, а отсчеты по рейкам, приставленным нулем к пунктам, закрепленным в кровле, имеют знак минус.

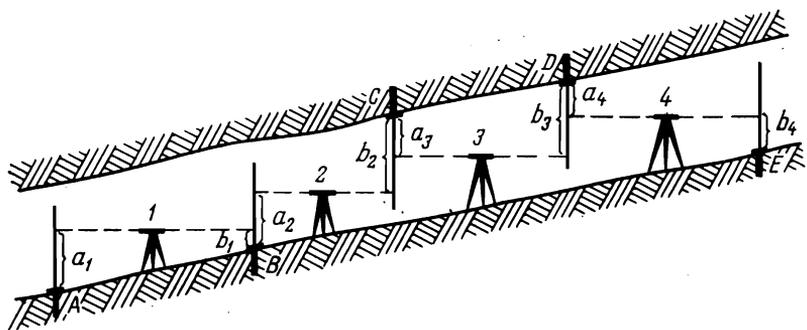


Рис. 5.27. Четыре возможных случая взаимного расположения задней и передней реек

На рис. 5.27 изображены станции № 1, 2, 3, 4 с четырьмя возможными комбинациями расположения реек на задней и передней точках. Согласно правилу, указанному выше, превышения на этих станциях будут соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1; \\ h_2 &= a_2 - (-b_2) = a_2 + b_2; \\ h_3 &= (-a_3) - (-b_3) = b_3 - a_3; \\ h_4 &= (-a_4) - b_4 = -(a_4 + b_4). \end{aligned} \right\} \quad (5.37)$$

При нивелировании между реперами  $A$  и  $B$ , имеющими известные отметки  $z_A$  и  $z_B$ , нивелирный ход прокладывают в одном направлении и высотную невязку определяют по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{изм}} - (z_B - z_A). \quad (5.38)$$

При замкнутом ходе нивелирование производят также в одном направлении и высотную невязку определяют по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{изм}}. \quad (5.39)$$

В висячих ходах нивелирование производят в прямом и обратном направлениях и высотную невязку определяют по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{прям}} - \sum h_{\text{обр}}. \quad (5.40)$$

При производстве геометрического нивелирования для определения отметок реперов и постоянных пунктов опорной полигонометрической сети допустимую невязку в миллиметрах вычисляют по формуле

$$f_{h \text{ доп}} \leq \pm 50 \sqrt{L}, \quad (5.41)$$

где  $L$  — длина нивелирного хода, км.

Геометрическое нивелирование, производимое для построения продольного профиля откаточного пути, выполняют по пикетам, расстояния между которыми 10 или 20 м.

При этом допустимая высотная невязка не должна превышать  $\pm 30\sqrt{L}$  мм, где  $L$  — длина нивелирного хода в сотнях метров.

Полученные высотные невязки, вычисленные по формулам (5.38) и (5.39), распределяют с обратным знаком между измеренными превышениями.

При нивелировании в прямом и обратном направлениях распределяют только половину невязки, полученной по формуле (5.40).

По известной отметке исходной (начальной) точки и исправленным превышениям вычисляют отметки всех нивелируемых точек по формуле

$$z_i = z_{i-1} + h. \quad (5.42)$$

*Тригонометрическое нивелирование* применяют в горных выработках с углом наклона более  $8^\circ$ . Инструментами для производства тригонометрического нивелирования являются теодолит и стальная рулетка.

Пусть требуется определить превышение  $h_{AB}$  точки  $B$  над точкой  $A$  (рис. 5.28). Для этого под точкой  $A$  центрируют теодолит, а от точки  $B$  подвешивают отвес, на котором отмечают точку визирования  $b$  и измеряют ее высоту  $V = Bb$ . Кроме того, измеряют высоту инструмента  $i$ , т. е. расстояние от точки  $A$  до оси вращения зрительной трубы теодолита. Затем известным способом измеряют угол наклона  $\delta$  по направлению линии визирования, а при помощи стальной рулетки измеряют наклонное расстояние  $L$ .

Превышение вычисляют по формуле

$$h_{AB} = L \sin^2 \delta + V - i. \quad (5.43)$$

Для контроля это превышение измеряют и в обратном направлении. Разность между превышениями, определенными в прямом и обратном направлениях, не должна превышать величины  $0,05L$  см, где  $L$  — длина линии, м.

При расположении точек  $A$  и  $B$  в почве выработки соответствующие величины  $i$  и  $V$  в формуле (5.43) имеют обратные знаки, т. е.

$$h_{AB} = L \sin^2 \delta + i - V. \quad (5.44)$$

Высотная невязка в ходах тригонометрического нивелирования не должна превышать следующие величины: в опорных сетях  $\pm 10\sqrt{n}$  мм, в съемочных сетях 1-го разряда  $25\sqrt{n}$  м и в съемочных сетях 2-го разряда  $50\sqrt{n}$  мм, где  $n$  — число сторон хода.

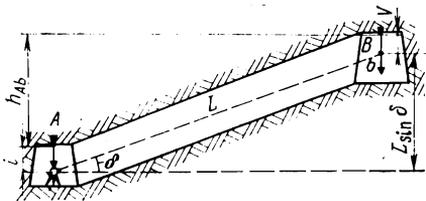


Рис. 5.28. Схема тригонометрического нивелирования

## § 63. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости

### Задание направления прямолинейной выработке

Для проведения прямолинейной подземной горной выработки прежде всего необходимо указать в шахте место ее начала и направление.

Исходные данные для решения этой задачи определяют графическим способом по проектным чертежам. В ответственных случаях эти данные определяют аналитическим способом, используя известные координаты точек подземной теодолитной съемки и проектный дирекционный угол направления горной выработки.

Пусть от точки  $A$  существующей горной выработки (рис. 5.29) требуется провести новую горную выработку по проектному направлению  $AB$  в горизонтальной плоскости. Для графического определения исходных данных на плане транспортиром измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , а при помощи масштабной линейки — расстояние  $d$  от ближайшей маркшейдерской точки  $18$  до начальной точки  $A$  на оси проводимой выработки.

В точке  $18$  устанавливают теодолит и от направления на точку  $17$  откладывают угол  $\beta_1$ . По полученному направлению рулеткой откладывают горизонтальное расстояние  $d$  и в кровле выработки временным маркшейдерским знаком отмечают исходную осевую точку  $A$  проводимой горной выработки. Затем в точке  $A$  центрируют теодолит, при помощи которого откладывают угол  $\beta_2$ . При этом возможно, что расстояние от точки  $A$  до стенки горной выработки окажется меньше ближнего предела визирования в зрительную трубу. В этом случае вместо угла  $\beta_2$  откладывают угол  $\beta_2 + 180^\circ$  и закрепляют в кровле выработки точку  $K$ . При этом линия, проходящая через отвесы, опущенные с точек  $K$  и  $A$ , обозначит временное направление оси проводимой горной выработки в горизонтальной плоскости. Этим направлением пользуются для проведения только начальной части выработки не более чем на 8—10 м, после чего необходимо задать выработке более точное фиксированное направление. С этой целью над точкой  $A$  вновь устанавливают теодолит, откладывают от направления  $A-18$  угол  $\beta_2$  и по направлению визирной линии теодолита в кровле пройденной начальной части выработки отмечают осевую точку  $c_1$ . Затем в створе отвесов  $A$  и  $c_1$  в кровле выработки через 1—3 м закрепляют еще две точки  $a_1$  и  $b_1$ .

Фиксированное направление проводимой горной выработки располагают по ее оси на одинаковом расстоянии  $l$  от стенок или параллельно оси выработки на расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от сте-

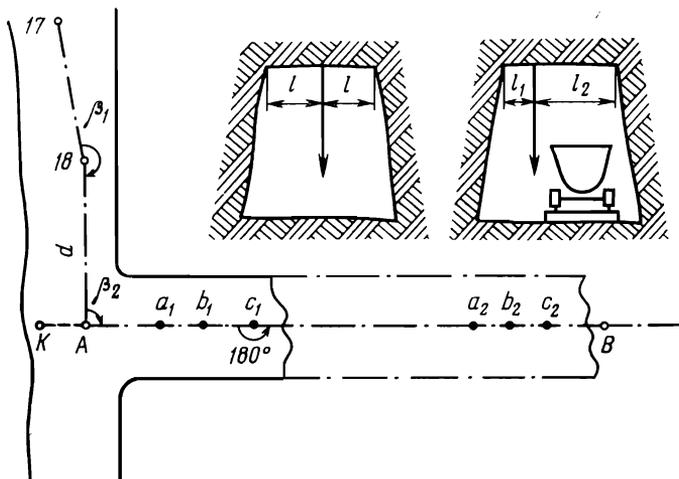


Рис. 5.29. Задание направления прямолинейной выработке в горизонтальной плоскости

нок. Указанные расстояния заданного направления от стенок выработки называются «скобами».

По мере подвигания забоя горной выработки с закрепленных точек  $a_1$ ,  $b_1$  и  $c_1$  опускают отвесы (желательно светящиеся типа ОС-1), становятся за отвесом  $a_1$  и на продолжении створа отвесов  $a_1$ ,  $b_1$  и  $c_1$  на кровле около забоя мелом отмечают точку и от нее, откладывая заданные «скобы», проверяют правильность проведения выработки в горизонтальной плоскости. Указанная проверка осуществляется при разметке положения шпуров, проверке площади сечения выработки вчерне и установке крепи.

Выставленными маршейдером точками  $a_1$ ,  $b_1$  и  $c_1$  проходчики могут пользоваться до удаления забоя от передней точки  $c_1$  на 20—30 м, после чего проверка направления пройденной части горной выработки производится маркшейдером инструментально и осуществляется перенос отвесов ближе к забою. Для этого устанавливают теодолит в точке  $c_1$ , визируют на точку А, откладывают угол  $180^\circ$  и по направлению визирной линии закрепляют вторую группу осевых точек  $c_2$ ,  $b_2$  и  $a_2$  в порядке, изложенном выше.

Задание направления проводимой прямолинейной горной выработке может быть осуществлено также и световым указателем направления. Наиболее современным является лазерный указатель направления ЛУН-3 (рис. 5.30), который используется также при настилке откаточных путей, монтаже конвейеров, контроле за креплением выработок и т. п.

Прибор питается от сети переменного тока через стабилизатор напряжения; его масса 45 кг.

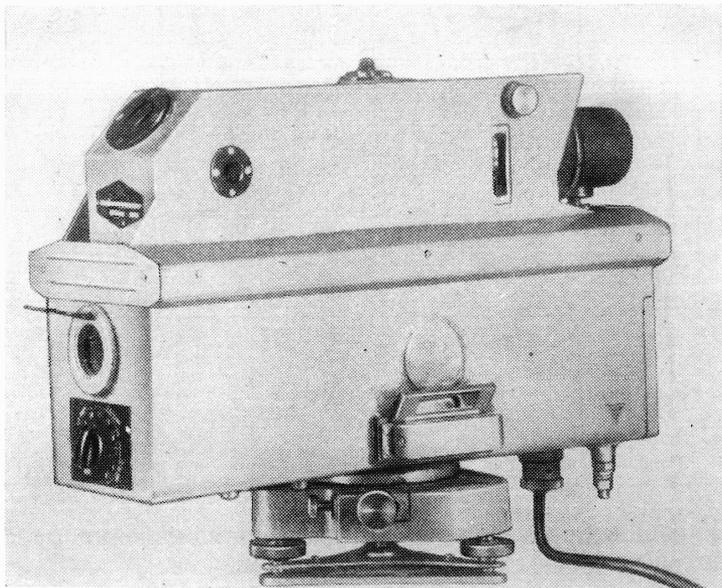


Рис. 5.30. Лазерный указатель направления ЛУН-3

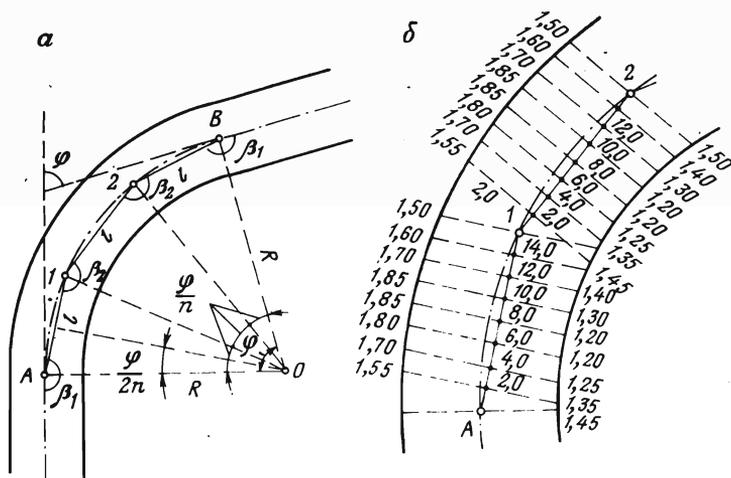


Рис. 5.31. Задание направления криволинейной части выработки в горизонтальной плоскости:

*a* — замена криволинейной части оси выработки хордами; *б* — определение положения стенок способом перпендикуляров (ординат)

ЛУН-3 крепится на специальном кронштейне к боковой стенке или кровле выработки. Он создает узкий световой пучок красного цвета, отчетливо видимый на расстоянии до 1000 м. Максимальный диаметр световой марки 80 мм.

Исполнение прибора — рудничное, взрывобезопасное.

### Задание направления криволинейной части выработки

При проведении криволинейного участка  $AB$  выработки (рис. 5.31,  $a$ ) с радиусом закругления  $R$  и углом поворота  $\varphi$  задание направления круговой линии ее оси осуществляют по направлениям вписанных в нее хорд одинаковых длин.

Выбрав минимально возможное число хорд  $n$  (на рис. 5.31  $n=3$ ), находят значение центрального угла для одной хорды, равное  $\varphi/n$ . При этом длина хорды определяется формулой

$$l = 2R \sin \varphi/2n. \quad (5.45)$$

Внутренние углы  $\beta_1$  при начальной  $A$  и конечной  $B$  точках кривой и углы  $\beta_2$  при промежуточных точках  $1$  и  $2$  вычисляются по формулам:

$$\beta_1 = 180^\circ - \varphi/2n \text{ и } \beta_2 = 180^\circ - \varphi/n. \quad (5.46)$$

Таким образом, задание направления криволинейной выработки в горизонтальной плоскости осуществляют, как и для прямолинейной выработки, используя прямолинейные направления отдельных хорд  $A-1$ ,  $1-2$  и  $2-B$ . Однако при этом величины «скоб» непостоянны, так как расстояния стенок выработки от хорд по их длине меняются.

Для соблюдения заданного проектом положения контуров криволинейной выработки относительно хорд маркшейдером составляется схема проведения в крупном масштабе (1:20—1:50), изображенная на рис. 5.31,  $b$ . На этой схеме наносят проектное положение контуров криволинейной выработки, по вычисленным значениям длин хорд  $l$  и горизонтальным углам  $\beta_1$  и  $\beta_2$  между ними строится многоугольник  $A-1-2-B$  и через определенные расстояния (1—2 м) к его сторонам (хордам) восставляют перпендикуляры до стенок выработки. На этой схеме отмечают измеренные графически значения этих перпендикуляров (ординат).

До начала проведения криволинейной части выработки маркшейдер в точке  $A$  (начале кривой) теодолитом откладывает угол  $\beta_1$  и задает направление первой хорде  $A-1$ . При проведении выработки на участке  $A-1$  проходчики пользуются этим направлением и значениями ординат, приведенными в схеме проведения. Затем маркшейдер в точке  $1$  откладывает угол  $\beta_2$  и задает направление второй хорде  $1-2$ . Проходчики, пользуясь этим новым направлением и значениями ординат (по той же схеме), продолжают проведение выработки и т. д.

## § 64. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости

Для задания горной выработке направления в вертикальной плоскости, а также при настилке путей с заданным уклоном  $i$  или углом наклона  $\delta$  используют разного рода шаблоны, изготавливаемые на месте.

Наибольшее распространение получил ватерпас с отвесом (рис. 5.32, *a*), представляющий собой брус длиной  $l$  около 2 м, на котором перпендикулярно к нему укреплена стойка с отвесом. По концам бруса снизу прикрепляют «подушки». При заданном в проекте значении уклона  $i$  проводимой выработки высоты  $h_1$  и  $h_2$  на концах бруса выбирают таким образом, чтобы было соблюдено условие

$$i = \frac{h_1 - h_2}{l}. \quad (5.47)$$

Ватерпас ставят на головку рельса или на доску, уложенную на очищенную почву меньшей «подушкой» в сторону подъема выработки. Если выработка имеет заданный уклон  $i$ , то отвес ватерпаса будет стоять на отметке  $o$  бруса.

При больших углах наклона выработки для этой цели пользуются шаблоном в виде прямоугольного треугольника (рис. 5.32, *b*) с острым углом  $\delta$ , равным заданному проекту углу наклона выработки.

Если пузырек накладного уровня находится на середине, то угол наклона головки рельса или почвы выработки равен заданному углу  $\delta$ .

Контроль правильности проведения выработки или укладки рельсовых путей в вертикальной плоскости на участке  $1-2$  может быть осуществлен при помощи боковых реперов  $R_1$  и  $R_2$ , закладываемых на стенках выработки (рис. 5.33) так, чтобы соединяющая их линия имела заданный для этой выработки проектный уклон  $i$ .

Пусть точка  $1$  имеет проектную отметку  $z_1$  и требуется между точками  $1$  и  $2$  на расстоянии  $l$  задать выработке направление в вертикальной плоскости с проектным уклоном  $i$ . Для этого на высоте  $h$  от точки  $1$  закрепляют репер  $R_1$ . Между точками  $1$  и  $2$  устанавливают нивелир и по рейке, расположенной над репером  $R_1$ , берут отсчет  $a$ . Над точкой  $2$  отмечают горизонт инструмента в точке  $A$  и от нее, отложив вниз отрезок  $(a + il)$ , определяют место закладки репера  $R_2$ .

Проектное положение почвы выработки или головки рельса на участке между реперами  $R_1$  и  $R_2$  определяется расстоянием  $h$ , отложенным вниз от линии  $R_1R_2$ .

При углах наклона  $\delta > 5-8^\circ$  задание направления выработкам в вертикальной плоскости может быть осуществлено при помощи теодолита.

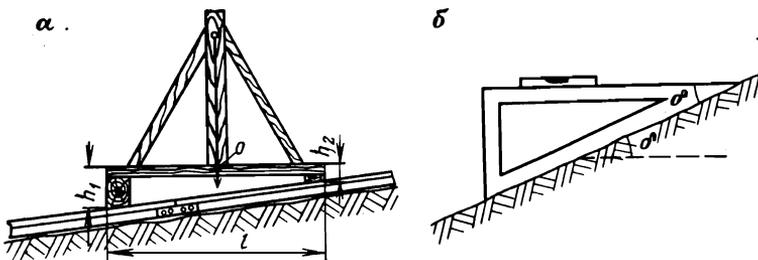


Рис. 5.32. Шаблоны для задания направления горной выработки в вертикальной плоскости

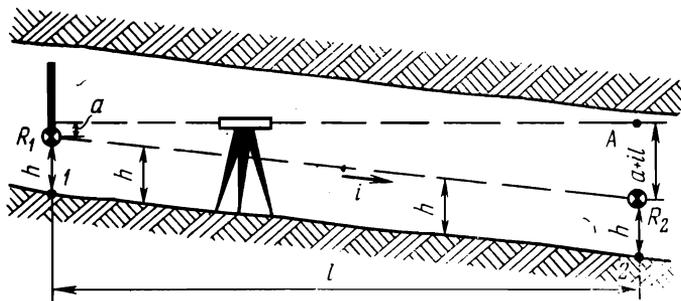


Рис. 5.33. Задание и контроль за уклоном выработки боковыми реперами

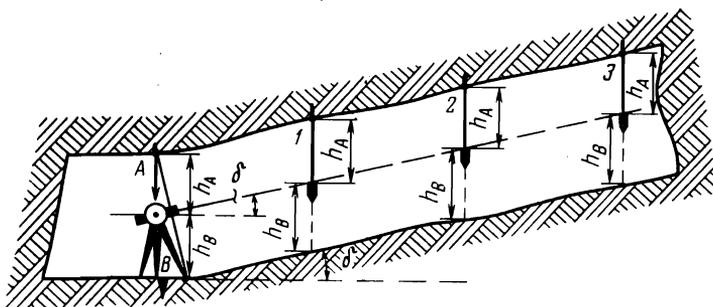


Рис. 5.34. Задание направления выработки в вертикальной плоскости при помощи теодолита

Пусть (рис. 5.34) точка  $A$  в кровле и точка  $B$  в почве начала наклонной выработки имеют отметки, соответствующие проектным. Для задания наклонной выработке направления в вертикальной плоскости под точкой  $A$  центрируют теодолит, измеряют высоты  $h_A$  и  $h_B$  и ориентируют трубу теодолита в горизонтальной плоскости по оси выработки. По вертикальному кругу устанавливают отсчет (с учетом значения места нуля), соответствующий проектному углу наклона  $\delta$  выработки, и визируют на отвес  $3$ . При этом отвес перемещают по высоте до совмещения верха его головки со средней нитью сетки нитей. Аналогичным образом в створе визирной оси трубы закрепляют отвесы  $2$  и  $1$ .

Для определения проектного положения почвы и кровли от головки отвесов вниз по вертикали откладывают величину  $h_B$  и вверх — величину  $h_A$ .

## § 65. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок встречными забоями

Для ускорения работ горные выработки часто проходят двумя забоями, идущими навстречу или догоняющими в одном направлении друг друга. Эти случаи проведения горных выработок называют с б о й к а м и.

Задачи маркшейдерской службы при выполнении этих работ весьма ответственны, так как точность сбойки полностью зависит от точности маркшейдерских измерений и вычислений.

Методика маркшейдерских работ зависит от допустимой погрешности сбойки, устанавливаемой в зависимости от назначения и вида проводимой горной выработки.

Несмотря на многообразие встречающихся в маркшейдерской практике случаев сбоек, их можно разделить на три основные группы:

1) сбойки, проводимые в пределах одной и той же шахты, т. е. сбойки выработок, сообщающихся между собой под землей;

2) сбойки, проводимые между разными шахтами, не сообщающимися между собой;

3) сбойки вертикальных выработок.

Перед началом этих работ маркшейдер составляет проект, в котором исходя из требуемой точности сбойки устанавливает необходимую точность и методику угловых, линейных и высотных измерений. За ожидаемую погрешность смыкания забоев принимают утроенное значение расчетной средней квадратической погрешности.

Ниже рассматриваются этапы маркшейдерских работ при указанных выше трех основных видах сбоек.

**Сбойки горизонтальных и наклонных выработок, проводимых в пределах одной шахты**

В качестве примера возьмем случай (рис. 5.35), когда между полевыми штреками № 1 и 2 пройден орт № 1 и по проекту на расстоянии  $l$  от него требуется встречными забоями между точками  $A$  и  $B$  провести орт № 2. Для этого в первую очередь от концов орта № 1 вдоль штреков № 1 и 2 откладывают заданное проектом расстояние  $l$  и в кровле закрепляют точки  $A$  и  $B$ . Дальнейшие этапы работ следующие.

Первый этап. Между точками  $A$  и  $B$ , используя существующие маркшейдерские пункты 1, 2, 3, 4 и 5, прокладывают полигонометрический разомкнутый ход  $A-1-2-3-4-5-B$  с измерением в прямом и обратном направлениях длин сторон и горизонтальных углов между ними. Приняв известные координаты  $x_1, y_1$  точки 1 и дирекционный угол направления 1—2 за исходные, вычисляют дирекционные углы всех сторон, в том числе ( $A-1$ ) и ( $B-5$ ) и координаты  $x, y$  всех вершин хода, в том числе  $x_A, y_A, x_B, y_B$ .

Второй этап. Под пунктами  $A$  и  $B$  на головке рельсов отмечают точки  $A'$  и  $B'$ . Между пунктами  $A'$  и  $B'$  производят геометрическое нивелирование в прямом и обратном направлениях и определяют их высотные отметки  $z_{A'}$  и  $z_{B'}$ .

Третий этап. Вычисляют углы  $\beta_A$  и  $\beta_B$  и уклон  $i_{A'B'} = -i_{B'A'}$  для задания направленной оси сбойки  $AB$  (или  $BA$ ) в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для этого сначала вычисляют дирекционный угол оси сбойки  $AB$  по формуле

$$\text{tg}(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A},$$

а затем вычисляют углы  $\beta_A$  и  $\beta_B$  из выражений:

$$\beta_A = (AB) - (A1) \text{ и } \beta_B = (BA) - (B5).$$

Уклон оси выработки  $AB$  вычисляют по формуле

$$i_{A'B'} = \frac{z_{B'} - z_{A'}}{l_{AB}}, \quad (5.48)$$

$$\text{где } l_{AB} = \frac{x_B - x_A}{\cos(AB)} = \frac{y_B - y_A}{\sin(AB)}$$

горизонтальная проекция расстояния между точками  $A$  и  $B$ .

Четвертый этап. Производят вынос оси сбойки в

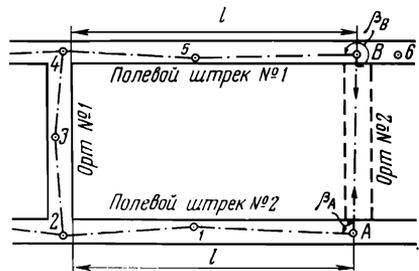


Рис. 5.35. Сбойка орта № 2 между полевыми штреками № 1 и 2

шахту. Для этого в точке  $A$  откладывают горизонтальный угол  $\beta_A$ , а в точке  $B$  — горизонтальный угол  $\beta_B$ , по которым задают проводимому орту с обоих его концов направления в горизонтальной плоскости. Контроль за правильностью проведения орта в вертикальной плоскости осуществляют по вычисленному уклону  $i_{A'B'}$ .

### Сбойки горизонтальных и наклонных выработок, не сообщающихся между собой

В качестве характерного примера (рис. 5.36) рассмотрим этапы маркшейдерских работ при проведении встречными забоями квершлага между двумя вертикальными шахтными стволами № 1 и 2, один из которых (ствол № 1) пройден до проектного горизонта и имеет околоствольный двор, а другой (ствол № 2) находится в стадии проходки.

Первый этап. Проектную отметку расчески околоствольного двора шахты № 1 и величину углубки ствола шахты № 2 определяют так.

1. Закладывают реперы  $R_1$  и  $R_2$  на поверхности, репер  $R_3$  в околоствольном дворе шахты № 1 и репер  $R_4$  в стенке ствола шахты № 2 вблизи забоя.

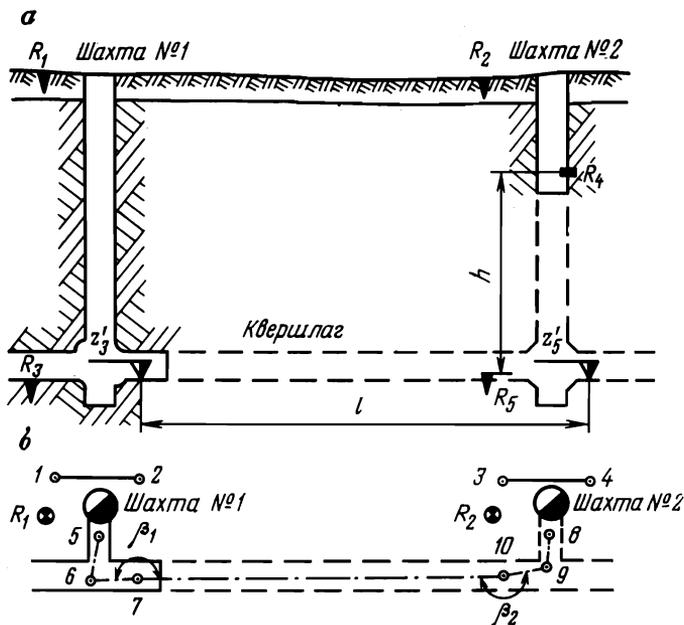


Рис. 5.36. Схема сбойки квершлага между стволами шахт № 1 и 2:  
а — вертикальный разрез; б — план

2. Прокладывают замкнутый ход геометрического нивелирования между реперами  $R_1$  и  $R_2$  и определяют их отметки  $z_{R_1}$  и  $z_{R_2}$ .

3. Передают высотные отметки с поверхности на реперы  $R_3$  и  $R_4$  и определяют их отметки  $z_{R_3}$  и  $z_{R_4}$ .

4. Передают от репера  $R_3$  отметку на плиту, расположенную в околоствольном дворе шахты № 1, и определяют ее отметку  $z_3$ . По отметке  $z_3$ , проектной длине квершлага  $l$  и его проектному уклону  $i$  вычисляют отметку  $z_5$  плиты в околоствольном дворе шахты № 2 по формуле

$$z_5' = z_3' + il. \quad (5.49)$$

5. Вычисляют величину углубки ствола шахты № 2 из выражения

$$h = z_{R_1} - z_5'.$$

Второй этап. После углубки ствола шахты № 2 на величину  $h$  и расчески ее околоствольного двора производят ориентирование обеих шахт. Для этого между подходными пунктами 1 и 2 на поверхности шахты № 1 и пунктами 4 и 3 на поверхности шахты № 2 прокладывают замкнутый полигонометрический ход, привязанный к ближайшим пунктам опорной сети, определяют координаты  $x, y$  этих пунктов и дирекционные углы (1—2) и (3—4). Через стволы шахт № 1 и 2 производят ориентирование, в результате чего определяют координаты  $x, y$  пунктов 5, 6 и 7 и дирекционный угол (6—7) стороны в околоствольном дворе шахты № 1, а также координаты  $x, y$  пунктов 8, 9 и 10 и дирекционный угол (9—10) стороны в околоствольном дворе шахты № 2. При этом пункты 7 и 10 закрепляют на оси сбойки проводимого квершлага.

Третий этап. Вычисляют дирекционный угол оси сбойки (7—10) по формуле

$$\text{tg}(7-10) = \frac{y_{10} - y_7}{x_{10} - x_7},$$

а затем горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  из выражений:

$$\beta_1 = (7-10) - (7-6); \quad \beta_2 = (10-7) - (10-9).$$

Отложив при точках 7 и 10 углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и закрепив по отложенным направлениям по три точки, маркшейдер указывает проходчикам направление оси встречных забоев квершлага в горизонтальной плоскости. Направление в вертикальной плоскости задается по проектному уклону  $i$  квершлага. По мере подвигания забоев маркшейдер производит съемку пройденных частей квершлага и в случае необходимости корректирует направление оси выработки и осуществляет контроль за правильностью проведения квершлага согласно заданному направлению.

### Задание направления шурфу

Пусть (рис. 5.37) на поверхности требуется указать место заложения центра вертикального шурфа  $O$ , проходка которого должна быть осуществлена с условием соединения его оси с точкой  $9$  подземной выработки. Маркшейдерские работы в этом случае состоят из следующих этапов.

Первый этап. В подземной выработке точку  $9$  включают в полигометрическую сеть  $5-6-7-8-9$ . Измерив горизонтальные углы и длину сторон этой сети, вычисляют координаты  $x_9, y_9$  точки  $9$ .

Второй этап. На земной поверхности, начиная от пункта  $B$  опорной сети, прокладывают полигометрический ход  $Bab$  таким образом, чтобы точка  $b$  была расположена вблизи предполагаемого места закладки шурфа. По результатам измерений и вычислений определяют координаты  $x_b, y_b$  точки  $b$  и дирекционный угол  $(ba)$  стороны  $ba$ .

Третий этап. Учитывая, что, согласно условию задачи, координаты центра шурфа  $O$  равны координатам подземного пункта  $9$ , т. е.  $x_O = x_9$  и  $y_O = y_9$ , по известным координатам точек  $b$  и  $9$  ( $O$ ) вычисляют дирекционный угол  $(bO) = (b9)$  и горизонтальную проекцию  $l_{bO} = l_{b9}$  линии  $bO$  по формулам:

$$\operatorname{tg}(bO) = \operatorname{tg}(b9) = \frac{y_9 - y_b}{x_9 - x_b};$$

$$l_{bO} = l_{b9} = \frac{y_9 - y_b}{\sin(bO)} = \frac{x_9 - x_b}{\cos(bO)}.$$

Затем вычисляют горизонтальный угол

$$\beta_1 = (bO) - (ba).$$

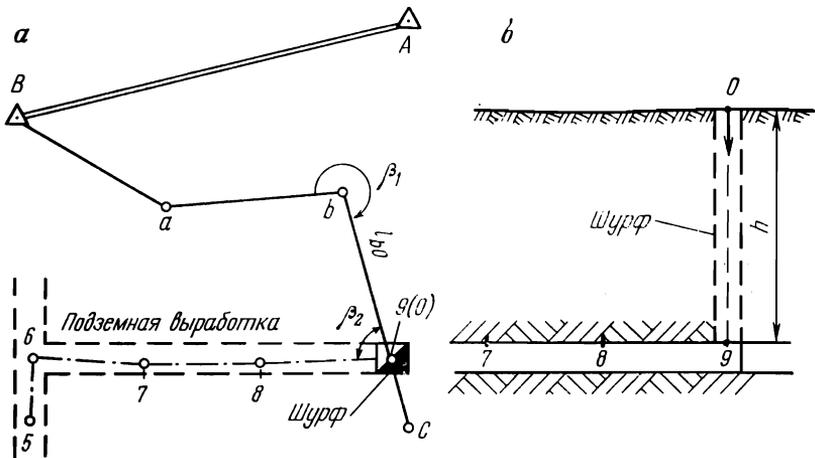


Рис. 5.37. Схема задания направления шурфу:

а — план; б — вертикальный разрез по осям подземной выработки и шурфа

Четвертый этап. В точке  $b$  на поверхности устанавливают теодолит и от направления  $ba$  по ходу движения часовой стрелки откладывают вычисленный угол  $\beta_1$ . По полученному направлению визирной линии трубы выставляют вежу в точке  $C$  и, отмерив горизонтальное расстояние  $l_{b0}$ , получают искомый центр  $O$  проходимого шурфа. Для определения направления одной из осей шурфа на поверхности в точке  $O$  откладывают угол  $\beta_2$ , вычисляемый по формуле

$$\beta_2 = (Ob) - (g - \delta).$$

Глубину шурфа определяют по разности отметок точек  $O$  и  $g$ , т. е.

$$h = z_O - z_g.$$

В процессе проходки шурфа маркшейдер осуществляет контроль за соблюдением вертикальности его оси и размеров проектного поперечного сечения.

### Задание направления горной выработке на сбойку со скважиной

Для прокладки кабеля, осуществления водоотлива, вентиляции и для других целей с поверхности бурят специальные скважины до подземной горной выработки. Однако вследствие искривления эти скважины отклоняются от заданного им направления и иногда не попадают в намеченное место горной выработки.

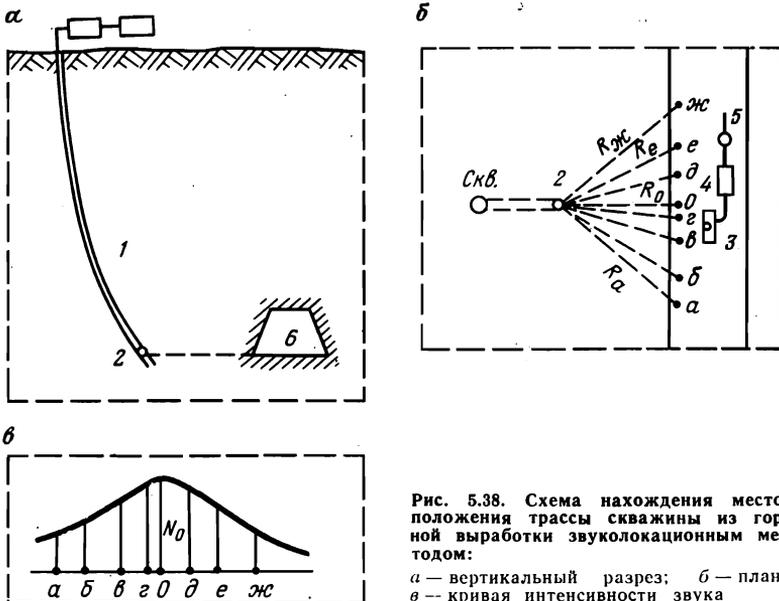


Рис. 5.38. Схема нахождения местоположения трассы скважины из горной выработки звуколокационным методом:

$a$  — вертикальный разрез;  $б$  — план;  $в$  — кривая интенсивности звука

ботки. Чтобы отыскать трассу такой скважины и направить на нее выработку, применяют звукометрический прибор ПОС-2. С этой целью в скважину 1 (рис. 5.38, а) опускают источник звука 2 на уровень горной выработки б. В точках а, б, в, г, д, е и ж выработки (рис. 5.38, б) измеряют интенсивность звука  $N$  прибором, состоящим из звукоприемника 3, усилителя 4 и индикатора 5.

По показаниям индикатора строят диаграмму интенсивности звука (рис. 5.38, в) и определяют положение точки  $O$ , в которой интенсивность звука максимальна. Следовательно, направление  $R_0$ , перпендикулярное к стенке выработки в точке  $O$ , является кратчайшим для сбойки с трассой скважины. Чем больше расстояние  $R_0$ , тем меньше точность сбойки. Опытом установлено, что при  $R_0 = 15$  м погрешность сбойки составляет около  $\pm 2$  м.

## § 66. Съёмка нарезных и очистных горных выработок

Нарезные и очистные горные работы на угольных и рудных шахтах существенно отличаются друг от друга. На рудных шахтах эти работы в зависимости от применяемой системы разработки имеют различный характер и более сложны. Однако во всех случаях нарезные и очистные горные выработки имеют сравнительно небольшие протяженности и производственные требования к точности их проведения более низкие, поэтому их съёмка может быть произведена с пониженной точностью упрощёнными инструментами.

При отработке блока маркшейдер задаёт направления и осуществляет контроль за проведением горных выработок и проходкой глубоких взрывных скважин в соответствии с проектом, а также составляет и пополняет графическую маркшейдерскую документацию (поэтажные планы, разрезы вкрест простирания и по простиранию, проекции блока на вертикальную плоскость).

Съёмку очистных забоев или замеры выработанного пространства выполняют по состоянию на первое число каждого месяца и на момент погашения очистных выработок. При этом маркшейдер производит ориентирование всех подэтажных горизонтов, передачу высотной отметки  $z$  на эти горизонты, теодолитную (угломерную) съёмку и нивелирование всех подэтажных и нарезных выработок.

Для задания направлений подэтажным и нарезным выработкам исходными являются пункты теодолитных ходов 2-го разряда, а также реперы, закрепленные в подэтажных выработках. Необходимые при этом угловые и линейные величины определяются графически на плане и по проектным чертежам.

Определение проектного положения глубоких взрывных скважин в натуре и контрольную съемку их выполняют от точек съемочных ходов, пройденных по выработкам горизонта верхней подсечки.

*Инструменты для съемки нарезных и очистных выработок.* В настоящее время наиболее распространенными инструментами для съемки доступных нарезных и очистных выработок являются угломеры У-3, УТГ, УТБ, УТ-3 и др.

Угломер У-3 предназначен для съемки очистных и вспомогательных выработок с углом падения до  $70^\circ$ . Он является простейшим угломерным инструментом с горизонтальным кругом, вертикальным полукругом и оптической зрительной трубой. Зрительная труба вместе с подставкой может вращаться в вертикальной плоскости. Горизонтальный круг и вертикальный полукруг имеют деления через  $1^\circ$ . Отсчеты по ним берут против неподвижных индексов с точностью  $15'$ . Ось вращения инструмента приводится в вертикальное положение при помощи круглого уровня. Угломер У-3 может устанавливаться на штативе и на консоли.

Угломер-тахеометр горный УТГ (рис. 5.39) представляет собой усовершенствованный угломер У-3. Его зрительная труба снабжена дальномером двойного изображения с коэффициентом дальномера  $k=500$ , позволяющим измерять расстояния до 45 м с относительной погрешностью  $1:100-1:200$ .

В комплект прибора кроме самого инструмента входят распорные колонки с консолью и фиксатором, а также дальномерная рейка, представляющая собой прямоугольную стеклянную

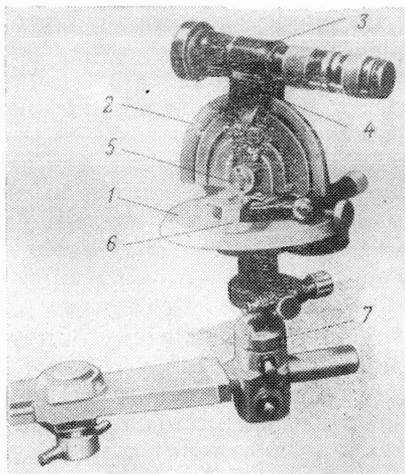


Рис. 5.39. Угломер УТГ:

1 — горизонтальный круг; 2 — вертикальный круг; 3 — труба; 4 — кронштейн; 5 — горизонтальная ось; 6 — индекс; 7 — шарнирное крепление с осью

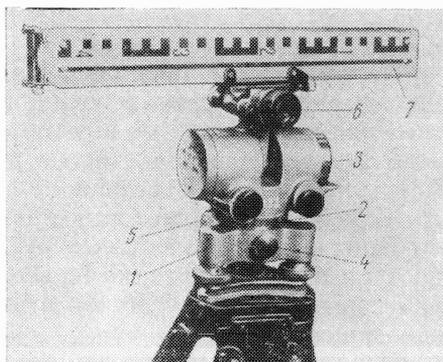


Рис. 5.40. Угломер-тахеометр УТ-3 с дальномерной рейкой

пластинку, на которой нанесены горизонтальные штрихи и шапечные деления.

Измерение расстояния при помощи этого дальномера сводится к определению по рейке величины смещения двойного изображения.

Горизонтальный круг и вертикальный полукруг имеют деления через  $1^\circ$ . Десятые доли градусов оцениваются на глаз. Угломер-тахеометр УТГ предназначен для производства угловых измерений в съемочных сетях 2-го класса, а также для съемки очистных выработок на маломощных пластах.

Угломер-тахеометр УТ-3 (рис. 5.40) представляет собой повторительный угломер с нитяным дальномером. Он состоит из подставки 1, горизонтального 2 и вертикального 3 кругов, зрительной трубы 6, зажимного 4 и микрометричного 5 винтов и дальномерной рейки 7.

Зрительная труба угломера расположена эксцентрично по отношению к горизонтальной оси ее вращения и имеет дополнительную окулярную трубку, что позволяет визировать под любым углом наклона.

Нитяным дальномером можно измерить расстояние до 30—40 м с точностью  $1:200$ — $1:100$ . Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам берут с точностью до  $\pm 1'$ . Инструмент может устанавливаться на штативе, консоли или распорной колонке.

Угломер УТ-3 предназначен для съемки доступных очистных выработок, ориентировки подэтажей и передачи высотной отметки на подэтажные выработки.

В угольных и некоторых рудных шахтах при отсутствии магнитных масс пока еще применяются подвесные буссоль и полукруг, описание которых приведены в § 18.

При разработке мощных рудных тел иногда образуются недоступные подземные камеры больших размеров. Съемку характерных контурных точек этих камер производят приборами, основанными на следующих принципах.

При тахеометрическом принципе на снимаемую точку стенки камеры направляют световой сигнал (вместо рейки) от прибора, установленного около камеры, и направляют визирную линию трубы на эту световую точку. Горизонтальный и вертикальный углы этого направления измеряют угломерной частью прибора, а расстояние до точки измеряют безреечным дальномером двойного изображения. К таким приборам относятся «Телемарк», «Телетоп», ВРТ-006, тахеометр проекционный базисный ТПБ и др.

Фотограмметрический принцип основан на определении пространственного положения снимаемых точек по данным измерений их изображений на парных фотоснимках (стереоснимках). Для этой цели используют спаренные фотокамеры, укрепленные на базисной штанге постоянной длины.

Звуколокационный принцип основан на определении расстояния до стенки камеры по времени прохождения звука от прибора до снимаемой точки и обратно. К таким приборам относятся УЗП-2, ЗПР-2 и станция «Луч», которая нашла применение при профилировке стволов и рудоспусков, а также съемке подземных пустот, заполненных соляным раствором и т. д.

### Способы съемок очистных забоев

В зависимости от горнотехнических условий положение очистных забоев определяют инструментальной съемкой или измерением рулеткой от пунктов съемочной сети. Во всех случаях погрешность определения положения линии забоя и ее подвигания за месяц не должна превышать 1 : 100.

При разработке пологих пластов съемку очистного забоя производят следующим образом (рис. 5.41). Между известными пунктами № 34 (откаточного штрека) и № 18 (вентиляционного штрека) прокладывают угломерный ход 1—2—3—4—...—*n* с расстоянием между точками 20—25 м. Горизонтальные и вертикальные углы измеряют угломером одним полуприемом, а расстояния между вершинами хода — дальномером или тесьмянной рулеткой. От вершин хода измеряют ординаты до забоя. Одновременно производят геологическую документацию забоя.

Привязку угломерного хода на откаточном штреке осуществляют измерением углов  $\varphi$  и  $\beta$  и длины стороны *a*.

Угломерный ход наносят на план по вычисленным дирекционным углам и горизонтальным проекциям длин сторон. При этом линейная невязка хода не должна превышать 1 : 200 его периметра. От вершины хода, откладывая измеренные ординаты, строят линию забоя.

При отработке крутого пласта малой и средней мощности, разрабатываемой уступной системой, съемку очистного забоя производят рулеточным обмером (рис. 5.42). На откаточном штреке в створе пунктов *A* и *B* теодолитного хода выставляют точку *B*, от которой натягивают рулетку (или шнур) под прямым углом к линии *AB* по восстанию пласта до точки *a* вблизи нижней площадки нижнего уступа. Затем располагают рулетку параллельно нижней площадке этого уступа (по простираанию пласта) и выставляют точку *a'*. Далее аналогичным образом отмечают точки *b*, *b'*, *v*, *v'* и выходят на вентиляционный штрек до точки *E*, выставленной в створе пунктов *Г* и *Д* теодолитного хода. В процессе прокладки рулеточного хода производят съемку характерных точек уступов способом ординат. Азимутальную привязку рулеточного хода можно произвести с помощью треугольников, построенных от примычных сторон *BB'* и *EE'*. Для измерения

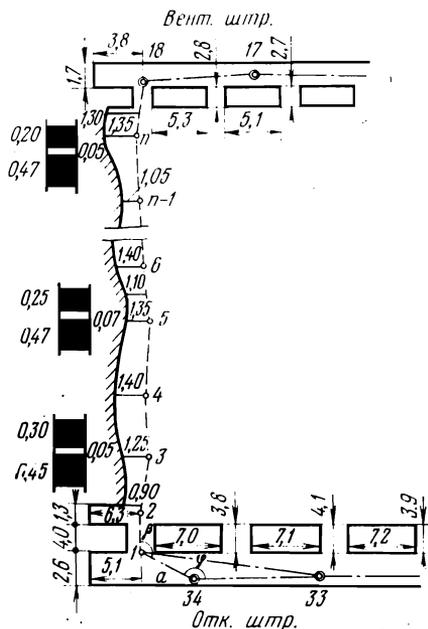
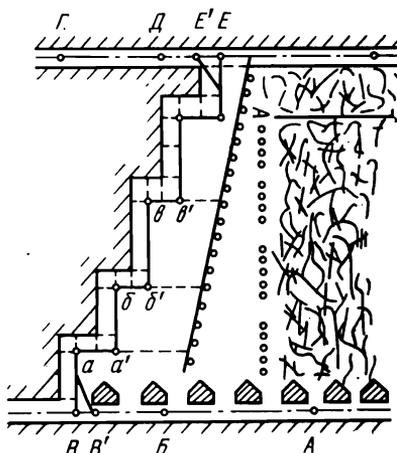


Рис. 5.41. Схема съемки очистного забоя пологого пласта с помощью угомера

Рис. 5.42. Съемка забоя крутого пласта рулеточным обмером



углов падения и простирания пласта в этих условиях применяют горный компас.

На план сначала наносят рулеточный ход и увязывают его. Затем, откладывая от него измеренные ординаты, строят линию забоя.

При разработке крутых залежей с выемкой полезного ископаемого по восстанию съемку положения очистного забоя также выполняют методом перпендикуляров от хода, проложенного при помощи висячего полукруга и рулетки.

При разработке крутых рудных тел системой с потолокоуступным забоем и магазинированием отбитой руды блоки нарезают путем проведения восстающих выработок с последующим ведением очистных работ.

Съемку очистных выработок производят в основном рулеточным обмером (рис. 5.43). В восстающих опускают отвесы из точек  $A, B$  и  $E$ , положение которых определяют от ближайших маркшейдерских пунктов. Затем из точек  $a$  и  $b$  очистного забоя опускают короткие отвесы. Между отвесами при помощи висячего полукруга натягивают горизонтальные шнуры, измеряют длины отрезков  $A'a', a''b', b''b', b''E'$  и расстояния  $AA', aa', aa'', BB', B'B'', bb', b'b''$  и  $EE'$ . От натянутых шнуров методом ординат производят съемку характерных точек линии очистного забоя в вертикальной плоскости. По данным съемки линию за-

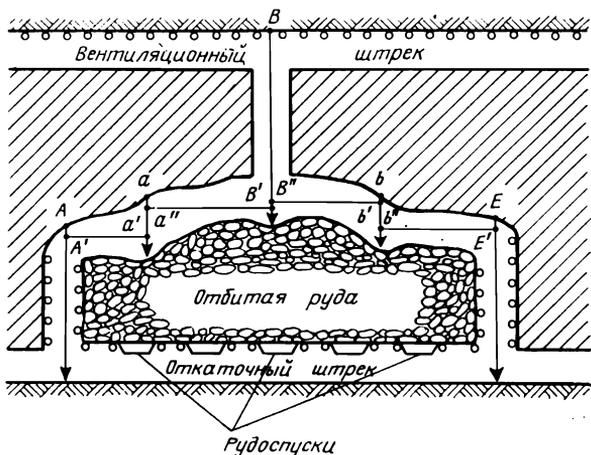


Рис. 5.43. Съемка очистного забоя при потолокоуступной системе разработки с magazинированием руды

боя изображают в вертикальном разрезе блока по простираанию или в проекции блока на вертикальную плоскость.

При системе разработки подэтажными выработками положение очистного забоя (контура камеры) определяют рулеточным обмером от пунктов съемочной сети, расположенных в подэтажных выработках. При отбойке уступа с открытых заходов положение забоя камеры определяют измерением расстояний до нескольких ее характерных точек.

При отбойке уступа шпурами без заходов съемку камеры выполняют описанными выше инструментами, предназначенными для съемки недоступных камер.

При системе разработки с принудительным этажным обрушением после взрывной отбойки обрушенный массив считают погашенным и никаких съемочных работ не производят.

### Задание направления глубоким взрывным скважинам

Качество взрывной отбойки во многом зависит от правильного расположения в массиве взрывных выработок (взрывные скважины, минные камеры), особенно при производстве массовых взрывов. Степень точности расположения центров, осей минных выработок и взрывных скважин зависит от качества разбивочных и съемочных работ, осуществляемых маркшейдерами предприятий. Погрешность задания направления оси скважины в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должна быть более  $\pm 30'$ . Глубину скважин измеряют с погрешностью не превышающей  $\pm 0,2$  м.

Определение проектного положения скважин в натуре и их контрольную съемку выполняют от точек съемочных ходов, пройденных по выработкам горизонта верхней подсечки. Глубину вертикальных скважин измеряют рулеткой или специальным тросом, на котором через каждый метр закрепляют оцифрованные марки.

При параллельном и горизонтальном расположении взрывных скважин (рис. 5.44) задача маркшейдера сводится к указанию на месте их центров устьев и направлений. Для этого на плане бурового горизонта выносят направление  $AB$ , образующее угол  $\beta$  с известным направлением  $CA$ . Вдоль линии  $AB$  наносят точки 1, 2, 3, 4 и проектное расположение скважин. Углы  $\beta$  и  $\beta_n$  измеряют графически на плане или вычисляют по разности дирекционных углов направления  $AB$  и осей скважин.

Для задания направления осей этих скважин сначала устанавливают угломерный инструмент в точке  $A$  и, откладывая угол  $\beta$ , фиксируют направление  $AB$ . Затем последовательно устанавливают угломерный инструмент в точках 1, 2, 3, 4 и, отложив угол  $\beta_n$  от направления на точку  $A$ , в направлении визирной линии трубы на боку выработки делают отметки (чаще всего мелом) центра скважин, около которых записывают их номера.

По окончании бурения выполняют контрольную съемку. В каждую скважину вставляют около 5 м буровых штанг (оставляя 2—2,5 м штанг снаружи) и по данным измерений определяют координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  устья скважины и торца штанги. По координатам этих точек вычисляют дирекционный угол и угол наклона оси каждой скважины.

При веерообразном расположении глубоких взрывных скважин (рис. 5.45) их бурят из камер, специально пройденных на границах блоков. Камеру располагают таким образом, чтобы центр ее, являющийся местом установки бурового станка, находился на пересечении линий, ограничивающих обрушаемый массив. После проходки камеры производят ее ориентирование и съемку, закрепляют точку  $C$  и определяют ее координаты. На стенках камеры укрепляют деревянные брусья. В точке  $C$  устанавливают угломерный инструмент, ориентируют его на точку 3 и последовательно откладывают углы, соответствующие проектному положению скважин в горизонтальной плоскости. Направления фиксируют закрепляемыми в брусьях точками, из которых опускают отвесы.

При бурении наклонных скважин одновременно с направлениями в горизонтальной плоскости задают угол наклона. Для этого угломерный инструмент устанавливают на одной высоте с осью вращения бурового инструмента. Закрепив отвес в заданном направлении в горизонтальной плоскости, зрительную трубу устанавливают на отсчет по вертикальному кругу, соот-

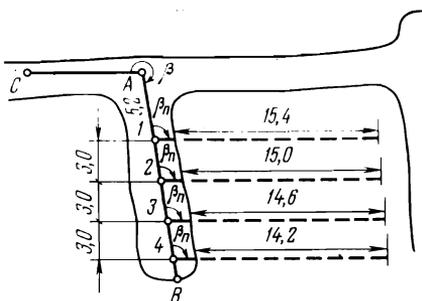
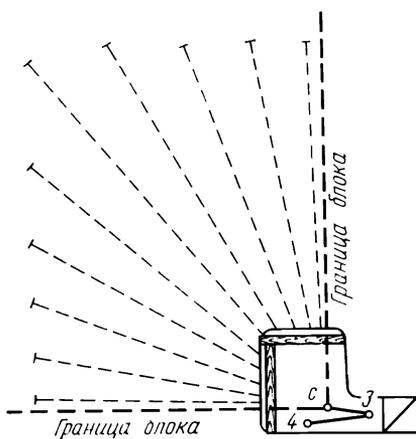


Рис. 5.44. Определение проектного положения горизонтальных взрывных скважин (числами указаны расстояния между скважинами и их длина в метрах)

Рис. 5.45. Определение проектного положения глубоких взрывных скважин, расположенных веерообразно



ветствующий проектному углу наклона оси скважин, после чего на шнуре отвеса устанавливают метку, а на стенке выработки мелом намечают точку.

По окончании бурения выполняют контрольную съемку с измерением направлений и глубины каждой скважины.

## § 67. Маркшейдерские замеры подземных горных выработок

Маркшейдерские замеры подземных горных выработок производят в конце каждого отчетного периода, но не реже одного раза в месяц. Они представляют собой упрощенные съемки и выполняются для следующих целей:

- а) определения длины и фактических площадей сечений капитальных, подготовительных и нарезных горных выработок;
- б) определения подвигания забоев и объема горно-подготовительных работ за отчетный период;
- в) установления объема очистных работ за отчетный период;
- г) получения данных, необходимых для детализации маркшейдерских планов и разрезов, учета запасов и потерь полезного ископаемого, а также уточнения его структурных и качественных характеристик.

Результаты замеров капитальных, подготовительных и нарезных горных выработок служат непосредственной основой для начисления заработной платы проходчикам, установления выполнения плана горнопроходческих работ за отчетный период и соответствия их площадей поперечного сечения принятой в проекте.

Замеры этих выработок сводятся к измерению их площадей поперечного сечения и рулеточного измерения расстояния по оси забоя до ближайшего маркшейдерского пункта. Разность

этих расстояний на конец и начало отчетного периода дает величину подвигания забоя за этот период.

Измерения площадей поперечных сечений незакрепленных выработок, обычно имеющих форму трапеции, сводятся к измерениям ширины выработок по кровле и почве, а также их высоты. В книге составляют эскизы выработок с занесением данных этих измерений.

Если горные выработки пересекают залежь на всю ее мощность, то делают ее зарисовку, на которой отмечают породные прослойки и результаты измерений полной, полезной и вынимаемой мощностей, а также места взятия проб.

Замеры очистных выработок производят в конце каждого отчетного периода и на момент погашения последних. Они состоят из следующих основных операций:

а) определения расстояний от маркшейдерских точек на откаточном и вентиляционном штреках до забоя лавы и вычисления подвигания лавы за отчетный период;

б) измерения длины лавы и контура забоя, а также мощности пласта с зарисовкой его строения и указанием размеров породных прослоек;

в) определения опережения очистного забоя откаточными и вентиляционными штреками;

г) установления величин опережения очистных забоев в соседних подэтажах (при разделении этажа на подэтажи), а также соседних слоях (при слоевой выемке).

Объем очистной выемки вычисляют по формуле

$$V = S_{\text{н}} m_{\text{св}}, \quad (5.50)$$

где  $S_{\text{н}}$  — истинная вынимаемая площадь очистного пространства за отчетный период;  $m_{\text{св}}$  — средняя вынимаемая мощность пласта.

Если вынимаемая площадь измерена по плану  $S_{\text{п}}$ , или по проекции на вертикальную плоскость  $S_{\text{в}}$ , то истинная вынимаемая площадь очистного пространства

$$S_{\text{н}} = S_{\text{п}} / \cos \delta \text{ и } S_{\text{н}} = S_{\text{в}} / \sin \delta, \quad (5.51)$$

где  $\delta$  — угол падения пласта.

*Замеры очистных выработок рудной шахты* производят с целью определения количества отбитой руды и объема образовавшихся пустот, а также отображения их состояния на планах, вертикальных проекциях и разрезах. Способы замеров и съемок зависят от геологических условий и принятой системы разработки. Объем выработанного пространства и, следовательно, добычных работ определяют на основе маркшейдерской графической документации.

В ряде случаев, когда выработанное пространство недоступно для производства более или менее точных измерений его контуров, объем добычных работ в таких камерах определяется только по данным оперативного учета добычи (см. § 45).

## Глава 6

# МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

### § 68. Общие сведения о маркшейдерских работах при различных этапах открытой разработки месторождений

Различают следующие этапы открытой разработки месторождений: подготовку карьерного поля к отработке, осушение карьерного поля, строительство карьера, эксплуатацию месторождения.

В период подготовки карьерного поля маркшейдерская служба производит комплекс съемочных работ, на основании которых проектной организацией составляются: генеральный план поверхности карьерного поля, проекты промплощадки, комплекса сооружений и зданий, а также вскрытия и разработки месторождений.

При осушении карьерного поля маркшейдерская служба осуществляет перенос с проекта в натуру геометрических элементов дренажных выработок, задает направления этим выработкам, производит их съемку и составляет соответствующую графическую документацию.

При строительстве карьера маркшейдер осуществляет контроль за соблюдением геометрических параметров зданий, сооружений и капитальных горных выработок, предусмотренных проектом.

При эксплуатации месторождения маркшейдер решает следующие задачи:

- 1) создает сети опорных пунктов и съемочного обоснования;
- 2) производит съемки всего карьера и составляет необходимую графическую документацию;
- 3) осуществляет периодическую (пополнительную) съемку участков карьера, где за отчетный период проводились горные работы, и пополняет маркшейдерскую графическую документацию;
- 4) производит съемку и документацию отвалов;
- 5) участвует в составлении различных структурных и качественных горно-геометрических графиков;
- 6) обеспечивает производство буровзрывных работ;
- 7) производит работы при проведении траншей и разбивке транспортных путей, а также обеспечивает работу отвальных мостов, роторных и шагающих экскаваторов и т. д.;

8) осуществляет контроль за полнотой выемки, а также ведет учет потерь и разубоживания полезного ископаемого;

9) определяет объем выемки горной массы и осуществляет контроль за оперативным учетом добычных и вскрышных работ;

10) производит наблюдения за устойчивостью бортов карьера и откосов отвалов, а также осуществляет контроль за правильным и безопасным ведением горных работ;

11) участвует в составлении текущих и перспективных планов горных работ и т. д.

Геологическая документация открытых разработок обычно осуществляется параллельно с маркшейдерскими съемками.

Геометрической основой для составления геологической документации является маркшейдерская графическая документация.

## **§ 69. Порядок производства и объекты маркшейдерских съемок на карьерах**

Маркшейдерские работы на карьерах по своему содержанию характеризуются большим разнообразием, оперативностью и целым рядом особенностей, что связано со специфическими условиями технологии открытых горных работ. Непрерывное перемещение больших объемов горной массы и изменение пространственной конфигурации действующего фронта горных работ, породных отвалов и других объектов во времени оказывает существенное влияние на содержание и объем маркшейдерских работ и в первую очередь работ, связанных с созданием опорного и съемочного обоснования и с производством маркшейдерских съемок.

Основным принципом производства маркшейдерских съемок на карьерах, как и при производстве других видов съемок, является принцип работ «от общего к частному». В соответствии с этим принципом маркшейдерские съемки на карьерах производят в следующем порядке.

Сначала в пределах территории экономической заинтересованности данного горного предприятия специализированными организациями создается главная опорная маркшейдерская сеть, состоящая из пунктов государственной плановой и высотной геодезической сети и геодезических сетей местного значения. Способы создания этих сетей и требования, предъявляемые к ним, приведены в § 8.

В процессе строительства и эксплуатации месторождения опорная сеть по мере необходимости сгущается маркшейдерской службой карьера. Пункты опорной сети расположены на расстоянии 0,5—5 км друг от друга. Для производства съемки необходимых объектов в пределах карьера, отвалов вскрышных

пород, промплощадки на основе пунктов опорной сети создают более густую съемочную сеть. В тех случаях, когда в районе месторождения отсутствует опорная геодезическая сеть и площадь карьерного поля не превышает 10 км<sup>2</sup>, согласно маркшейдерской инструкции [22], съемочные сети разрешается строить самостоятельно с последующей привязкой к опорной сети.

На основе пунктов съемочной сети производят съемку подробностей окружающих их характерных контуров и рельефа местности и горных выработок.

Съемку всего карьера, выполняемую обычно в конце каждого года, производят в масштабах 1 : 2000 или 1 : 5000. Пополнительную съемку в масштабах 1 : 1000 или 1 : 500 производят только на тех участках карьера, где за отчетный период были произведены вскрышные или добычные работы. Периодичность дополнительной съемки устанавливается вышестоящей организацией. Чаще всего эти съемки производят в конце каждого месяца.

Для производства угловых и линейных измерений, а также нивелировки на карьерах применяют обычные геодезические инструменты.

Объектами съемки на карьерах являются:

- а) рельеф и ситуация земной поверхности;
- б) элементы горных разработок (бровки и характерные точки откоса уступов, съездов, разрезных и других траншей), взрывные и дренажные выработки, устройства для сообщения между уступами;
- в) разведочные выработки и элементы геологического строения, видимые в натуре (устья выработок, характерные точки геологических обнажений на откосах уступов, контакты залежи полезного ископаемого, тектонические нарушения, границы участков руд различных сортов, места взятия проб и т. д.);
- г) границы опасных зон (зоны пожаров, затопленных горных выработок, оползней, обрушений и т. д.);
- д) транспортные пути в карьере и на вскрышных отвалах, отвалы вскрышных пород, хвостохранилища, а также склады полезного ископаемого;
- е) сооружения (эстакады, подвесные канатные дороги, дробильно-перегрузочные пункты, электроподстанции, установки гидромеханизации, плотины, насосные станции), линии электропередачи и т. д.

## **§ 70. Способы создания и развития съемочных сетей и определение координат $x$ , $y$ их пунктов**

Пункты съемочных сетей закладывают вблизи всех объектов, подлежащих съемке. Съемочные сети состоят из основных пунктов и определяемых в дополнение к ним съемочных точек.

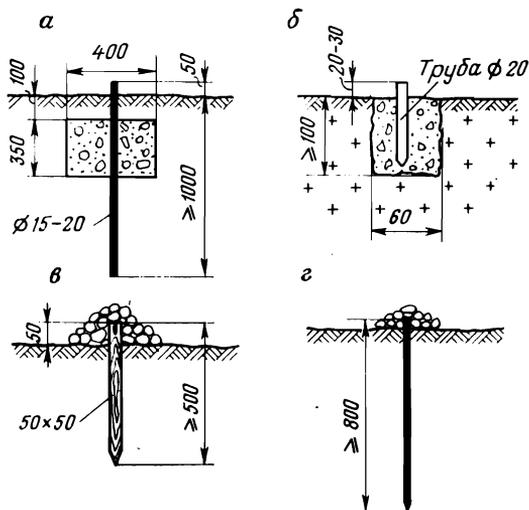


Рис. 6.1. Типы центров пунктов съёмочной сети на карьерах:

*а* — постоянный (в рыхлых породах); *б* — постоянный (в скальных породах); *в* и *г* — временные (в рыхлых породах)

Расстояние между соседними пунктами съёмочной сети не должно превышать при масштабах съёмки 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 соответственно 400, 300, 200 и 100 м.

Основные пункты съёмочной сети закрепляют постоянными центрами только в тех местах, где их длительная сохранность может быть обеспечена. В пределах карьера и внутренних отвалов пункты съёмочной сети не могут существовать долго, и поэтому они закрепляются временными центрами. Конструкции постоянных и временных центров приведены на рис. 6.1.

Средняя погрешность определения планового положения пунктов съёмочных сетей (по отношению к пунктам маркшейдерской опорной сети), предназначенных для периодической съёмки карьеров, не должна превышать  $\pm 0,2$  м. Способы создания съёмочных сетей зависят от рельефа местности, размеров и конфигурации карьера, ширины рабочих площадок уступов, направления развития горных работ и т. д.

### Способ аналитических сетей

Создаваемая этим способом съёмочная сеть представляет собой систему треугольников, вершины которых совпадают с выбранными основными пунктами сети. В сети треугольников разрешается включать не более семи пунктов с расстояниями между ними от 300 до 1000 м.

Аналитическая сеть применяется в глубоких карьерах и в гористой местности, когда непосредственные измерения длин ли-

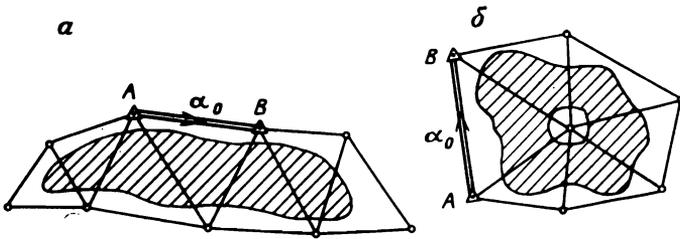


Рис. 6.2. Схемы аналитических сетей

ний затруднительны. При удлиненной форме карьера и расположений пунктов за его пределами аналитическая сеть имеет форму вытянутого ряда треугольников (рис. 6.2, а).

При наличии внутри карьера неотрабатываемой части или внутренних отвалов треугольники образуют центральную систему (рис. 6.2, б). Углы в треугольниках должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ . Одну сторону аналитической сети желательно совмещать с известной стороной  $AB$  опорной сети. В этом случае любым техническим теодолитом двумя приемами измеряют внутренние углы всех треугольников. Угловые невязки в треугольниках не должны превышать  $\pm 1'$ .

Вычисления аналитической сети производятся в следующей последовательности:

1) угловые невязки в треугольниках распределяют поровну между измеренными углами и получают исправленные углы;

2) по известной длине базиса, т. е. стороны  $AB$  сети и исправленным внутренним углам треугольников, по теореме синусов вычисляют длины всех сторон треугольников;

3) по известному дирекционному углу  $\alpha_0$  исходного направления  $AB$  и исправленным углам треугольников вычисляют дирекционные углы всех сторон треугольников;

4) по дирекционным углам и длинам сторон треугольников вычисляют приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , а затем, имея координаты  $x_A, y_A$  точки  $A$ , вычисляют координаты  $x, y$  всех вершин треугольников, т. е. пунктов аналитической сети.

### Способ засечек

Способ засечек применяется для вставки отдельных, удаленных от пунктов опорной сети точек. При прямой засечке (рис. 6.3, а) для определения координат вставляемой точки  $P$  достаточно измерить только углы  $\alpha$  и  $\beta$  при исходных пунктах  $A$  и  $B$  или углы  $\beta'$  и  $\gamma$  при исходных пунктах  $B$  и  $C$ . Однако для контроля измеряют все углы  $\alpha, \beta, \beta'$  и  $\gamma$ . Углы  $\lambda$  и  $\lambda'$  при определяемой точке не измеряют, но они должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

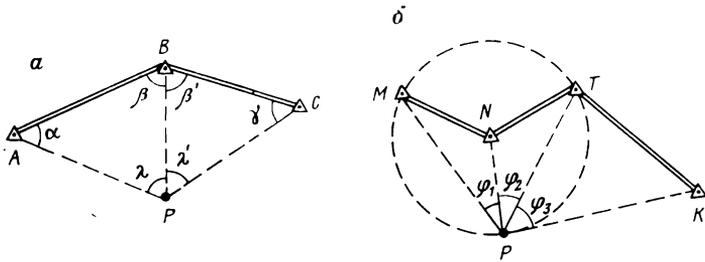


Рис. 6.3. Определение пункта  $P$

Координаты точки  $P$  определяют дважды: решением треугольника  $ABP$  по известным координатам точек  $A, B$  и углам  $\alpha, \beta$ ; решением треугольника  $BSP$  по известным координатам точек  $B, C$  и углам  $\beta', \gamma$ . За окончательное принимают их среднее значение.

В отдельных случаях координаты точки  $P$  определяют решением одного треугольника, но при обязательном измерении угла  $\lambda$  или  $\lambda'$  при определяемой точке. Угловая невязка в треугольнике при этом не должна превышать  $\pm 1'$ .

При обратной засечке (рис. 6.3, б) для определения координат вставляемой точки  $P$  достаточно измерить только углы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  при этой точке между направлениями на три видимые опоры точки  $M, N$  и  $T$ . Однако для контроля следует вести наблюдения и на четвертую точку  $K$ , измерив также угол  $\varphi_3$ .

Для однозначного решения этой задачи необходимо, чтобы определяемая точка  $P$  не находилась на окружности, проведенной через три исходные опорные точки.

Из курса «Геодезия» известно много способов вычисления координат точки  $P$  по координатам трех наблюдаемых точек (например,  $M, N$  и  $T$ ) и двум измеренным углам  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  при определяемой точке  $P$ .

Для контроля эти вычисления следует производить при другой комбинации трех исходных точек (например,  $N, T$  и  $K$ ). При расхождении значений  $x_P$  и  $y_P$  между двумя их определениями не более чем на  $\pm 0,8$  м за окончательные берут их средние значения.

Метод обратной засечки менее точен, но его достоинство заключается в том, что полевые работы сводятся к измерению углов только при определяемой точке.

### Полярный способ

Полярный способ применяется в условиях глубоких карьеров для определения положения пунктов  $1, 2, 3, 4$  съемочной сети, расположенных на разных горизонтах (рис. 6.4) и види-

мых только из одного пункта  $A$  опорной сети на расстоянии до 2000 м.

Для определения координат  $x$ ,  $y$  указанных точек измеряют горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  между исходным направлением  $AC$  и направлениями на определяемые точки, наклонные расстояния  $L_1, L_2, L_3, L_4$  этих точек от исходного пункта  $A$  и углы наклона  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  направлений на определяемые точки.

Контроль азимутальной привязки осуществляют путем измерения горизонтальных углов от другого исходного направления  $AB$ . Расстояния  $L_1, L_2, L_3, L_4$  должны быть измерены со средней абсолютной погрешностью, не превышающей  $\pm 0,1$  м. Для этой цели в настоящее время применяют светодальномеры МСД1М и «Кристалл», а также радиодальномер РДГ. В измеренные наклонные расстояния  $L_i$  вводят поправки  $\Delta L_i$  за наклон линии по формуле

$$\Delta L_i = 2L_i \sin^2 \delta_i / 2$$

и получают приложения наклонных расстояний на горизонтальную плоскость из выражения

$$l_i = L_i - \Delta L_i.$$

Дирекционные углы направлений на определяемые точки передают от известных направлений  $AC$  и  $AB$ .

Далее вычисляют приращения координат  $\Delta x_i, \Delta y_i$  определяемых точек и, наконец, их координаты по формулам

$$x_i = x_A + \Delta x_i \text{ и } y_i = y_A + \Delta y_i.$$

### Способ теодолитных ходов

Способ теодолитных ходов является одним из основных способов развития сети пунктов съемочного обоснования на карьерах с вытянутым фронтом горных работ, широкими и относительно ровными рабочими площадками уступов.

Теодолитные ходы (рис. 6.5) прокладывают вдоль площадок уступов между пунктами  $A$  и  $B$  опорной сети или между опорным пунктом  $B$  и стороной  $CD$  с известным дирекционным углом, а также замкнутыми в точке  $E$ . Во всех случаях длина теодолитного хода не должна превышать 2,5 км.

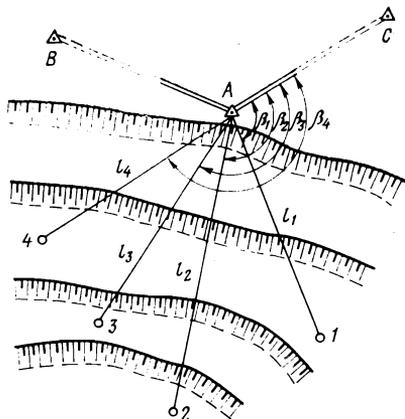


Рис. 6.4. Определение положения съемочных пунктов полярным способом

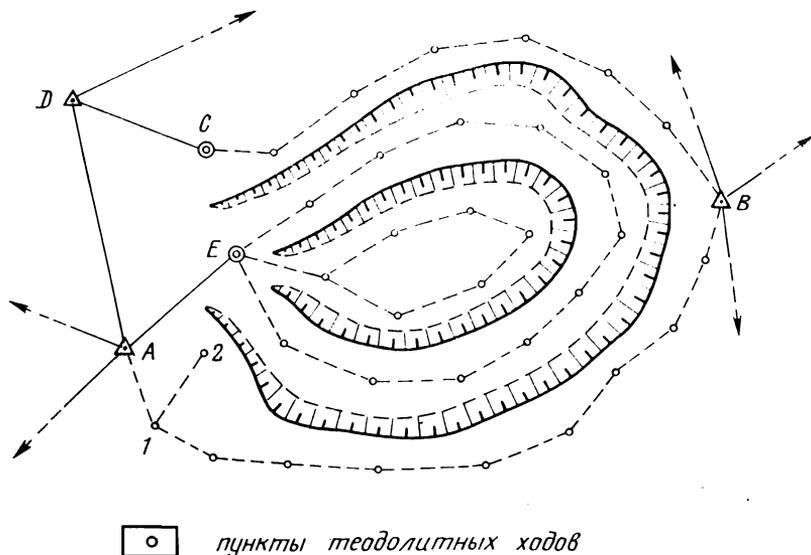


Рис. 6.5. Схема теодолитных ходов на карьере

В случае необходимости маркшейдерской инструкцией [22] допускается определение дополнительных пунктов съемочной сети проложением висячего хода с одной стороной (на рис. 6.5 сторона 1—2) длиной не более 400 м.

Горизонтальные углы между сторонами хода измеряют техническими теодолитами двумя приемами или повторениями. Угловые невязки в теодолитных ходах не должны превышать величины  $f_{\beta} = \pm 30'' \sqrt{n}$ , где  $n$  — число измеренных углов. Длины сторон теодолитных ходов зависят от масштаба съемки и колеблются от 100 до 400 м. Измерение длин линий производят стальными лентами, рулетками или дальномерами в прямом и обратном направлениях. Разность длин сторон между прямым и обратным измерениями не должна превышать 1 : 2000 длины. В измеренные линии вводят поправки за компарирование мерного прибора и за наклон линии, если угол наклона более  $1^{\circ}$ .

Передача дирекционного угла от исходного направления к сторонам хода по уравненным углам, вычисления приращений координат  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  и их невязок  $f_x$  и  $f_y$  производятся способами, описанными в § 61.

Относительные линейные невязки теодолитных ходов не должны превышать 1 : 3000.

Распределив с обратным знаком невязки  $f_x$  и  $f_y$  пропорционально длинам сторон, получают исправленные приращения, по которым и вычисляют координаты  $x$ ,  $y$  всех вершин теодолитного хода.

## Способ эксплуатационной или квадратной сетки

Способ эксплуатационной или квадратной сетки применяют на карьерах, имеющих сравнительно ровную поверхность, небольшую глубину, широкие рабочие площадки и ровные линии уступов, а также при дражных и гидравлических разработках.

Эксплуатационная сетка представляет собой сеть квадратов (рис. 6.6), вершины которых служат пунктами съемочной сети. Стороны этой сетки желательно располагать параллельно линиям уступов. Длину  $d$  сторон основной сетки квадратов в зависимости от масштаба съемки принимают равной от 50 до 200 м. На участках горных работ внутри каждого квадрата основной сетки разбивают сетку заполняющих квадратов со сторонами  $d_1$ , равными от 5 до 40 м. Вершины и стороны этих квадратов служат основой для производства съемки подробностей на карьере.

Порядок работ при построении сетки следующий. На генплане предварительно намечают расположение эксплуатационной сетки и графически определяют дирекционный угол  $\alpha$  одной из ее сторон. Вокруг проектного контура карьера прокладывают замкнутый полигонометрический ход  $1-2-3-4-5-1$  и,

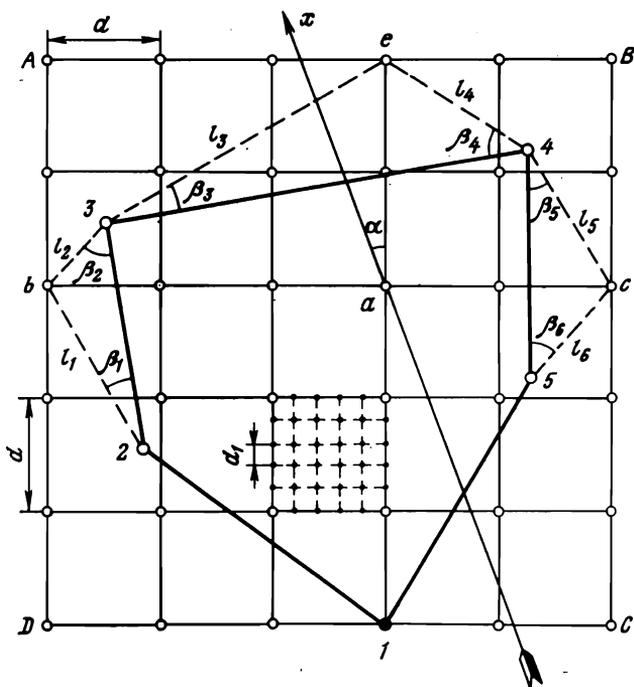


Рис. 6.6. Разбивка эксплуатационной сетки

привязывая его к пунктам опорной сети, определяют координаты всех вершин хода. Одну из вершин хода (например, 1) принимают за вершину основного квадрата. Затем выбирают точки  $a$ ,  $e$ ,  $b$  и  $c$ , являющиеся вершинами основных квадратов, и вычисляют их координаты. Для случая, приведенного на рис. 6.6, координаты точки  $a$  вычисляют по формулам:

$$x_a = x_1 + 3d \cos \alpha \text{ и } y_a = y_1 + 3d \sin \alpha.$$

Перенос точек  $b$ ,  $e$  и  $c$  в натуру осуществляют по углам  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$  и расстояниям  $l_1, l_2, \dots, l_6$ , значения которых определяют решением обратных геодезических задач по известным координатам точек  $b, e, c, 2, 3, 4$  и  $5$ .

Определив в натуре положения точек  $b, e$  и  $c$  с помощью двух теодолитов, сначала отмечают и закрепляют крайние вершины  $ABCD$  и основной сетки, а затем и остальные вершины сетки.

### Способ створных (профильных) линий

Способ створных (профильных) линий применяют на карьерах с односторонним развитием горных работ, когда от действующих рабочих уступов можно без помех наблюдать створные пункты, построенные на нерабочем борту. Для этого на нерабочем борту минимум двумя точками 1 и 1', 2 и 2', 3 и 3', 4 и 4' (рис. 6.7) закрепляют параллельные створные линии № 1—4 на заданных расстояниях  $l_1, l_2$  и  $l_3$  между ними. С целью упрощения последующих вычислительных работ начальные точки 1, 2, 3 и 4 створных линий располагают на одной прямой, перпендикулярной к створным линиям.

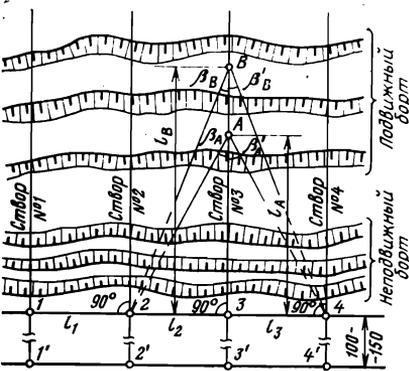


Рис. 6.7. Определение положения съемочных пунктов  $A$  и  $B$ , расположенных на створных линиях

Координаты точек 1, 2, 3 и 4 и дирекционный угол направления 1—4 определяют привязкой к ближайшим пунктам опорной сети. Дирекционный угол  $\alpha$  створных линий определяют относительно линии 1—4.

Для определения координат точек  $A$  и  $B$ , расположенных в створе № 3, но на различных площадках рабочих уступов достаточно на этих точках измерить углы  $\beta_A, \beta'_A$  и  $\beta_B, \beta'_B$ , величины которых должны быть не менее  $30^\circ$ .

Расстояния  $l_A$  и  $l_B$  вычисляют независимо дважды по формулам:

$$\left. \begin{aligned} l'_A &= l_2 \operatorname{ctg} \beta_A; & l''_A &= l_3 \operatorname{ctg} \beta'_A; \\ l'_B &= l_2 \operatorname{ctg} \beta_B; & l''_B &= l_3 \operatorname{ctg} \beta'_B \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

и за окончательное берут их средние значения, т. е.

$$l_A = \frac{l'_A + l''_A}{2}; \quad l_B = \frac{l'_B + l''_B}{2}. \quad (6.2)$$

Координаты определяемых точек  $A$  и  $B$  вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= x_3 + l_A \cos \alpha; & y_A &= y_3 + l_A \sin \alpha; \\ x_B &= x_3 + l_B \cos \alpha; & y_B &= y_3 + l_B \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

## § 71. Определение высотных отметок пунктов съемочных сетей

Средняя погрешность определения высот пунктов съемочных сетей по отношению к пунктам маркшейдерской опорной сети не должна превышать  $\pm 0,1$  м. Высоты пунктов съемочной сети могут быть определены геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Для геометрического нивелирования на карьерах могут быть использованы любые типы технических нивелиров. Наиболее выгодно использование технических нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования НСЗ, НС4 и др. Расстояние от инструмента до рейки допускается равным до 150 м.

При прокладке замкнутого хода или хода между реперами нивелирование производят в одном направлении. Разрешается прокладка висячих нивелирных ходов, проложенных в прямом и обратном направлениях. Невязки в нивелирных ходах не должны превышать  $\pm 50\sqrt{L}$  мм, где  $L$  — длина хода, км.

Тригонометрическое нивелирование используют при сложности применения геометрического нивелирования (особенно при передаче отметок на большие расстояния или точкам с большой разностью высот).

Превышение между точками  $A$  и  $B$  (рис. 6.8) при тригонометрическом нивелировании определяют по формуле

$$h = l \operatorname{tg} \delta + i - v + f = L \sin \delta + i - v + f, \quad (6.4)$$

где  $l$  — горизонтальное проложение расстояния между точками;  $L$  — наклонное расстояние между этими точками;  $\delta$  — угол наклона линии визирования;  $i$  — высота инструмента;  $v$  — высота точки визирования;  $f$  — поправка за кривизну Земли и рефракции, определяемая по формуле  $f = 0,42l^2/R$  и учитываемая только при  $l > 700$  м и одностороннем нивелировании.

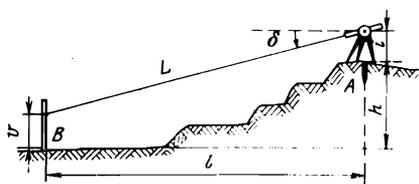


Рис. 6.8. Схема тригонометрического нивелирования

При больших расстояниях между точками вертикальные углы измеряют теодолитами Т2 или Т5К одним приемом, а менее точными теодолитами при удалении точек более 1000 м — двумя приемами.

Место нуля вертикального круга и вертикальный угол вычисляют по формулам, приведенным в § 50. Превышение  $h$  определяют в прямом и обратном направлениях и за окончательное принимают их среднее значение.

Ходы тригонометрического нивелирования должны иметь длину не более 2,5 км и опираться на пункты маркшейдерской опорной сети, высоты которых определены геометрическим нивелированием.

Высотные невязки ходов тригонометрического нивелирования (см.) не должны превышать величины, определяемой по формуле

$$f_h = \pm \frac{0,04 \Sigma l}{\sqrt{n}}, \quad (6.5)$$

где  $\Sigma l$  — длина хода, м;  $n$  — число линий хода.

Высотную невязку с обратным знаком распределяют пропорционально длинам сторон хода и по исправленным превышениям вычисляют отметки всех вершин хода.

## § 72. Способы маркшейдерских съемок подробностей на карьерах

Под съемкой подробностей подразумевают совокупность полевых измерений и камеральных вычислений, в результате которых определяются плановые и высотные положения характерных точек контуров и рельефа местности относительно ближайших пунктов съемочной сети.

Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ требует, чтобы положения точек верхней бровки уступа в перпендикулярном к ней направлении определялись относительно ближайшего пункта съемочной сети с погрешностью не более 0,6 м. Контурные нижних бровок уступов в натуре выражены менее четко, и поэтому допустимая погрешность определения положения их точек еще больше. Следовательно, контурные точки, отклоненные на данном участке от прямой в пределах, допускаемых инструкцией, могут не фиксироваться на плане.

Густота снимаемых пикетных точек зависит от степени изменчивости контурных линий и масштаба съемки. Наибольшее

расстояние между пикетными точками на плане не должно превышать 2 см.

При съемке контурных линий открытых горных выработок кроме планового положения определяют и высотные отметки пикетных точек. Средняя погрешность определения высот пикетных точек относительно ближайшего пункта съемочной сети не должна превышать  $\pm 0,2$  м.

Ниже приводятся основные сведения о полевых и камеральных работах при различных методах съемки подробностей, применяемых на карьерах.

### Тахеометрическая съемка

Этот способ съемки благодаря возможности применения его в любых условиях широко распространен (особенно на глубоких карьерах). Съемку производят обычными теодолитами-тахеометрами.

Станциями для производства съемки подробностей являются пункты съемочной сети.

Значения допустимых наибольших расстояний от инструмента (станции) до снимаемых контурных точек и расстояний между ними приведены в табл. 6.1.

Порядок работ при тахеометрической съемке на карьере такой же, как при аналогичной съемке для топографических целей.

Полевые работы при тахеометрической съемке значительно ускоряются при применении различных видов тахеометров-автоматов, выпускаемых в СССР (ДА-2), в ГДР (Дальта-020), в ВНР (Та-Д1) и др.

В поле зрения труб этих инструментов видны номографические кривые, с помощью которых на вертикальной рейке можно непосредственно отсчитывать значения горизонтального расстояния и превышения пикетных точек относительно точки стояния инструмента.

### Мензуральная съемка

Мензуральная съемка в условиях карьеров имеет ограниченное применение из-за громоздкости приборов, больших затрат времени на выполнение полевых работ, а также сильной зависимости от метеорологических условий и запыленности среды.

ТАБЛИЦА 6.1

Масштаб съемки	Наибольшие допустимые расстояния, м	
	от станции до снимае- мых точек	между снимаемыми контурными точками
1:5000	250	100
1:2000	150	40
1:1000	100	20
1:500	50	10

Мензультную съемку применяют только тогда, когда необходимо заснять значительную территорию карьерного поля с построением изображений объектов съемки непосредственно на местности.

### **Съемка способом перпендикуляров**

Способ перпендикуляров, или ординатный способ, рекомендуется применять при съемке контуров несложной конфигурации и в тех случаях, когда необходимо определять положение отдельно расположенных точек.

При этом в качестве съемочной сети используется эксплуатационная сетка или теодолитные ходы.

Плановое положение снимаемой точки определяется величиной перпендикуляра (ординаты), опущенного из данной точки на ближайшую сторону сетки, или теодолитного хода и расстояния от основания этого перпендикуляра до ближайшей вершины сети.

Перпендикуляры длиной до 15 м восстанавливают «на глаз», а при длине 15—35 м — эсккером. Длины отрезков вдоль сторон съемочной сети измеряют рулеткой с точностью 0,1 м. Результаты всех линейных измерений записывают в полевом абрисе съемки.

Высотные отметки снимаемых точек определяют геометрическим нивелированием, производимым параллельно с линейными измерениями. Камеральная обработка съемки заключается в вычислении высот точек, в нанесении этих точек на план при помощи линеек с точностью 0,5 мм, в построении контуров и в выписывании около точек их высотных отметок, округленных до 0,1 м.

### **Наземная стереофотограмметрическая (фототеодолитная) съемка**

При всех описанных выше способах съемки карьеров для каждой снимаемой точки (пикета) приходится производить линейные и угловые измерения. Число таких характерных точек снимаемых объектов при каждой дополнительной съемке крупного карьера составляет несколько сотен и даже тысяч штук. Из-за непродолжительности производства дополнительной съемки карьеров указанное выше обстоятельство (особенно в условиях сурового климата местности) вызывает большие затруднения в работе маркшейдеров.

При фототеодолитной съемке эти трудоемкие процессы полевых работ заменяются мгновенным фиксированием на фотоснимках значительного фронта горных работ на нескольких или всех уступах карьера.

При фототеодолитной съемке каждый рабочий участок карьера фотографируют с двух точек (фотостанций), явля-

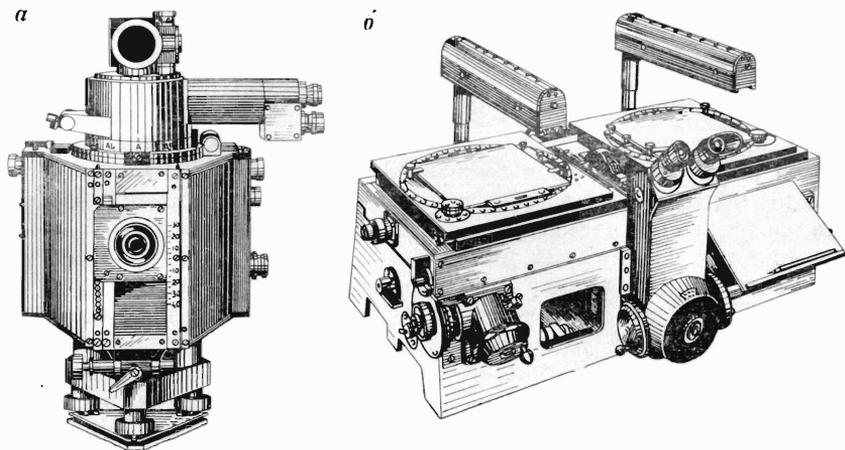


Рис. 6.9. Общий вид:

*a* — фототеодолита «Фотео-19/1318»; *б* — стереокомпаратора 1818

ющихся концами прямой, называемой базисом стереосъемки. Базисы стереосъемки располагают на нерабочем борту карьера выше снимаемых объектов. Совместное наблюдение полученных двух снимков (стереопары) одной и той же местности позволяет воспроизвести ее точную пространственную модель. Построение плана снимаемого участка карьера основано на измерениях этой модели с использованием известных геометрических соотношений между положением любой точки местности и ее изображением на стереоснимках.

Фотографирование карьера производится фототеодолитом, представляющим собой сочетание фотокамеры с теодолитом.

На рис. 6.9, *a* изображен общий вид фототеодолита «Фотео-19/1318» (без штатива), выпускаемого Народным предприятием «Карл Цейсс» (ГДР). Он состоит из обычного штатива, отделяемой трегерной подставки, корпуса фотокамеры с постоянным фокусным расстоянием  $f_k \approx 194$  мм и прикрепленного к нему сверху ориентирующего устройства.

Ориентирующее устройство состоит из зрительной трубы и горизонтального круга для ориентирования оси фотокамеры относительно базиса фотосъемки под заданным углом.

Задняя прикладная рамка фотокамеры совмещена с фокальной плоскостью объектива. По серединам сторон рамки размерами  $13 \times 18$  см прикреплены четыре координатные метки, образующие прямоугольную систему фотокоординат *хоз*. Эти координатные метки фиксируются на всех фотоснимках.

Перпендикуляр, опущенный из центра объектива фотокамеры на плоскость прикладной рамки, проходит через начало *о* системы фотокоординат. Линия, проходящая через центр

объектива и точку  $o$ , называется главной осью фотокамеры. Установка главной оси фотокамеры и оси  $xx$  ее прикладной рамки в горизонтальное положение обеспечивается с помощью двух цилиндрических уровней.

На краях фотоснимков кроме координатных меток фиксируются номера снимков и буквы  $A, B, AL, BL, AR, BR$ , обозначающие положения главной оси фотокамеры относительно базиса фотосъемки в момент фотографирования. Буквы  $A$  и  $B$  фиксируются на снимках, полученных соответственно на левом и правом концах базиса при нормальной съемке, т. е. когда главная ось фотокамеры перпендикулярна к базису.

При отклонении главной оси фотокамеры на левом и правом концах базиса на один и тот же угол  $\varphi$  влево или вправо от нормали к базису направления съемки называются равномерно-отклоненными влево или вправо. На этих снимках фиксируются буквы соответственно  $AL, BL$  или  $AR, BR$ .

Измерение положения изображений точек местности на фотоснимках в системе фотокоординат *хоз* осуществляется на стереокомпараторе, общий вид которого показан на рис 6.9, б.

Наибольшие допустимые отстояния снимаемых объектов карьера от фотостанции в зависимости от масштаба съемки и применяемого прибора для камеральной обработки снимков составляют от 400 до 2000 м и более.

Необходимую длину базиса стереосъемки карьера определяют по формуле

$$b = \frac{15 Y_{\text{д}}^2}{M f_{\text{к}} t_{\text{min}}}, \quad (6.6)$$

где  $Y_{\text{д}}$  — максимальное отстояние снимаемых объектов от фотостанции;  $f_{\text{к}}$  — фокусное расстояние фотокамеры;  $M$  — знаменатель масштаба составляемого плана;  $t_{\text{min}}$  — величина, зависящая от угла  $\varphi$  скоса главной оси фотокамеры (при  $\varphi = 0^\circ$   $t_{\text{min}} = 1$ , при  $\varphi = 30^\circ$   $t_{\text{min}} = 0,7$ ).

В условиях карьеров величина подвигания рабочих уступов по сравнению с большими их отстояниями от базисов незначительна и поэтому фотографирование рабочих уступов можно производить с постоянных базисов, заложенных на нерабочем борту. Следовательно, полевые работы при фототеодолитной съемке карьера сводятся к установке фототеодолита поочередно на концах базисов и фотографированию нужных участков карьера:

Рассмотрим теперь геометрическую схему фототеодолитной съемки (рис. 6.10).

Пусть  $S_1$  и  $S_2$  — центры объектива фототеодолита на левом и правом концах базиса длиной  $b$ , а  $S_1 - 1$  и  $S_2 - 2$  — горизонтальные и параллельные между собой главные оси фотокамеры. Точка  $A$  верхней бровки уступа изображается на левом и правом снимках соответственно в точках  $a_{\text{л}}$  и  $a_{\text{п}}$ , фото-

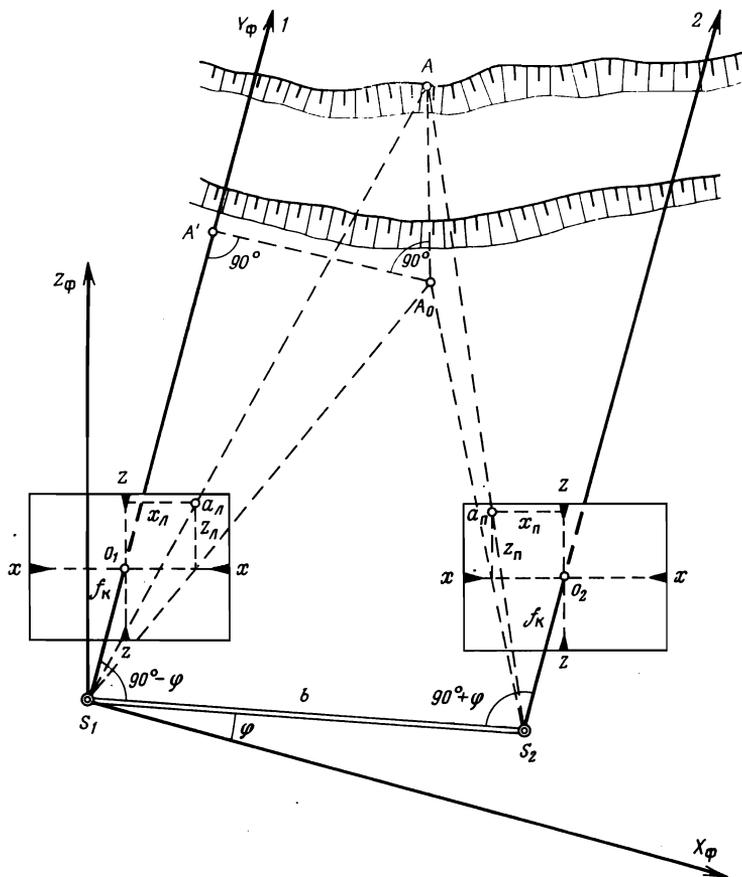


Рис. 6.10. Схема фотогеодезической съемки

координаты которых равны  $x_l, z_l$  и  $x_n, z_n$ . Пространственное положение точки  $A$  определяется в условной фотограмметрической системе координат  $X_\phi, Y_\phi, Z_\phi$  с началом в точке  $S_1$ . Направление оси  $Y_\phi$  совпадает с направлением главной оси фотокамеры  $So_1$  на левом конце базиса.

Фотограмметрические координаты точки  $A$  будут:

$$Y_{\phi A} = SA'; \quad X_{\phi A} = A'A_0; \quad Z_{\phi A} = A_0A.$$

При нормальной съемке связь между фотокоординатами изображения точки на снимках и фотограмметрическими координатами этой точки на местности выражается следующими формулами:

$$Y_\phi = \frac{bf_k}{p}; \quad X_\phi = \frac{bx_l}{p}; \quad Z_\phi = \frac{bz_n}{p}. \quad (6.7)$$

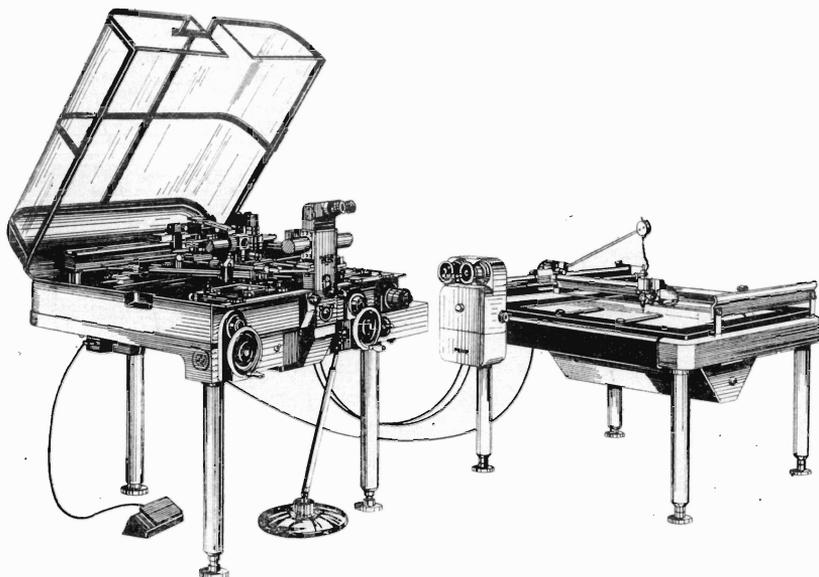


Рис. 6.11. Стереавтограф 1318 EL

При равномерно-отклоненных съемках значения  $X_\phi$  и  $Z_\phi$  определяются по формулам (6.7), а значение  $Y_\phi$  вычисляется по формуле

$$Y_\phi = \frac{b}{p} (f_k \cos \phi \pm x_n \sin \phi), \quad (6.8)$$

где  $p = x_d - x_n$  — линейный продольный параллакс.

Второй член в скобке формулы (6.8) при отклонении главных осей от нормали к базису влево берется со знаком плюс, а при отклонении вправо — со знаком минус.

Для построения или пополнения маркшейдерского плана карьера по полученным стереоснимкам применяют специальный универсальный оптико-механический прибор, называемый стереоавтографом.

Стереоавтограф позволяет осуществлять механическое преобразование фотокоординат точек снимков в фотограмметрические координаты с автоматическим нанесением их на план заданного масштаба.

Стереоавтограф 1318 EL (рис. 6.11), выпускаемый Народным предприятием «Карл Цейсс», состоит из разворачивающего устройства (включающего стереокомпаратор с присоединенной к нему системой линеек) и координатографа. Негативные стеклянные фотопластинки (стереопары) устанавливают на кассетах и ориентируют их. Затем на шкалах прибора устанавли-

вают величины, соответствующие параметрам фотокамеры, стереофото съемки и масштабу составляемого плана.

Оператор через бинокляр может наблюдать пространственную модель сфотографированного участка местности. Вращением штурвалов оператор перемещает видимую в поле зрения марку вдоль снимаемых контуров стереомодели. При этом карандашное устройство координатографа вычерчивает этот контур на плане. Останавливая марку на характерных точках контурной линии, по шкале отсчитывают их высотные отметки, которые записывают около соответствующих точек на плане.

При съемке рельефа местности стереоавтограф позволяет непрерывно вычерчивать на плане горизонтали с заданными высотными отметками.

Таким образом, по сравнению с другими видами съемок метод фототеодолитной съемки в условиях карьеров обладает рядом преимуществ, основными из которых являются:

а) повышение производительности труда маркшейдера за счет резкого сокращения времени на производство полевых работ (до 20 раз);

б) обеспечение требуемой точности составления маркшейдерских планов при одновременной съемке большого фронта горных работ с больших расстояний;

в) объективность первичной документации съемки и возможность использования фотоснимков для решения ряда других важных задач (геологическая документация обнажений, определение трещиноватости массива и степени дробления пород взрывом и др.);

г) исключение необходимости нахождения рабочих-реечников на участках съемки, где пребывание людей запрещено правилами техники безопасности;

д) возможность непосредственного определения по полученным фотоснимкам объема вынутой горной массы на отдельных участках карьера.

В настоящее время накоплен также опыт успешного применения в условиях карьеров метода аэрофото съемки. Установлено, что применение аэрофото съемки на карьерах выгодно в тех случаях, когда группа карьеров, расположенных в одном экономическом районе, обслуживается централизованной фотogramметрической лабораторией.

## **§ 73. Маркшейдерское обеспечение и документация буровзрывных работ**

Маркшейдерская служба карьера участвует в планировании буровзрывных работ, подготавливает исходные геометрические данные для составления проекта взрывных работ,

переносит проектные скважины в натуру, производит исполнительную съемку участка взрывных работ и после взрыва определяет объем взорванной горной массы.

В конце каждого месяца маркшейдер производит учет остатков невзорванных скважин и неубранной горной массы, на основе которого с учетом утвержденного плана осуществляется планирование буровзрывных работ на следующий месяц.

Подготовка геометрической основы для составления проекта каждого массового взрыва заключается в составлении копии плана участка взрыва в масштабах 1:500 или 1:1000. На этот план геолог наносит контакты полезного ископаемого с вмещающими породами, крупные трещины и тектонические нарушения, оценивает категорию подлежащих взрывной отбойке горных пород по взрываемости. На основе этих данных руководитель взрывных работ отмечает на плане места расположения взрывных скважин и их глубины. Оформленный документ называется «заданием к взрыву».

Перенесение устьев запроектированных взрывных скважин в натуру осуществляют с ближайших пунктов съемочной сети полярным или ординатным методом. Положение устьев взрывных скважин закрепляют колышками, на которых отмечают их номера и проектные глубины.

После обуривания взрываемого блока маркшейдер производит исполнительную съемку верхней и нижней бровок участка уступа, устьев пробуренных скважин с определением их отметок и фактической глубины, а также профильную съемку откоса уступа напротив взрывных скважин, пробуренных в первом ряду.

Профильную съемку откоса уступа выполняют для определения основных геометрических параметров, необходимых для расчета массы заряда ВВ в скважинах первого ряда. К этим параметрам относятся сопротивление по подошве уступа, глубина и перебур скважины, высота уступа. На практике применяется ряд способов для производства профильной съемки откоса.

На рис. 6.12 показана схема профильной съемки уступа с помощью эклиметра и рулетки. При этом способе съемки положение характерных точек откоса на данной профильной линии определяется расстояниями от эклиметра, установленного вблизи верхней бровки, до этих точек и углом наклона направлений на эти точки. Для этого от эклиметра опускают рулетку с грузом, прикрепленным к ее концу, до характерной точки откоса. Визирование эклиметром производят на этот груз. Перенесение груза с концом рулетки на другие характерные точки осуществляют с нижней площадки уступа при помощи шнура, привязанного к грузу.

На рис. 6.13 показана схема профильной съемки откоса уступа с помощью телескопической штанги и подвешенной к ее

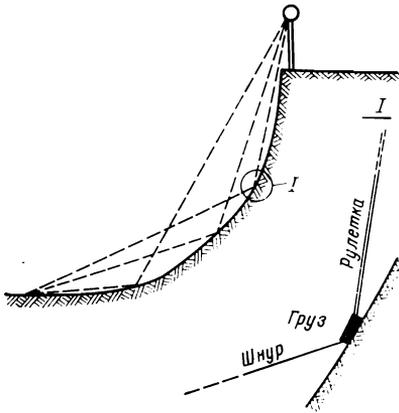


Рис. 6.12. Профильная съемка откоса уступа с помощью эклиметра и рулетки

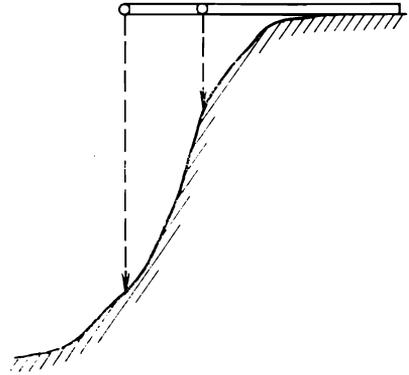


Рис. 6.13. Профильная съемка откоса уступа с помощью телескопической штанги

концу через ролик рулетки. Определение положения характерных точек откоса при этом сводится к измерению рулеткой по телескопической штанге горизонтального расстояния от верхней бровки уступа до конца штанги и вертикального расстояния от конца штанги до поверхности уступа.

На основе данных исполнительной съемки для составления уточненного проекта массового взрыва маркшейдер должен составить и представить следующую документацию:

1) поперечные разрезы уступа через буровые скважины, составленные в масштабах 1 : 500 или 1 : 1000, на которых должны быть нанесены профиль откоса уступа, взрывные выработки, проектные и фактические горизонты почвы уступа, контакты различных пород и полезного ископаемого, разделение пород по категориям их буримости и взрываемости;

2) план взрываемого блока в масштабах 1 : 500 или 1 : 1000, на котором должны быть показаны границы взрываемого блока, все взрывные выработки, положения верхней и нижней бровок, контакты между разными породами с разделением участков, отнесенных к различным категориям по взрываемости и буримости.

После проведения взрывных работ маркшейдер производит съемку взорванной горной массы, в результате которой он определяет границы развала и линию откола в массиве. Кроме того, он определяет качество взрывной отбойки горной массы. На многих карьерах степень дробления пород взрывом оценивают в основном по содержанию выхода негабаритных кусков породы в процентах от общего объема взорванной горной массы.

## § 74. Маркшейдерские работы при проведении траншей

Несмотря на различие способов и условий проведения траншей, маркшейдерские работы во всех случаях сводятся к перенесению с проекта в натуру оси и верхних бровок траншеи, а также осуществлению контроля за соблюдением проектных уклонов подошвы и размеров поперечных сечений траншей.

Для выполнения указанных работ маркшейдер пользуется следующими проектными материалами:

1) планом траншеи, по которому устанавливаются координаты точек примыкания, дирекционные углы примычных направлений, пикетажные значения вершин поворотов, углы поворотов и радиусы их закруглений;

2) продольным разрезом по траншее, на котором должны быть показаны профиль земной поверхности и проектный профиль подошвы траншеи с указанием черных и красных (проектных) отметок точек, а также проектные уклоны;

3) поперечными разрезами траншеи в характерных местах;

4) планами расположения взрывных выработок.

Задание направления траншеи, проводимой по крутому склону, производят следующим образом (рис. 6.14). Сначала

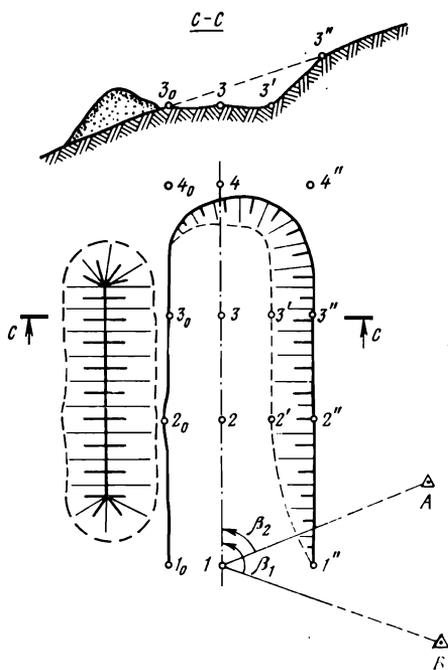


Рис. 6.14. Задание направления траншеи, проводимой по крутому склону

по заданным в проекте или определяемым графически координатам  $x_1$ ,  $y_1$  выносят в натуру начальную точку  $1$  оси траншеи. Затем по известным примычным углам  $\beta_1$  и  $\beta_2$  закрепляют предварительное направление оси траншеи точками  $2$ ,  $3$ ,  $4$ , ... и по проектным отметкам отмечают нулевые точки  $1_0$ ,  $2_0$ ,  $3_0$ , ... на линии пересечения ее подошвы со склоном местности. По проектным расстояниям от оси отмечают точки  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ ,  $4''$ , ... верхней бровки откоса траншеи. На участках поворотов по оси отмечают начало, середину и конец кривой.

По мере проведения траншеи геометрическим нивелированием проверяют уклон подошвы, на нее переносят ось траншеи и фик-

сируют точки 2', 3', ... нижней бровки откоса. При проведении траншеи на местности с небольшим поперечным уклоном сначала задают направление оси траншеи на поверхности, закрепив ее на прямолинейных участках точками через каждые 20—50 м, а на участках кривой точками через 10 м. Затем по мере проведения траншеи переносят ее ось на подошву, проверяют уклоны и отмечают точки нижних и верхних бровок откосов.

Объем работ при проведении траншеи определяют методом вертикальных параллельных сечений (см. § 77).

## § 75. Разбивка транспортных путей

При строительстве и эксплуатации карьеров маркшейдеру приходится осуществлять разбивку различных транспортных путей: железнодорожных, автомобильных, конвейерных и воздушно-канатных. Исходными проектными материалами, на основе которых производится разбивка транспортных путей, являются:

- 1) план железнодорожной линии или автомобильной дороги с координатами точек примыкания ее оси, дирекционного угла начального направления, расстояния между вершинами углов поворота, углы поворота и радиусы сопрягающих кривых;

- 2) продольный и поперечный профили трассы с указанием черных и красных отметок, а также проектных уклонов;

- 3) план расположения переводных стрелок с координатами центров переводов;

- 4) координаты центров опор и их высоты для воздушно-канатной линии;

- 5) план и продольный профиль конвейерных линий и т. д.

Определение местоположений точек примыкания трассы по их известным координатам осуществляют способом засечек или полярным способом от ближайших пунктов опорной сети. По примычным углам задают начальное направление трассы.

Вдоль оси трассы прокладывают теодолитный ход, вершины которого совмещают с проектными вершинами поворотов трассы. Пикетные точки закрепляют через 10; 20 или 50 м по оси трассы. На участках поворотов железнодорожной или автомобильной трассы по проектным значениям элементов кривой производят разбивку закруглений. Детальную разбивку кривых производят способами прямоугольных координат или продолженных хорд.

Перенесение проектного уклона транспортных линий осуществляют с помощью геометрического нивелирования сначала пикетных колышков, а затем головки рельсов.

При использовании транспортеров и конвейерных подъемников выносят их оси в натуру, определяют отметки начальной и конечной их точек, а также контролируют соблюдение проектного уклона.

Для выявления возможных смещений транспортных линий в горизонтальной и вертикальной плоскостях из-за деформации уступов или всего борта маркшейдер производит периодический контроль за их состоянием.

## **§ 76. Маркшейдерское обеспечение работы отвальных мостов**

Транспортно-отвальный мост представляет собой сложный агрегат, который объединяет в один непрерывный производственный процесс экскавацию, транспортировку и размещение породы в отвале.

Отвальные мосты устанавливаются в карьере поперек фронта горных работ. Они соединяют вскрышные забои с отвалами по кратчайшему расстоянию. Основными частями транспортно-отвального моста (рис. 6.15) являются отвальная опора 4, забойная опора 2, отвальная консольная ферма 5, забойная консольная ферма 1, ферма пролетного строения 3.

Маркшейдерские работы при эксплуатации транспортно-отвального моста включают съемку уступов, контроль за горизонтальной, вертикальной и угловой подвижностью моста, а также контроль за деформациями его металлоконструкции. Нормальная и безопасная эксплуатация транспортно-отвальных мостов возможна лишь при строгом соблюдении некоторых геометрических условий, систематическая проверка которых производится маркшейдером.

Прежде всего необходимо осуществить контроль за плановым положением и уклоном рельсовых путей под опорами и их соответствием паспортным данным моста.

Горизонтальной подвижностью моста называется возможность изменения горизонтального расстояния между осями его опор. При движении моста по фронту расстояния между опорами могут меняться в определенных пределах его телескопичности, указанных в паспорте агрегата.

По профильным линиям маркшейдер систематически производит измерения расстояний между осями опор с точностью до 0,2—0,3 м. Если обнаружится, что эти расстояния близки к установленным для данного агрегата предельным значениям, то должна быть немедленно сделана перестилка путей опоры моста.

Вертикальной подвижностью моста называется возможность изменения превышения между его опорами или головками рельсов под ними. Изменение этого превышения не должно быть больше допустимых пределов, указанных в паспорте агрегата. Фактические значения этих превышений по профильным линиям при каждой поперечной передвижке моста определяют с точностью до 0,2—0,3 м методами тригонометрического или геометрического нивелирования.

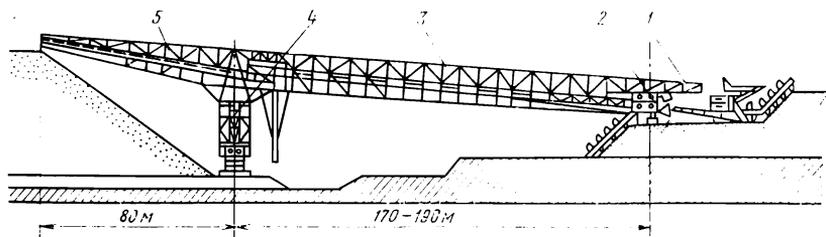


Рис. 6.15. Общая схема транспортно-отвального моста

Угловой подвижностью моста называется возможность отклонения продольной оси моста от нормального к фронту направления при отработке тупиковых участков карьера. Допустимые значения углового отклонения указаны в паспорте агрегата. Фактическое значение углового отклонения моста определяется графически по плану расположения моста.

Контроль за деформациями металлоконструкции отвального моста осуществляется периодически для предупреждения опасного нарастания деформации несущих элементов конструкции (особенно главной фермы и ее консольных частей). Величины упругих деформаций элементов этих конструкций измеряют при их максимальной динамической нагрузке. Остаточные же деформации измеряют при нерабочем состоянии моста.

Величину деформации (удлинение или укорачивание) определяют сопоставлением проектных длин элементов с их измеренными фактическими длинами. Допустимые значения этих деформаций регламентированы в специальной инструкции.

## § 77. Способы определения объема вынутой горной массы на карьерах

На всех карьерах ведется ежесменный, ежесуточный оперативный учет объемов добычных и вскрышных работ. Учет объема добычных работ путем взвешивания отгруженного из карьера полезного ископаемого достаточно точен. Однако такой способ ведения учета объема добычных работ осуществляется не на всех карьерах. Оперативный учет выполненных объемов вскрышных работ обычно ведется по числу загруженных вскрышными породами автосамосвалов, вагонов или других транспортных средств, отправляемых в породные отвалы. Иногда этим способом ведется оперативный учет объема не только вскрышных, но и добычных работ. Точность такого способа ведения учета невысока, и это обусловлено тем, что по ряду причин средний объем породы или средняя масса полезного ископаемого в одном транспортном сосуде определяется недостаточно точно.

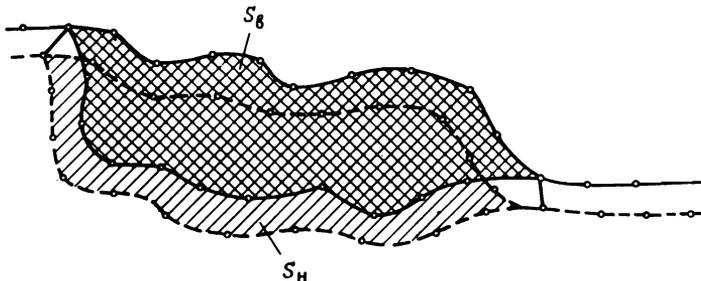


Рис. 6.16. Определение объема блока способом горизонтальных сечений

Поэтому в конце каждого отчетного периода (обычно месяца) маркшейдерская служба на основе данных дополнительных съемок осуществляет подсчет объемов вынутой за отчетный период горной массы на карьере. Полученные по маркшейдерским данным объемы позволяют контролировать оперативные данные учета.

Если расхождения между данными учета носят случайный характер, то данные оперативного учета принимаются за основу при составлении отчетов предприятия. Если же расхождения между этими способами учета носят систематический характер и по величине они превышают допустимые пределы, то в данные оперативного учета вносится корректировка.

Определение объема вынутой горной массы на карьере по данным маркшейдерской съемки зачищенных забоев осуществляется в основном способами горизонтальных и вертикальных сечений.

Способ горизонтальных сечений применяется для подсчета объема выемки в пределах блока уступа, имеющего сложную конфигурацию на плане, но сравнительно постоянную конфигурацию откосов.

Для подсчета объема выемки данного блока используют только план уступа в масштабах 1 : 500 или 1 : 1000, на котором с помощью планиметра измеряют площади верхнего  $S_в$  и нижнего  $S_н$  оснований блока (рис. 6.16).

Среднюю высоту отработанного блока определяют как разность средних отметок характерных контурных точек верхнего и нижнего оснований блока по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum z_в}{n_в} - \frac{\sum z_н}{n_н}, \quad (6.9)$$

где  $n_в$  и  $n_н$  — число характерных контурных точек соответственно на верхней и нижней площадках блока;  $z_в$  и  $z_н$  — отметки точек контуров верхней и нижней площадок блока.

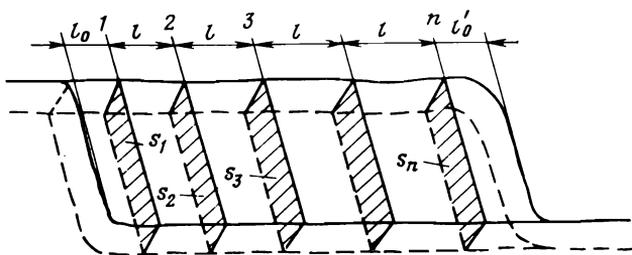


Рис. 6.17. Определение объема блока способом параллельных вертикальных сечений

Объем выемки блока в массиве вычисляют по формуле

$$V = \frac{S_B + S_H}{2} h_{cp}. \quad (6.10)$$

Способ вертикальных сечений применяется для определения объема выемки траншей или заходки, имеющих сравнительно правильную вытянутую форму на плане, но изменяющиеся высоту и конфигурацию откоса.

На плане (рис. 6.17) проводят поперечные параллельные линии 1, 2, 3, ..., n на одинаковых расстояниях  $l$  друг от друга. По всем этим линиям строят вертикальные разрезы и планиметром измеряют площади  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$  их сечений.

Объем выемки на данном участке заходки или траншеи вычисляют по формуле

$$V = s_1 l_0 + l \left( \frac{s_1 + s_n}{2} + s_2 + s_3 + \dots + s_{n-1} \right) + s_n l'_0; \quad (6.11)$$

где  $l_0$  и  $l'_0$  — средние расстояния от первого  $s_1$  и последнего  $s_n$  сечения до соответствующих границ блока.

## § 78. Маркшейдерские работы по обеспечению устойчивости откосов на карьерах

Глубина многих карьеров в настоящее время уже достигла нескольких сотен метров. Высота отвалов вскрышных пород в условиях нагорных карьеров иногда достигает 200 м и более. В связи с этим вопросы устойчивости откосов бортов и отвалов относятся к числу наиболее актуальных для открытых разработок, так как с ними связано проведение мероприятий по обеспечению безопасности производства горных работ и повышению технико-экономических показателей горного предприятия. В частности, увеличение общего угла наклона борта всего лишь на  $1^\circ$  при глубине карьера 300 м приводит к сокращению объема вскрыши на 3 млн.  $m^3$  на каждый километр протяженности борта.

Расчет угла откоса, обеспечивающего его устойчивость при проектировании карьеров, базируется на приближенных фактических исходных данных.

В процессе эксплуатации месторождения уточняются многочисленные факторы, влияющие на устойчивость откосов. Для предупреждения возможных нарушений устойчивости откосов маркшейдеры производят систематические инструментальные наблюдения. При отдельных нарушениях данные маркшейдерских наблюдений позволяют устанавливать причины и характер нарушения устойчивости откосов, которые учитываются при корректировке параметров откосов на других участках данного карьера или на других карьерах с аналогичными условиями.

На карьерах различают следующие основные виды нарушения устойчивости уступов, бортов и отвалов.

**Осыпи** — скатывание отдельных кусков и глыб к основанию откоса. Они характерны для всех видов горных пород, затрагивают приповерхностную часть крутых откосов и формируются в течение нескольких лет под влиянием ослабления и выветривания пород на поверхности откоса.

**Обрушения** захватывают значительные части массивов горных пород и возникают при углах откосов бортов и отвалов, превышающих 25—35°, и при падении ослабленных слоев и дизъюнктивных нарушений в сторону выемки под углом более 25—30°. Активная стадия обрушений протекает фактически мгновенно, поэтому они очень опасны для людей и механизмов, работающих на нижележащих уступах.

**Оползни** — медленное смещение породных масс по пологой поверхности. Они являются наиболее распространенным видом нарушения устойчивости бортов и отвалов. Оползни возникают по многим причинам, например при подтоке грунтовых вод к откосу, при наличии слоев пластичных глин и напорных вод, при обводненном основании и слабых породах в отвалах, при несоответствии угла откоса и его высоты и т. д. Активная стадия оползней протекает в течение значительного времени (от нескольких часов до нескольких месяцев) и вовлекает в движение от сотен до нескольких миллионов кубических метров породной массы.

**Просадки** — вертикальное опускание верхних участков рыхлых породных масс без образования сплошной поверхности скольжения. Они возникают в результате уплотнения отвальных пород, их увлажнения атмосферными осадками и консолидации. Просадки — это наименее опасный вид нарушения устойчивости откосов.

**Оплывины** характеризуются перемещением в виде потока насыщенных водой до текучего состояния песчано-глинистых пород нарушенной структуры (пылеватых песков и глин). Они захватывают значительные объемы пород, развиваются интенсивно, часто приобретая катастрофический характер.

Таким образом, основными факторами, способствующими развитию деформации откосов на карьерах, являются:

- 1) наличие поверхностей ослабления — тектонических нарушений, слабых контактов между слоями и т. д.;
- 2) обводненность пород и слабая их дренируемость;
- 3) интенсивная трещиноватость массива борта;
- 4) наличие прослоек обводненных глинистых пород.

Основными причинами развития деформации откосов являются:

- а) несоответствие углов, очертания и высот откосов данным геологическим условиям, т. е. неправильный расчет угла откоса;
- б) отсутствие или неэффективность дренажа;
- в) неправильное ведение горных работ (массовые взрывы вблизи борта карьера и очередность обработки участков).

### Методика определения оптимальных углов наклона бортов карьера и откосов отвалов

Ниже в общем виде рассматривается условие равновесия горных пород прибортовой части карьера. С помощью многочисленных данных, полученных на практике, установлено, что нарушение массива горных пород при оползнях (рис. 6.18) происходит по круглоцилиндрической поверхности  $ABC$ . Для упрощения предположим, что оползание происходит по плоскости  $AC$  под углом  $\beta$  к горизонту.

Рассмотрим условие равновесия оползневого клина  $ADC$  единичной длины. Разобьем этот клин на блоки  $1, 2, 3, \dots, i, \dots, n$ . Сила тяжести  $i$ -го блока  $Q_i$  может быть разложена на нормальную  $N_i = Q_i \cos \beta$  и касательную  $S_i = Q_i \sin \beta$  составляющие.

Составляющая  $S_i$  стремится сдвинуть блок  $i$  по плоскости  $CA$ . Однако сдвигению этого блока препятствует удерживающая сила  $T_i$ , направленная противоположно силе  $S_i$  и состоящая из силы сцепления  $c_i l_i$  и силы трения  $N_i \operatorname{tg} \rho = N_i f_i$ , где  $c_i$  — сцепление между частицами массива в плоскости сдвига;  $\rho$  — угол внутреннего трения горных пород;  $f$  — коэффициент внутреннего трения.

Следовательно, общая удерживающая сила в плоскости  $AC$ , препятствующая сдвигению блока  $i$  по этой плоскости,

$$T_i = c_i l_i + N_i f_i. \quad (6.12)$$

Таким образом, сумма сил, стремящихся сдвинуть оползневый клин  $ADC$  по плоскости  $CA$ , равна  $S_{\text{сдв}} = \sum S_i$ , а сумма удерживающих сил

$$T_{\text{уд}} = \sum N_i f_i + \sum c_i l_i. \quad (6.13)$$

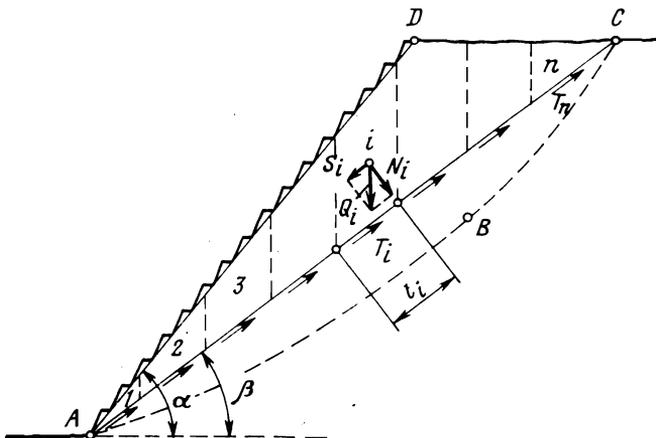


Рис. 6.18. Расчет устойчивости откосов

Отношение сумм удерживающих и сдвигающих сил называется коэффициентом запаса устойчивости откоса  $n$ , т. е.

$$n = \frac{\sum N f_i + \sum c_i l_i}{\sum S_i} \quad (6.14)$$

Слишком большое значение коэффициента запаса  $n$  приводит к чрезмерному выполаживанию откоса, т. е. увеличению объема вскрыши на карьере или уменьшению вместимости отвалов. Проектирование откосов скальных пород производят в основном при значении коэффициента запаса устойчивости  $n \geq 1,3$ . Для этого при заданной высоте  $H$  рассматривают ряд вариантов очертания откоса борта или отвала и для каждого из них по нескольким условно принятым поверхностям скольжения рассчитывают значения коэффициента  $n$ . Оптимальным считают тот вариант очертания откоса, при котором  $n \geq 1,3$ . Соответствующий ему угол наклона  $\alpha$  называют оптимальным углом наклона откоса. Однако, как следует из формул, приведенных выше, для расчетов и проектирования бортов и отвалов карьеров кроме геометрических элементов необходимо иметь и показатели сопротивляемости горных пород на сдвиг, т. е. величину сцепления  $c$  и коэффициент внутреннего трения  $f$  (или угол внутреннего трения  $\rho$ ).

Указанные физико-механические свойства для небольших монолитных кусков пород, отобранных из различных участков карьера, легко определяются в лабораторных условиях. Однако сопротивляемость сдвигу той же самой породы в массиве, ослабленной ступенчато расположенными трещинами отдельности, намного меньше, чем в монолитном образце. Поэтому устойчивость откосов бортов и отвалов следует рассчитывать по

значениям  $c$  и  $f$ , установленным по данным натурных испытаний на срез призмы массива горных пород размерами порядка  $40 \times 60 \times 120$  см при условии, что эта призма сохраняла связь с массивом по той поверхности, по которой необходимо определять характеристики сопротивляемости срезу.

### **Маркшейдерские наблюдения за сдвижением откосов**

Инструментальные маркшейдерские наблюдения за сдвижением откосов позволяют обнаружить раннюю стадию возникновения оползней и принять соответствующие меры: определить количественные показатели развития деформации на отдельных участках, установить характер оползневой процесса и показатели сопротивляемости на сдвиг для всего массива горных пород.

Наблюдательная станция состоит из нескольких профильных линий, расположенных вкрест простирания откосов. Длины профильных линий устанавливаются с таким расчетом, чтобы их концы располагались на расстоянии 100—150 м вне зоны ожидаемой деформации после отработки карьера на всю глубину. По каждой профильной линии закладывают реперы. Опорные реперы за пределами ожидаемой зоны сдвижений закладываются на расстоянии 20—40 м друг от друга, а рабочие реперы в пределах ожидаемой зоны сдвижения — через 5—20 м. Конструкция реперов должна обеспечивать прочную связь с массивом горных пород, а глубина их основания должна быть больше глубины промерзания грунтов на 0,4—0,5 м. Головки реперных знаков должны быть полусферическими, с отверстиями в середине.

Инструментальные наблюдения по каждой профильной линии и в каждой серии включают следующие измерения: а) нивелировку всех реперов, начиная от опорных; б) измерение расстояний между реперами; в) съемку трещин и других особенностей, появившихся после предыдущей серии наблюдений. Промежуток времени между сериями наблюдений зависит от интенсивности сдвижений и составляет от 5—10 дней до одного года. Результаты наблюдений считаются удовлетворительными, если при двойных измерениях между реперами разность превышений из двух геометрических нивелировок  $\leq \pm 3$  мм, разность горизонтальных расстояний  $\leq \pm 2$  мм.

По результатам этих наблюдений для всех реперов определяют горизонтальные и вертикальные составляющие смещений и по ним — величину и направление общего вектора смещения.

### **Установление характера оползней по результатам маркшейдерских наблюдений**

Векторы сдвижений, определенные по данным маркшейдерских наблюдений, позволяют сделать прогноз характера смещения части массива горных пород. Этот прогноз основан на том,

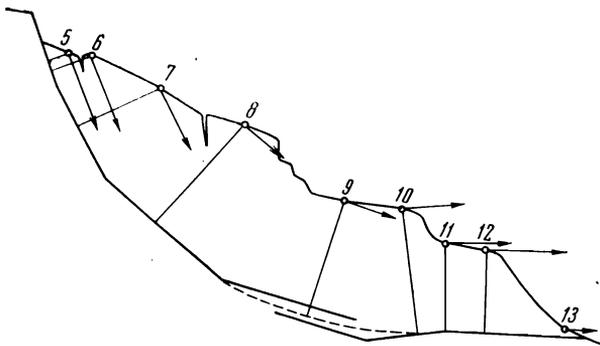


Рис. 6.19. Построение поверхности скольжения по векторам смещений реперов

что векторы смещений приблизительно параллельны соответствующим участкам поверхностей скольжений.

Если, например, векторы сдвижений для всех реперов наблюдательной станции или ее участка изменяют свое направление закономерно, плавно выполаживаясь к основанию, а по величине сверху вниз они почти одинаковы, можно сделать вывод, что на данном участке оползневое тело движется по плавной криволинейной поверхности как одно целое, без относительных смещений отдельных его частей.

В этом случае, пользуясь направлениями векторов перемещения реперов, приближенное положение поверхности скольжения строится следующим образом (рис. 6.19). На профиле, где изображены в том же масштабе векторы смещений реперов, от их середины восстанавливают перпендикуляры в сторону массива. От верхней трещины отрыва и нижней линии надвига проводят отрезки, параллельные векторам сдвижений крайних реперов до середины между перпендикулярами, проведенными от данных и следующих векторов. Затем аналогично проводят ломаные линии, параллельные следующим векторам сдвижений и т. д. Если ломаные линии, проведенные с верхних и нижних концов оползневого участка, не смыкаются, то, как показано на рис. 6.19, проводят сглаженную кривую.

В тех случаях, когда векторы сдвижения всех реперов параллельны между собой и наложению пород, то это указывает на скольжение части массива по этой поверхности.

## § 79. Маркшейдерские работы при дражной разработке россыпных месторождений

Под дражными работами понимается открытый способ разработки россыпных месторождений золота, платины, алмазов, вольфрама, олова с помощью специальных машин, называемых драгами.

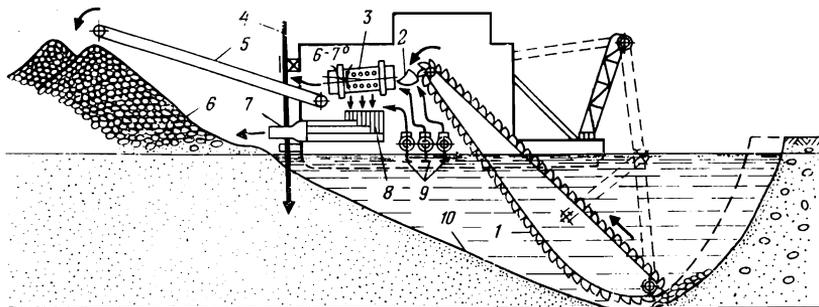


Рис. 6.20. Общая технологическая схема работы драги:

1 — черпаковая рама; 2 — завалочный люк; 3 — дражная бочка; 4 — свая; 5 — отвалообразователь; 6 — галечный отвал; 7 — эфельные колоды; 8 — шлюзы; 9 — насосы завалочного люка, бочки, шлюзов; 10 — эфельный отвал

Драга представляет собой плавучий землечерпальный снаряд непрерывного действия, соединенный с промывочной и обогатительной установкой и снабженный механизмами для транспортировки и укладки в отвалы промытой породы — «хвостов».

Для работы драги на разрабатываемом участке россыпного месторождения с помощью плотин создается искусственный водоем (дражный пруд). Строительство и монтаж драги осуществляются на месте.

Общая технологическая схема работы драги приведена на рис. 6.20.

Маркшейдерские работы выполняются на всех этапах освоения россыпного месторождения. Общие сведения о них приводятся ниже.

### Маркшейдерские работы до начала эксплуатации месторождения

Съемку земной поверхности при детальной разведке месторождения производят в масштабах 1 : 2000 и 1 : 5000. Кроме планов составляют вертикальные разрезы по всем разведочным линиям с отображением геологических особенностей месторождения. По окончании разведочных работ составляют комплект горно-геометрических планов и графиков, которые используются как при подсчете запасов месторождения, так и при последующем планировании работы драги.

Для участков полигона, подлежащего драгированию, обязательно составление следующих графиков:

- а) изогипс плотика россыпи, т. е. поверхности лежащего бока россыпного отложения;
- б) вертикальных изомощностей отложений, подлежащих драгированию;
- в) изолиний среднего содержания металла.

При проектировании дражных работ устанавливается горизонт подтопа. Участки балансовых запасов, где глубина от уровня воды до плотика меньше минимальной или больше максимальной глубины черпания драги, относят к проектным потерям.

До начала работы драги производится снятие растительного слоя и предварительное вскрытие торфов (пустых пород, покрывающих металлосодержащую часть россыпи) бульдозерами или скреперами. По завершении этих работ маркшейдер производит геометрическое нивелирование всей площади подготовленного участка россыпи по вершинам квадратов со сторонами 10 или 20 м.

В процессе строительства гидротехнических и других сооружений, а также зданий маркшейдер осуществляет перенос их геометрических элементов с проекта в натуру, а после окончания строительства производит исполнительную съемку и наносит их на план. Для этой цели развивают существующую сеть пунктов съемочного обоснования чаще всего в виде эксплуатационной сетки. В соответствии с проектом маркшейдер отмечает на местности границы подтопа.

Строительство и монтаж драги осуществляются на берегу существующего водоема или в специальном котловане. При этом маркшейдер поэтапно контролирует соответствие фактических размеров драги проектным. После спуска драги в водоем маркшейдер измеряет ее поперечный крен и продольный дифференциал (обусловленные несимметричным размещением оборудования и других грузов), которые не должны превышать  $1-1,5^\circ$ .

Перед началом эксплуатационных работ маркшейдер составляет эксплуатационный план всего дражного полигона в масштабах 1 : 1000 или 1 : 2000, который является основным планом для горного предприятия.

### **Маркшейдерские работы в период разработки месторождения**

Для драги составляется годовой план горных работ с разбивкой на квартальные и месячные планы. Этот план называется планом-заказом. При планировании работ драги намечают контуры подлежащих отработке промплощадок полигона, направление хода драги, объем перерабатываемой горной массы, добычу металла с учетом параметров и производительности драги.

Текущие маркшейдерские съемки дражных выработок производятся через каждые 20—30 м подвигания драги. Для современных драг со средней скоростью подвигания 10—12 м/сут текущие маркшейдерские съемки производят через каждые 2—3

дня. При этом основным объектом съемок является верхняя бровка дражной выработки. Съемка производится тахеометрическим способом. При незатопленном забое съемку ее верхней бровки производят обычным способом. При съемке верхней бровки затопленной дражной выработки контурные точки через каждые 10—15 м нащупываются рейкой с лодки или трапа драги. Для съемки дражных выработок в затопленном полигоне пункты съемочного обоснования обычно располагаются на площадках вблизи берега водоема. Однако нередко тахеометрическую съемку производят непосредственно с палубы остановленной драги. Точку стояния инструмента определяют прямой или обратной засечкой. Нижняя бровка дражного забоя всегда находится под водой и ее непосредственная съемка затруднительна. Поэтому контур нижней бровки забоя при однородных устойчивых породах наносят на план, откладывая по нормали к линии верхней бровки величину  $a$  заложения откоса, вычисляемую по формуле

$$a = h \operatorname{ctg} \delta, \quad (6.15)$$

где  $h$  — высота откоса;  $\delta$  — угол откоса, установленный для данной драги в определенных горно-геологических условиях.

Для этой цели на характерных участках по ходу движения драги производят профильную съемку уступа, измеряя с лодки через каждые 0,5—1 м глубину залегания точек уступа. При неустойчивых откосах положение нижней бровки определяют одновременно со съемкой откосов забоя и промером глубины черпания.

Глубину черпания драги определяют через каждые 10—20 м хода драги простейшими мерными снарядами (рулетка с грузом). В последние годы на драгах внедряются автоматические способы измерения глубины с помощью самопишущих приборов, соединенных с черпаковой рамой, которые пока не обеспечивают требуемой точности измерений. В Ленинградском горном институте разработан прибор для измерения глубины черпания звуколокационным способом.

Объем горно-подготовительных работ (снятие растительного слоя и торфов) определяют по данным нивелирования вершин сетки квадратов до и после производства работ. Объем работ в пределах каждого квадрата (блока) определяют умножением средней разности отметок вершин на площадь квадрата. Общий объем работ получают суммированием объемов всех блоков.

Объемы земляных работ в канавах, котлованах и дамбах подсчитывают по их поперечным профилям методом вертикальных сечений с учетом коэффициента разрыхления грунта, меняющегося от 1,1 до 1,25.

Объем горной массы, добытой и переработанной драгой, может быть определен способами среднего арифметического, вертикальных разрезов и объемной палетки.

## § 80. Маркшейдерские работы при открыто-гидравлическом способе разработки россыпных месторождений

Гидравлический способ разработки россыпных месторождений заключается в разрушении, разрыхлении и транспортировке песков на обогатительные установки или в отвалы с помощью струи воды, подаваемой гидромонитором под большим напором. На рис. 6.21 приведена общая схема открытогидравлической разработки россыпного месторождения с естественным напором воды. При этом необходимый напор воды создается разностью уровней водосборника 2 и места установки гидромонитора 1. Для этого на реке сооружают плотину 3, от которой вода по деривационной водоприемной канаве 4 и плотку 5 поступает к водосборнику 2 и далее по трубопроводу 6 — к гидромонитору 1 с напором от 0,2 до 1,8 МПа (от 2 до 18 ат). Из гидромонитора вода вылетает со скоростью 25—50 м/с и размывает песок (породу). Водный поток увлекает обвалившийся размывтый песок к колодцу 7, расположенному в более низкой части плотика. Пески из колодца засасываются насосом и подаются к промывочному прибору 8, где извлекается металл, а «хвосты» транспортируются под уклон на отвал 9. При отсутствии условий для создания необходимого естественного напора воды, а также количестве не менее 200—400 л/с напор воды создают искусственно с помощью насосов.

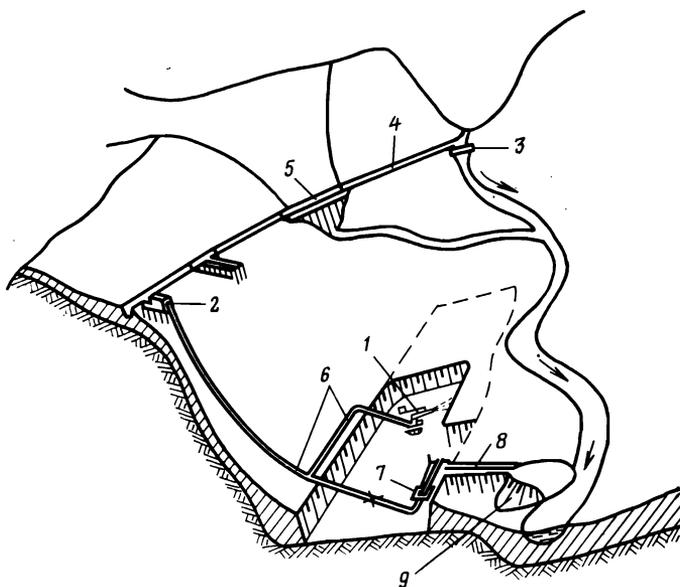


Рис. 6.21. Схема открытогидравлической разработки россыпного месторождения с естественным напором воды

## **Маркшейдерские работы в период разведки, изысканий, подготовки и вскрытия месторождения**

При разведке месторождения маркшейдерские работы, как и в других случаях, сводятся к созданию опорной сети и съемочного обоснования, производству топографической съемки в масштабе 1 : 2000 или 1 : 5000, привязке разведочной сети, составлению необходимого комплекта горно-геометрических графиков, а также участию в подсчете запасов.

Изыскательские работы производятся по заданию проектировщиков для получения необходимых данных для составления технического проекта разработки месторождения. Сначала на плане, а затем на местности выбирают несколько вариантов мест расположения плотины, водоприемника, а также трассы деривационной канавы. По данным технико-экономических расчетов выбирают рациональное расположение этих сооружений с обеспечением их нормативных параметров и уклонов.

В период подготовки и вскрытия месторождения маркшейдерские работы включают:

- 1) пополнение сети пунктов съемочного обоснования на участках искусственных сооружений и вскрышных работ;
- 2) перенос геометрических элементов проекта вскрышных работ в натуру;
- 3) разбивку технических сооружений и контроль за ведением строительно-монтажных работ в соответствии с проектом;
- 4) производство исполнительной съемки с нанесением всех сооружений и установок на маркшейдерский план.

## **Маркшейдерские работы в период разработки россыпей**

Планирование горных работ производится с участием маркшейдера для сезона, каждого квартала и месяца. Основой для планирования горных работ является утвержденный проект горных работ, а также установленная мощность предприятия. Маркшейдер на основе этих документов, а также имеющихся горно-геометрических графиков для каждого гидромонитора намечает контуры горных работ по календарным срокам и после утверждения контролирует его выполнение.

Перенос геометрических элементов системы разработки на местность осуществляется в соответствии с утвержденным планом. Для обеспечения непрерывности транспортировки размытой горной массы особое внимание маркшейдер уделяет заданию необходимых уклонов грунтовыми канавами значительной протяженности.

Пополнительную съемку и замеры выполненных работ обычно производят в конце каждого месяца. Основное назначение этих работ — определение объемов смытой горной

массы и отражение на планах различных контуров, характеризующих горно-геологические условия и состояние горных разработок.

Основными объектами съемки являются: верхние и нижние бровки забоев, рельеф плотика, канавы и т. д. Наиболее распространенным способом съемки является способ ординат относительно эксплуатационной сетки. При съемке больших и глубоких разрезов с неровным плотиком целесообразно применение метода фототеодолитной съемки.

Для определения смытых объемов горной массы за отчетный период дополнительные маркшейдерские планы составляют в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000. Подсчет объемов производится одним из известных способов.

По окончании сезона горных работ с наступлением морозов маркшейдер производит контрольную съемку всей отработанной площади полигона.

## **§ 81. Маркшейдерские работы при рекультивации земель на открытых разработках**

Достоинства открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых общеизвестны, поэтому его широкое применение в настоящее время является основным направлением развития всей горной промышленности СССР.

Однако к числу недостатков открытых разработок следует отнести полное нарушение природного ландшафта значительных по площади земельных участков. Уже сейчас при открытой разработке каменного угля в СССР ежегодно нарушается около 25 тыс. га земель. Общая площадь земель, нарушенных промышленностью (вместе с различными коммуникациями), составляет около 2 млн. га.

Из всей территории нашей страны, составляющей 2240 млн. га, только 427 млн. га (т. е. около 19 %) пригодны для сельского хозяйства, а остальную часть занимают горы, тайга, тундра и пустыни. В СССР земли, которые не требуют для своего освоения значительных капитальных затрат, уже распаханы. Поэтому проблема восстановления земель, нарушенных горными работами, с целью возвращения их сельскому и лесному хозяйствам приобретает в нашей стране все большую актуальность.

Рекультивация (восстановление) земель, нарушенных горными работами, позволяет восполнить земельные ресурсы, улучшить санитарно-гигиенические условия жизни и деятельности человека в горнопромышленных районах.

В Советском Союзе рациональное использование природных ресурсов, охрана и целесообразное преобразование окружаю-

шей среды являются органической частью всей хозяйственной деятельности государства. По мере укрепления экономики страны этим вопросам уделяется большое внимание, что нашло свое выражение в соответствующих законах.

В декабре 1968 г. пятая сессия Верховного Совета СССР приняла Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. В этом законе указывается, что предприятия и организации, которые разрабатывают полезное ископаемое на предоставляемых им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет и в определенные сроки приводить нарушенные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве, а при выполнении указанных работ на других землях — в состояние, пригодное для их использования по назначению.

На основе этого закона 2 июня 1976 г. Совет Министров СССР принял постановление «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ», которое четко определило задачи предприятий, организаций и учреждений, касающиеся как выполнения, так и финансирования мероприятий по рекультивации земель, нарушенных в разное время.

При оценке полноты восстановления нарушенной поверхности земли открытыми разработками относительным количественным показателем является коэффициент восстановления ландшафта

$$K_{л} = S_{в}/S_{н},$$

где  $S_{в}$  и  $S_{н}$  — соответственно восстановленная и нарушенная разработками площадь земли.

Другим показателем является качественный коэффициент восстановления

$$K_{к} = C_{в}/C_{н},$$

где  $C_{в}$  — ценность (продуктивность) восстановленной площади;  $C_{н}$  — ценность (продуктивность) нарушенной площади.

С учетом конкретных горно-геологических и почвенно-географических условий разработок, а также характера восстановимости нарушенной поверхности земли все открытые разработки можно разделить на три основные категории.

*1 категория.* Относительно неглубокие карьеры, в которых разрабатывают горизонтальные и пологие пласты и пластообразные залежи полезных ископаемых (бурые угли, фосфориты, осадочные руды, строительные материалы и т. д.) с размещением пустых пород вскрыши в выработанном пространстве.

Поверхности внутренних породных отвалов таких карьеров после планировки и покрытия культурным (почвенным и подпочвенным) слоем мощностью 1—1,5 м, предварительно снятым с площади карьера, могут быть введены в строй сельскохозяйственных или лесных угодий полностью с качественным коэффициентом восстановления не ниже 0,8—1.

*II категория.* Относительно неглубокие открытые разработки и крупные глубокие карьеры, расположенные на площадях производственных земель, разработку которых осуществляют с внешними породными отвалами, размещенными на специально отведенных участках поверхности, а также с хвостохранилищами горно-обогатительных комбинатов.

Глубокие карьеры с высоким статическим уровнем неагрессивных грунтовых вод или подводом русел речек после выполаживания верхней части бортов образуют водоемы. Неглубокие сухие карьеры могут быть использованы под хозяйственные застройки (хранилища, автотракторные хозяйства и др.) или под лесные посадки.

Поверхность внешних породных отвалов и хвостохранилищ после планировки, выполаживания откосов и покрытия почвенным слоем мощностью не менее 1,2—1,5 м, предварительно снятым с участков, занятых карьером и породными отвалами, в первую очередь должна быть закреплена от эрозии травяным покровом. В дальнейшем восстановленные площади могут быть использованы под посевы поливных сельскохозяйственных культур или лесные посадки.

*III категория.* Открытые разработки, расположенные на бесплодных землях горных районов, в полупустынях и пустынях, а также в районах Крайнего Севера.

На открытых разработках, отнесенных к III категории, выполнение рекультивационных работ необязательно.

Рекультивация сельскохозяйственных земель и лесных угодий, почвенный покров которых нарушен при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, производится на основании специальных проектов, разрабатываемых проектными организациями ведомств, осуществляющих указанные работы.

Работы, связанные с рекультивацией нарушенных земель, производят, как правило, в летнее время.

Рекультивационные работы начинают одновременно со строительством карьера, продолжают в течение всего срока эксплуатации и завершают при ликвидации предприятия.

Маркшейдерские работы, связанные с рекультивацией земель на открытых разработках, выполняют как для составления проекта рекультивационных работ, так и для перенесения геометрических элементов этого проекта в натуру, осуществления контроля за их соблюдением и определения объемов выполненных работ.

До начала строительства карьера маркшейдеры производят крупномасштабную топографическую съемку земной поверхности в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000 на площадях, отведенных под карьер, внешние породные отвалы и хвостохранилища.

При этом в качестве съемочного обоснования могут служить проложенные на этих участках теодолитные ходы или закрепленные сетки квадратов с размерами сторон 100×100 м. При сложном рельефе местности топографическую съемку осуществляют фототеодолитным, тахеометрическим или мензуральным способом. При спокойном рельефе местности съемку производят нивелированием площади по квадратам 20×20 м с сечением горизонталей через 0,2—0,5 м. На этих топографических планах маркшейдер наносит границы отвода площадей под снятия почвенного и подпочвенного слоев на участках карьера и породных отвалов в соответствии с утвержденным планом развития горных работ и породных отвалов.

На топографические планы наносят также точки взятия проб почвы с указанием номера пробы, мощности почвенного слоя, подлежащего выемке.

После начала работ по снятию почвенного слоя грунтов маркшейдер по данным периодических дополнительных съемок на эти планы наносит контуры участков, где осуществлено снятие почвенного и подпочвенного слоев с указанием их мощности в характерных точках контурных линий. На основе этого плана осуществляется определение объемов выполненных работ по снятию почвенного слоя грунта на отдельных участках за данный отчетный период.

Объем удаленного почвенного слоя можно определять способом среднего арифметического или с помощью объемной палетки с предварительным составлением плана вертикальных изомощностей снятых слоев грунтов.

При рекультивации нарушенных земель на отвальных участках важное значение имеет планировка отвальной поверхности. Для определения срока окончательной планировки и подготовки поверхности отвалов для их рекультивации необходимо учесть неизбежность осадок отвалов в период их укладки и планировки. Поэтому маркшейдер осуществляет систематические наблюдения за осадками поверхности отвалов.

При формировании поверхности породных отвалов с целью их рекультивации задачи маркшейдера сводятся в основном к перенесению на местности геометрических элементов вертикальной планировки этой поверхности, т. е. к соблюдению проектных величин и направлений уклонов на различных участках этой поверхности. Однако для предотвращения отрицательных последствий осадок поверхности, подготовленной для рекультивации отвала, ее вертикальную планировку осуществляют многократно с разрывом во времени между каждой планировкой от нескольких месяцев до одного года.

По данным профильной съемки вдоль фиксированных створных линий до и после планировки отвальной поверхности маркшейдер методом вертикальных сечений определяет объем планировочных работ.

После завершения работ по вертикальной планировке поверхности отвала и окончания активной стадии уплотнения насыпных участков на поверхности отвалов производится укладка на спланированной поверхности отвала почвенного слоя грунта. При этом маркшейдер контролирует соответствие фактической мощности слоя этого грунта проектной.

При использовании этих земель с их орошением маркшейдер строго следит за соблюдением проектных уклонов поверхности почвенного слоя.

При использовании этих земель под пашню важно, чтобы поверхность почвенного слоя была бы выровнена. При использовании этих земель под лесопосадки поверхность можно ровнять менее тщательно.

Объем укладки почвенного слоя определяется методами среднеарифметического или объемной палетки.

После завершения рекультивационных работ маркшейдер производит исполнительную съемку всех восстановленных участков земель и полученные исполнительные планы передает по акту соответствующим землепользователям.

## Глава 7

# МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТ

### § 82. Задачи маркшейдера при строительстве шахт и этапы выполнения маркшейдерских работ

Основными задачами маркшейдера при строительстве шахт являются:

а) перенесение в натуру геометрических элементов зданий, сооружений и капитальных горных выработок, подлежащих строительству согласно проекту;

б) осуществление контроля за соблюдением в процессе строительства всех заданных проектом геометрических элементов;

в) производство съемок и составление исполнительных планов и разрезов с отражением фактического положения сооружений и горных выработок.

Работы по перенесению и закреплению геометрических элементов проекта в натуру носят название **разбивочных**.

До начала строительства маркшейдер должен иметь данные о плановой и высотной геодезической основе на территории, подлежащей застройке, проверить стройгенплан и другую проектную документацию. На стройгенплане и рабочих чертежах должны быть проверены числовые значения геометрических элементов зданий и сооружений путем сопоставления их на различных проектных чертежах.

Разбивочные работы начинаются с перенесения центра и осей вертикальных шахтных стволов, после чего на всей поверхности шахты строится плано-высотная разбивочная сеть, являющаяся геодезической основой для производства разбивки всех зданий, сооружений и коммуникаций на поверхности.

От пунктов разбивочной сети на поверхности осуществляют разбивку главных осей каждого здания и сооружения, затем от них производят разбивку осей фундаментов, рядов колонн, стен зданий и т. д. Допустимое отклонение фактического положения осей и различных геометрических элементов от проекта устанавливается инструкцией по производству маркшейдерских работ, строительными нормами и правилами или особыми условиями проекта.

Перед сдачей шахты в эксплуатацию маркшейдер производит исполнительные съемки, на основании которых составляет план промплощадки в масштабах 1 : 500—1 : 1000, план околоствольного двора и других пройденных капитальных горных выработок.

## § 83. Методы перенесения геометрических элементов проекта в натуру

Разбивочные работы в конечном итоге сводятся к перенесению в натуру одного или нескольких из следующих геометрических элементов: горизонтального угла; горизонтального расстояния; точки с заданными координатами  $x$ ,  $y$ ; точки с заданной высотной отметкой  $z$ ; линии с заданными уклоном  $i$  или углом наклона  $\delta$ .

Часть этих элементов дана в проекте, остальные элементы получают путем аналитических вычислений или графических измерений на плане.

### Перенесение горизонтального угла

Пусть имеем закрепленное направление  $AB$ , от которого в точке  $A$  необходимо вынести проектный угол  $\beta$ , т. е. перенести в натуру проектное направление  $AC$ . Для этого в точке  $A$  (рис. 7.1) устанавливают теодолит, совмещают нули лимба и алидады горизонтального круга и при открепленном лимбе наводят визирную линию трубы на точку  $B$ . Затем, закрепив лимб и открепив алидаду, поворачивают ее на заданный угол  $\beta$  при круге слева. По направлению визирной линии выставляют точку  $C_1$ . Переведя трубу через зенит, при круге справа повторяют указанные действия и выставляют точку  $C_2$ . За окончательное положение точки  $C$  принимают середину между точками  $C_1$  и  $C_2$ .

Построенный таким образом угол  $BAC$  и есть заданный проектный угол  $\beta$ , свободный от влияния коллимационной погрешности теодолита. Для контроля угол  $BAC$  должен быть измерен одним приемом или повторением и сопоставлен с проектным его значением  $\beta$ . Отклонение измеренного угла от его проектного значения не должно превышать требуемой точности построения этого угла.

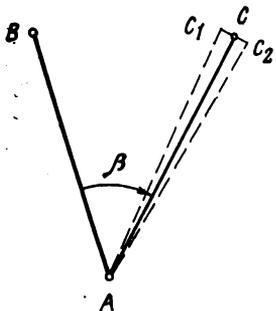


Рис. 7.1. Перенесение проектного горизонтального угла  $\beta$  в натуру

### Перенесение заданного горизонтального расстояния

На планах размеры сооружений и расстояния между точками даются в проекции на горизонтальную плоскость. Однако поверхность местности, где производят разбивочные работы, может быть расположена под различным углом наклона к горизонту.

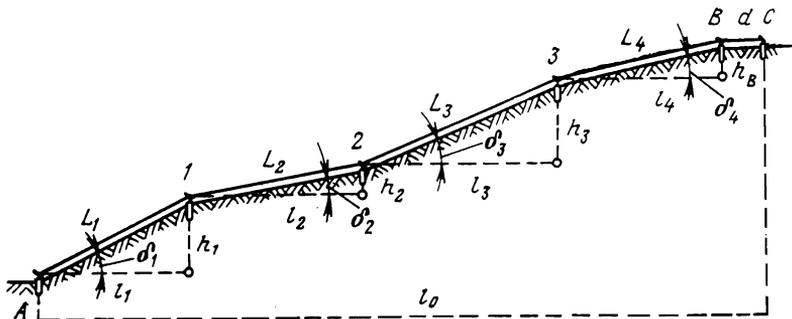


Рис. 7.2. Перенесение в натуру заданного горизонтального расстояния

Следовательно, для перенесения заданного в проекте горизонтального расстояния  $l$  на местности необходимо отложить наклонное расстояние  $L$ , горизонтальная проекция которого равна  $l$ .

Измерение (откладывание) расстояний осуществляют компарированной стальной рулеткой, длиномером АД-1 или инварной проволокой при повышенных требованиях к точности разбивочных работ. В результате измерений вводят поправки за компарирование мерного прибора, за провес и за температуру по формулам, приведенным в § 51. Метод перенесения проектного горизонтального расстояния  $l$  в натуру зависит от условий рельефа местности.

Рассмотрим три характерных случая.

**Первый случай.** Местность равнинная, угол наклона поверхности незначительный и расстояние  $l$  невелико. В этом случае от начальной точки в заданном направлении мерным прибором откладывают требуемое расстояние  $l$  с учетом вводимых поправок и отмечают положение определяемой точки на местности.

**Второй случай.** Местность представляет собой ровный склон с постоянным углом наклона. В этом случае в начальной точке  $A$  устанавливают теодолит и измеряют угол наклона  $\delta$  направления  $AB$ , по которому производят разбивку линии. От точки  $A$  в заданном направлении откладывают наклонное расстояние, вычисляемое по формуле

$$L = l / \cos \delta. \quad (7.1)$$

**Третий случай.** Поверхность местности сложная, и проектное расстояние  $l_0$  значительное. В этом случае (рис. 7.2) в начальной точке  $A$  устанавливают теодолит и вдоль заданного направления отмечают точки перегиба 1, 2, 3 рельефа местности. От точки  $A$  на расстоянии  $l_0$ , близком к проектному, отмечают точку  $B$ . Затем измеряют длины наклонных отрезков  $L_1, L_2, L_3$ ,

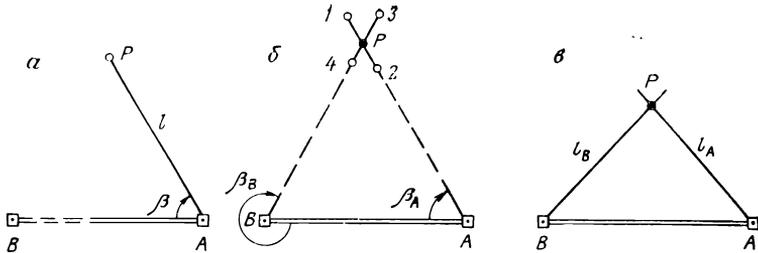


Рис. 7.3. Перенесение в натуру точки  $P$  по заданным ее координатам

$L_4$  между отмеченными точками и углы наклона  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  или превышения  $h_1, h_2, h_3, h_4$  концов этих отрезков.

Горизонтальные проекции измеренных наклонных отрезков определяют по формуле

$$l_i = L_i - \Delta L_i, \quad (7.2)$$

где  $\Delta L_i$  — поправка за наклон линии, определяемая из выражений:

$$\Delta L_i = 2L_i \sin^2 \delta_i / 2 \quad \text{или} \quad \Delta L_i = h_i^2 / 2L_i. \quad (7.3)$$

Горизонтальная проекция расстояния между точками  $A$  и  $B$

$$\Sigma l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4.$$

Для получения заданного проектом горизонтального расстояния  $l_0$  от точки  $B$  горизонтально откладывают величину домера  $d = l_0 - \Sigma l$  и получают конечную точку  $C$  разбиваемой линии.

### Перенесение точки по заданным ее координатам

Пусть требуется перенести на местность точку  $P$  с заданными в проекте координатами  $x_P, y_P$ . Для решения этой задачи необходимо иметь не менее двух опорных точек  $A$  и  $B$  с известными координатами  $x_A, y_A, x_B, y_B$  и дирекционным углом  $(AB)$ .

В зависимости от условий местности и взаимного расположения точек  $P, A$  и  $B$  применяют различные способы переноса точки  $P$  в натуру.

Полярный способ (рис. 7.3, а) применяют в открытой местности при благоприятных условиях для линейных измерений. При этом перенос точки  $P$  осуществляют по двум разбивочным элементам — горизонтальному углу  $\beta$  и горизонтальному расстоянию  $l$ .

Если значения величин  $\beta$  и  $l$  не даны в проекте, то их определяют путем вычислений решением обратной геодезической задачи.

$$\operatorname{tg}(AP) = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}; \quad l = \frac{y_P - y_A}{\sin(AP)} = \frac{x_P - x_A}{\cos(AP)};$$

$$\beta = (AP) - (AB).$$

Положение точки  $P$  на местности определяют отложением в точке  $A$  горизонтального угла  $\beta$  и по полученному направлению расстояния  $l$  способами, описанными выше.

Способ угловой засечки (рис. 7.3, б) применяют при неблагоприятных условиях для линейных измерений и при больших расстояниях до точки  $P$ . При этом перенос точки  $P$  в натуру осуществляют только по угловым величинам  $\beta_A$  и  $\beta_B$ . Для определения величин углов  $\beta_A$  и  $\beta_B$  сначала, решив обратную геодезическую задачу, вычисляют значения дирекционных углов  $(AP)$  и  $(BP)$ , а затем находят требуемые углы из выражений:

$$\beta_A = (AP) - (AB) \quad \text{и} \quad \beta_B = (BP) - (BA), \quad (7.4)$$

где  $(AB)$  — дирекционный угол известного направления  $AB$ .

В точках  $A$  и  $B$  устанавливают теодолиты и, отложив углы  $\beta_A$  и  $\beta_B$ , вблизи места пересечения полученных направлений отмечают точки 1, 2, 3 и 4. Положение выносимой в натуру точки  $P$  определяют в точке пересечения двух шнуров, натянутых по линиям 1—2 и 3—4.

Способ линейных засечек (рис. 7.3, в) применяют при расстояниях  $l_A$  и  $l_B$  определяемой точки  $P$  от опорных пунктов  $A$  и  $B$  не более длины мерного прибора (рулетки).

Если горизонтальные расстояния  $l_A$  и  $l_B$  не даны в проекте, то их значения получают по формулам:

$$l_A = \sqrt{(x_P - x_A)^2 + (y_P - y_A)^2}; \quad l_B = \sqrt{(x_P - x_B)^2 + (y_P - y_B)^2}.$$

При наклонной местности по формуле (7.1) вычисляют соответствующие им наклонные расстояния  $L_A$  и  $L_B$ . От точек  $A$  и  $B$  с помощью двух рулеток откладывают эти расстояния и в точке совмещения их концов закрепляют точку  $P$ .

Способ створов применяют тогда, когда подлежащая разбивке точка  $P$  расположена в створе линии между известными точками  $A$  и  $B$  или на ее продолжении. При этом задача сводится к откладыванию вдоль линии створа проектного расстояния от ближайшей точки  $A$  или  $B$  до точки  $P$  в заданном направлении.

Кроме того, в строительной практике широко применяется разбивка точки относительно сторон закрепленной на местности строительной сетки квадратов или теодолитного хода. В этом случае положение разбиваемой точки определяют известным методом ординат.

### **Закрепление точки на заданной в проекте ее отметке**

Высотную разбивку точек в основном осуществляют методом геометрического нивелирования от ближайшего репера.

Рассмотрим два характерных случая.

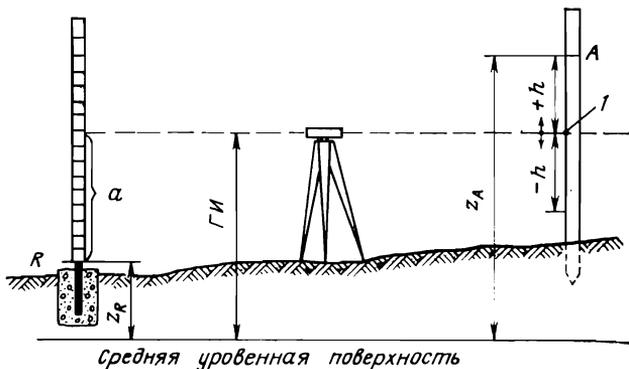


Рис. 7.4. Вынос точки  $A$  на заданной в проекте ее отметке  $z_A$

Случай 1 (рис. 7.4). Пусть требуется вынести в натуру и закрепить точку  $A$  на заданной в проекте ее абсолютной отметке  $z_A$ . Между исходным репером  $R$  и местом выноски точки  $A$  (на рис. 7.4 — столбом) устанавливают нивелир, а на репер — нивелирную рейку. По рейке берут отсчет  $a$  и на столбе отмечают пересечение с ним визирной линии нивелира (точку  $I$ ). Вычисляют горизонт инструмента  $ГИ$  и его превышение  $h$  от проектного уровня точки  $A$  с отметкой  $z_A$  по формулам:

$$ГИ = z_R + a; \quad h = z_A - ГИ. \quad (7.5)$$

Если превышение  $h$  получится со знаком плюс, то его величину, как показано на рис. 7.4, откладывают от точки  $I$  вверх и отмечают точку  $A$ , а при знаке минус от той же точки  $I$  величину  $h$  откладывают вниз.

Случай 2. В вырытом котловане (рис. 7.5) на колу, забитом в точке  $C$ , требуется зафиксировать уровень с заданной проектной отметкой  $z_0$ .

При наличии вблизи неглубокого котлована репера  $R$  с отметкой  $z_R$  эту задачу решают упрощенным способом с помощью реек и накладного уровня (рис. 7.5, а).

Для этого левый конец рейки  $1$  устанавливают на головку репера  $R$ , а правый конец ее совмещают с делением  $h = z_R - z_0$  рейки  $2$ . Рейку  $2$  вместе с правым концом рейки  $1$  передвигают по высоте и с помощью накладного уровня  $3$  рейку  $1$  приводят в горизонтальное положение. Основание  $o$  рейки  $2$  фиксируют на колу, забитом в точке  $C$  дна котлована. Фиксированная точка  $o$  будет расположена на уровне с проектной отметкой  $z_0$ .

При глубоком котловане (рис. 7.5, б) эту задачу решают следующим образом. К укрепленной над котлованом доске  $3$  подвешивают рулетку  $4$  с грузиком  $5$  и опускают в котлован. На поверхности устанавливают нивелир и берут отсчет  $a$  по рейке, ус-

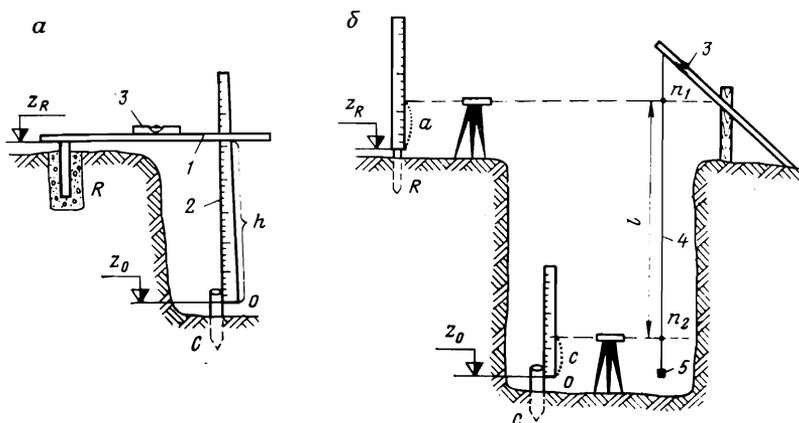


Рис. 7.5. Перенесение в котлован точки с заданной проектной отметкой  $z_0$ :  
 а — при неглубоком котловане; б — при глубоком котловане

тановленной на репере  $R$ . При том же горизонте инструмента берут отсчет  $n_1$  по рулетке.

Нивелиром, установленным в котловане, берут отсчет  $n_2$  по рулетке. Длина вертикального отрезка рулетки между двумя горизонтами нивелиров

$$l = n_1 - n_2.$$

Пользуясь выражением  $z_0 = z_R + a - l - c$  (рис. 7.5, б), определяют отсчет  $c$  по рейке, приложенной к колу, забитому в точке  $C$ , при котором основание этой рейки будет иметь отметку  $z_0$ , заданную проектом. Требуемый отсчет по рейке вычисляют по формуле

$$c = z_R - z_0 + a - l. \quad (7.6)$$

Передвигают нижнюю рейку по высоте до совпадения средней горизонтальной нити нижнего нивелира с вычисленным отсчетом  $c$  и на колу фиксируют уровень основания рейки в точке  $o$ , имеющей заданную проектом отметку  $z_0$ . Аналогичным образом осуществляют перенесение проектной отметки точек, расположенных на горизонтах выше поверхности земли. При этом рулетку с грузом подвешивают на верхнем горизонте строительно-монтажных работ.

### Перенесение линии с заданным уклоном

Задачи по перенесению в натуре линии с заданным проектным уклоном  $i_0$  или углом наклона  $\delta_0$  возникают при строительстве линейных сооружений (дороги, траншеи, линии трубопроводов и т. д.)

Рассмотрим несколько примеров решения этих задач.

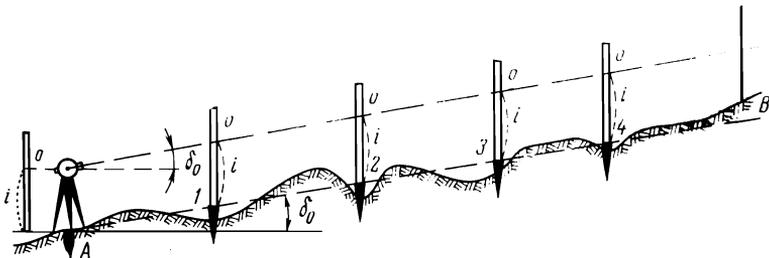


Рис. 7.6. Перенесение линии в натуру с заданным проектным углом наклона  $\delta_0$

**Пример 1.** Пусть требуется от точки  $A$ , имеющей проектную отметку  $z_A$ , по направлению  $AB$  перенести и закрепить в натуру линию с заданным проектным углом наклона  $\delta_0$  (рис. 7.6). Для этого устанавливают теодолит над точкой  $A$  и визирную линию трубы направляют на точку  $B$ . Приводят пузырьки цилиндрического уровня вертикального круга на середину и зрительную трубу устанавливают в такое положение, при котором отсчет по вертикальному кругу с учетом места нуля соответствовал бы заданному проектному углу  $\delta_0$ . Измеряют высоту инструмента  $i$  и фиксируют ее в точке  $o$  рейки.

В необходимых точках  $1, 2, 3, 4$  в створе линии  $AB$  забивают колья так, чтобы визирная линия трубы проходила через фиксированную точку  $o$  рейки, последовательно устанавливаемой на них. Линия, соединяющая головки забитых колов, в точках  $A, 1, 2, 3, 4$  будет иметь заданный проектом угол наклона  $\delta_0$ .

**Пример 2.** Пусть между точками  $A$  и  $B$ , имеющими проектные отметки  $z_A$  и  $z_B$ , требуется закрепить промежуточные точки, расположенные на линии  $AB$ , имеющей проектный уклон

$$i_{AB} = \frac{z_B - z_A}{l_{AB}}. \quad (7.7)$$

В этом случае над точкой  $A$  устанавливают теодолит высотой  $i$ , а на рейке, установленной в точке  $B$ , отмечают точку  $o$  на той же высоте  $i$ . Зрительную линию трубы теодолита направляют на точку  $o$  рейки. При этом закрепление промежуточных точек осуществляют так же, как и в примере 1.

При выполнении земляных работ, не требующих высокой точности, разбивку и закрепление промежуточных точек осуществляют сами исполнители работ с помощью простых визирок. Визирки представляют собой две дощечки, соединенные в виде буквы  $T$ . Изготавливают три визирки с одинаковой высотой (около 0,8 м). Две из них устанавливают в точках  $A$  и  $B$ , а третью последовательно ставят на промежуточные колья, которые забивают до тех пор, пока верхние грани всех визирок не окажутся на одной линии.

## § 84. Разбивка и закрепление в натуре центра и осей вертикального шахтного ствола

Перенесение в натуру центра и осей вертикального шахтного ствола является весьма ответственной маркшейдерской работой, так как от этих осей осуществляют разбивку всех поверхностных сооружений шахты, установку и проверку подъемного комплекса, армирование ствола, рассечку околоствольного двора и т. д.

Осями вертикального шахтного ствола называют две взаимно перпендикулярные прямые, одна из которых параллельна, а другая перпендикулярна к основным несущим расстрелам этого ствола. Оси шахтного ствола являются осями симметрии его горизонтального сечения.

Центром вертикального шахтного ствола называют точку пересечения его осей.

Исходными данными для перенесения в натуру центра и осей вертикального шахтного ствола являются выданные в проекте координаты  $x_0, y_0$  центра ствола  $O$  и дирекционные углы  $\alpha_I$  и  $\alpha_{II}$  его осей (рис. 7.7). Разбивку центра ствола следует производить от пункта маркшейдерской опорной сети, удаленного от местоположения ствола не более чем на 300 м. Перенесение центра ствола производят независимо дважды. Расхождение в положении центра ствола при двукратном определении не должно превышать 0,5 м.

Угловая погрешность разбивки  $I$  главной оси ствола не должна превышать  $\pm 3'$ , а погрешность разбивки другой, перпендикулярной к ней  $II$  оси относительно оси  $I$ , не должна превышать  $\pm 45''$ .

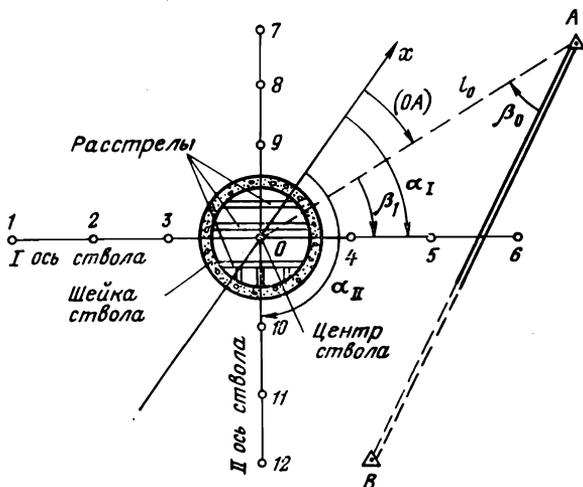


Рис. 7.7. Схема разбивки и закрепления центра и осей вертикального шахтного ствола

Перенесение в натуру центра ствола по известным его координатам  $x_0, y_0$  осуществляют одним из способов, описанных в § 83.

На рис. 7.7 показан случай перенесения центра ствола  $O$  от опорной точки  $A$  по полярным координатам  $\beta_0, l_0$ . Перенесенный центр ствола  $O$  достаточно закрепить временным знаком. Затем по известному значению дирекционного угла  $\alpha_1$  первой оси ствола и дирекционному углу направления  $OA$ , вычисляемому из выражения  $(OA) = (AO) \pm 180^\circ$ , определяют горизонтальный угол  $\beta_1$  при точке  $O$  по формуле

$$\beta_1 = \alpha_1 - (OA). \quad (7.8)$$

Отложив теодолитом угол  $\beta_1$  в точке  $O$ , на местности фиксируют направление  $I$  оси ствола. В той же точке  $O$  от направления  $I$  оси ствола теодолитом откладывают угол  $90^\circ$  и на местности фиксируют направление  $II$  оси ствола. Положение каждой оси ствола должно быть закреплено в натуре не менее чем тремя постоянными осевыми пунктами на каждом конце.

При выборе мест для закладки осевых пунктов  $1, 2, 3, 4, \dots, 12$  учитывают следующие обстоятельства:

- 1) осевые пункты должны быть заложены в местах, где не намечается возведения сооружений;
- 2) между осевыми пунктами должна быть обеспечена взаимная видимость;
- 3) с одного из пунктов, находящихся за будущим зданием подъемной машины, должны быть видны подшкивная площадка копра и направляющие шкивы.

## § 85. Создание разбивочной сети на поверхности шахты

Для производства разбивочных работ при строительстве зданий и сооружений на поверхности шахты необходимо иметь достаточное число опорных геодезических точек, близко расположенных к объектам строительства. Существующая сеть опорных геодезических пунктов для этой цели недостаточна. Учитывая это обстоятельство, после разбивки осей ствола шахты в пределах промышленной площадки шахты создается специальная разбивочная (строительная) сеть пунктов в виде системы прямоугольников со сторонами, параллельными осям главного шахтного ствола, и размерами сторон прямоугольников не менее 80 м. В вершинах этих прямоугольников закладывают основные пункты разбивочной сети, закрепляемые постоянными знаками. Дополнительные пункты задают в створах между основными.

Осевые пункты главного шахтного ствола включают в систему разбивочной сети. Основные пункты этой сети размещают в местах, обеспечивающих долгосрочную их сохранность, а дополнительные пункты — в местах, позволяющих вести производство с них непосредственной разбивкой осей прилегающих к ним зданий и сооружений.

Координаты  $x$ ,  $y$  основных и дополнительных пунктов разбивочной сети определяют путем проложения между ними полигонометрических ходов. Для использования этих пунктов в качестве реперов между ними прокладывают ходы геометрического нивелирования и определяют их высотные отметки  $z$ .

Достоинство такой разбивочной сети состоит не только в том, что все ее пункты расположены в непосредственной близости от объектов строительства, но и в том, что разбивка осей зданий и сооружений может быть осуществлена наиболее простым способом перпендикуляров.

## § 86. Основные сведения о разбивке зданий и сооружений

Плановое положение зданий, сооружений и различных коммуникаций на промышленной площадке определено на генплане поверхности шахты относительно пунктов и сторон разбивочной (строительной) сетки.

Положение некоторых зданий и сооружений, прилегающих к стволу шахты, определено непосредственно относительно осей ствола шахты. Размеры и взаимная увязка отдельных узлов и деталей зданий (сооружений) даются в рабочих чертежах.

Плановая разбивка здания осуществляется в следующем порядке (рис. 7.8).

От точки  $A$  оси ствола шахты или разбивочной сети по заданным в проекте значениям угла  $\beta_1$  и расстояния  $l$  выносят и закрепляют точку  $O$  пересечения главных осей здания. Устанавливают теодолит в точке  $O$  и по углу  $\beta_2$ , вычисленному по разности дирекционных углов направлений  $OA$  и  $BC$ , выносят главную ось здания и закрепляют ее за пределами контура здания точками  $B$  и  $C$ . Вторую главную ось  $DE$  здания выносят перпендикулярно к линии  $BC$ . Затем от точки  $O$  по направлениям главных осей откладывают расстояния, соответствующие указанным в рабочем чертеже, и закрепляют точки  $b$ ,  $c$ ,  $d$  и  $e$  на осях фундаментов здания. Далее теодолит устанавливают последовательно в точках  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ . Под углом  $90^\circ$  к главным осям выносят оси остальных фундаментов здания и закрепляют точки  $1$ ,  $2$  и  $3$  их пересечений.

Однако кроме точек  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  все остальные точки при ведении строительных работ будут уничтожены. Учитывая это обстоятельство, осевые точки фундаментов выносят за пределы

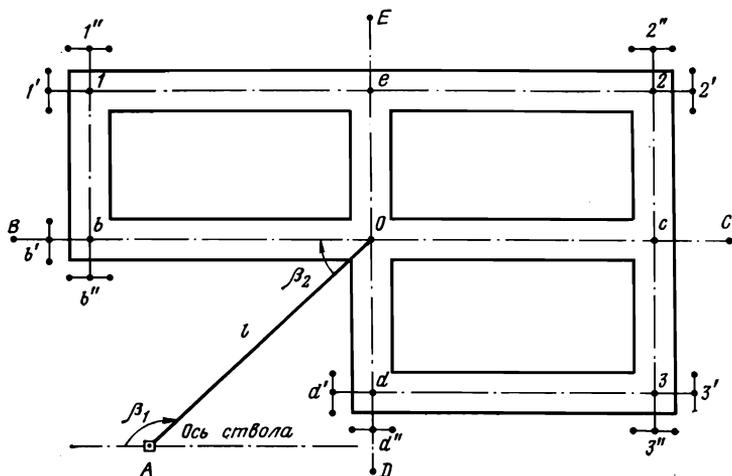


Рис. 7.8. Схема разбивки осей здания

здания. С этой целью на расстоянии 2—3 м от наружных углов стен устраивают обноски, состоящие из вбитых в землю стоек и прибитых к ним горизонтальных реек, на которые выносят осевые точки  $1', 1'', 2', 2'', b', b''$ , отмечая их на обносках гвоздями. Для перенесения этих осей на дно вырытого котлована между вынесенными на обносках осевыми точками натягивают шнуры и в точках их пересечения подвешивают легкие отвесы.

Вертикальную разбивку фундаментов производят от ближайших реперов одним из методов, изложенных в § 83.

После завершения работ на уровне условной нулевой отметки (уровень пола первого этажа) осуществляют повторный вынос осей стен и колонн.

Разбивочные работы при строительстве подъездных путей и автодорог имеют свои особенности. Маркшейдер прежде всего проверяет наличие на местности точек, закрепленных при изыскании трассы. Потерянные точки восстанавливают и производят контрольное нивелирование.

Поскольку все точки оси трассы при выполнении земляных работ неизбежно уничтожаются, маркшейдер заблаговременно осуществляет выносу точек оси трассы за пределы сооружаемого земляного полотна.

После завершения земляных работ восстанавливают ось трассы, от которой производят разбивку элементов проезжей части автодорог или рельсовых путей железных дорог. Контроль за соблюдением проектных уклонов оси дорог осуществляют контрольным нивелированием и составлением фактического профиля.

## § 87. Разбивка и маркшейдерский контроль при монтаже подъемного комплекса

Комплекс подъемной установки вертикального шахтного ствола состоит из подъемной машины с органами навивки — барабанами, подъемных канатов, направляющих шкивов, подъемных сосудов, проводников и несущей конструкции — копра. Расположение осей перечисленных элементов подъемного комплекса установлено проектом.

Задача маркшейдера при монтаже подъемного комплекса — перенесение в натуру основных геометрических осей оборудования и конструкций, а также осуществление контроля за соблюдением проектных соотношений всех геометрических элементов подъемных установок.

Осуществление данной задачи весьма ответственно, так как от этого во многом зависит нормальная работа шахтного подъема.

### Геометрические элементы подъемной установки

Рассмотрим некоторые основные элементы вертикального шахтного подъема, представленного на рис. 7.9.

Высота копра  $H_k$  — расстояние по вертикали от нулевой площадки шахтного ствола до оси вращения верхнего направляющего шкива.

Центр подъема ЦП — точка, делящая пополам расстояние между осями подъемных канатов, идущих в ствол. На рис. 7.9 показан только центр скипового подъема.

Центр вала подъемной машины ЦМ — точка на оси главного вала подъемной машины, расположенная по середине между внутренними ребрами барабана (в установках с одним цилиндрическим барабаном) или, как показано на рис. 7.9, по середине между внешними ребрами барабанов.

Ось подъема — прямая, проходящая через центр подъема ЦП и перпендикулярная к оси главного вала подъемной машины.

На рис. 7.9 показана только ось скипового подъема. Если в стволе два подъема, каждому из них соответствует своя ось подъема. Ось подъема может быть параллельна оси ствола или образовывать с нею определенный угол.

Центр направляющего шкива ЦШ — точка на оси вала шкива, расположенная посередине между стенками желоба шкивового обода.

Плоскость симметрии шкива — плоскость, проходящая через середину между внутренними гранями реборд шкива и перпендикулярная к оси вала шкива.

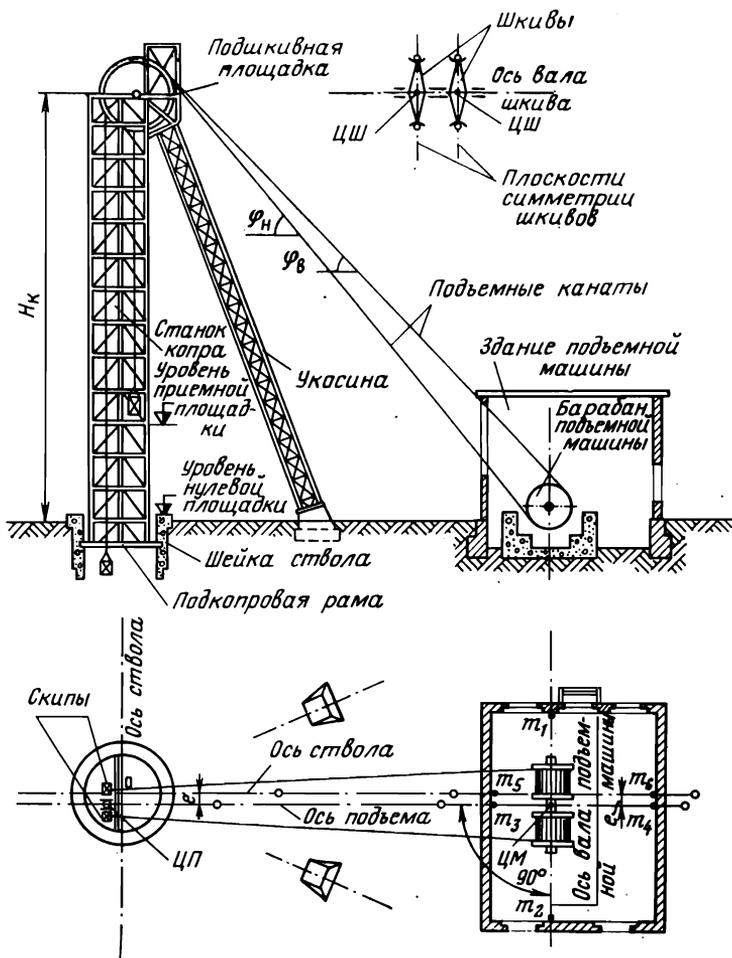


Рис. 7.9. Схема расположения геометрических элементов вертикального шахтного подъема

Углы наклона подъемных канатов  $\varphi_n$  и  $\varphi_v$  — углы, составляемые осями нижнего и верхнего канатов с горизонтальной плоскостью при отсутствии провисания.

Углы отклонения (девиации) каната на барабане подъемной машины и на шкивах (см. рис. 7.12)  $\alpha_n$  и  $\alpha_v$  — углы в наклонной плоскости между осями канатов и их проекциями на вертикальную плоскость, перпендикулярную к оси главного вала подъемной машины.

Углы отклонения каната на шкивах  $\beta_n$  и  $\beta_v$  — углы в наклонной плоскости каната между осями канатов и их проекциями на плоскость симметрии шкива.

## Контроль за монтажом подкопровой рамы и копра

Станок постоянного копра устанавливают на подкопровую раму, закрепляемую в проемах шейки ствола анкерными болтами. Предварительная разметка и сборка подкопровой рамы производятся на заводе, где на поверхности рамы отмечают кернами четыре точки, соответствующие проектному положению осей ствола.

От проволок, обозначающих оси ствола на поверхности, по заданным проектным размерам намечают места для лунок анкерных болтов. Уложив подкопровую раму на анкерные болты, проверяют ее по высоте путем нивелирования четырех углов. Проверку установки рамы в горизонтальной плоскости осуществляют с помощью отвесов, опущенных с проволок, натянутых между скобами, закрепленными на стенке шейки по оси ствола.

Пользуясь рабочими чертежами, производят разбивку осей фундаментов опорных ног укосины от осей ствола или подъема. После рытья котлована в его днище укладывают бетонную подушку. На верхней площадке опоры заделывают анкерные болты для крепления пяты конструкции укосины.

Возведение копра осуществляют: 1) путем предварительной его сборки на площадке с последующим подъемом и установкой на подкопровой раме; 2) последовательным наращиванием отдельных его звеньев (панелей) непосредственно на подкопровой раме.

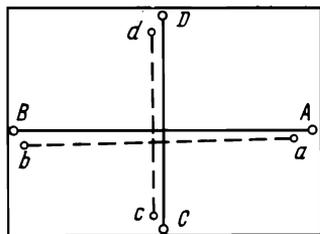


Рис. 7.10. Предварительная разметка осей  $AB$  и  $CD$  ствола и вынос их фактического положения  $ab$  и  $cd$  на подшивной площадке после установки копра

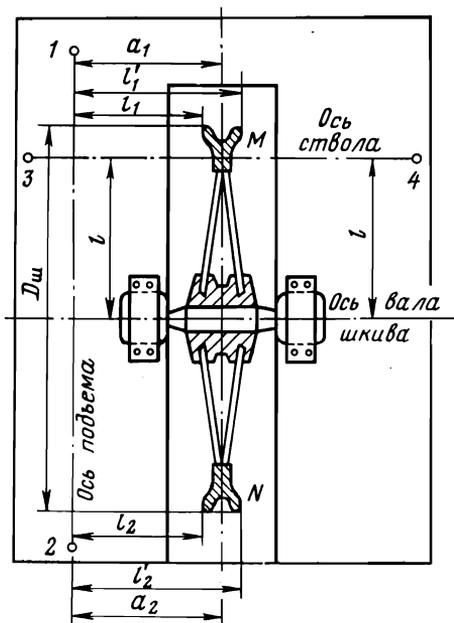


Рис. 7.11. Проверка положения плоскости симметрии шкива относительно оси подъема

До монтажа маркшейдер производит разметку на подшивной площадке осевых точек  $A, B, C$  и  $D$  (рис. 7.10).

Маркшейдерский контроль за правильностью установки копра осуществляется после завершения его монтажа. Для этого на осевом пункте ствола шахты, удаленном на расстоянии не более 100 м от копра, устанавливают теодолит. Визирную линию теодолита ориентируют по направлению противоположной осевой точки и при двух положениях трубы с использованием накладного уровня, выносят направление оси ствола на подшивную площадку и фиксируют средние положения точек  $a$  и  $b$ . Затем теодолит устанавливают на осевой пункт другой оси ствола и аналогичным образом на подшивную площадку выносят и фиксируют осевые точки  $c$  и  $d$ .

Перенесенные на подшивную площадку фактические оси  $ab$  и  $cd$  не должны отклоняться от размеченных ранее осей  $AB$  и  $CD$  более чем на  $\pm 25$  мм в направлении, перпендикулярном к оси подъема, и на  $\pm 50$  мм в направлении, параллельном оси подъема.

При необходимости таким же образом переносят на подшивную площадку направление оси подъема.

В тех случаях, когда искривленность копра не позволяет установить подшивную площадку в проектное положение, маркшейдер выполняет профильную съемку копра.

Отклонение ребер станка копра от вертикали может определяться проектированием соответствующих точек с помощью теодолита на рейку, установленную горизонтально у основания копра.

### **Контроль за установкой направляющего шкива и оси его вала**

Задача маркшейдера при установке направляющих шкивов сводится к осуществлению контроля за соблюдением следующих геометрических условий.

1. Осевая плоскость симметрии шкива (рис. 7.11) должна быть расположена на заданном в проекте расстоянии  $a$  от оси подъема. Для контроля за соблюдением этого условия между точками 1 и 2, фиксирующими положение оси подъема, на подшивной площадке натягивают тонкую проволоку и от нее измеряют расстояния  $l_1$  и  $l'_1$  до внешних граней реборд шкива на одном конце  $M$  горизонтального диаметра и расстояния  $l_2$  и  $l'_2$  до внешних реборд шкива на другом конце  $N$ . Искомое среднее расстояние на двух концах шкива определяют по формулам:

$$a_1 = \frac{l_1 + l'_1}{2} \quad \text{и} \quad a_2 = \frac{l_2 + l'_2}{2}. \quad (7.9)$$

Аналогичные величины находят из измерений, производимых после поворота шкива на  $180^\circ$ , и из них берут средние. Отклонение этих величин от проектного значения  $a$  не должно превышать  $\pm 10$  мм.

2. Ось вала шкива должна быть расположена в плане на заданном в проекте расстоянии  $l$  от оси ствола. Контроль за осуществлением данного условия производят непосредственным измерением этого расстояния от двух концов оси вала до протянутой проволоки между точками 3 и 4, фиксирующими ось ствола, перенесенную на подшивную площадку.

3. Ось вала шкива должна быть горизонтальной, а осевая плоскость шкива вертикальной. Горизонтальность вала проверяют накладным уровнем или шланговым нивелиром. Для проверки вертикальности плоскости симметрии шкива вблизи шкива опускают отвес и измеряют расстояния от отвеса до внешней грани реборд снизу и сверху.

### Контроль за установкой подъемной машины

Разбивку здания подъемной машины производят от осей подъема и главного вала подъемной машины. На оси подъема временно закрепляют центр подъемной машины ЦМ (см. рис. 7.9). Установив над этой точкой теодолит, откладывают от оси подъема угол  $90^\circ$  и на продолжении визирной линии в обе стороны закрепляют ось главного вала подъемной машины точками за пределами будущего здания.

При возведении стен с внутренней стороны их закрепляют скобы и на них переносят точки  $m_1$  и  $m_2$  оси главного вала машины, точки  $m_3$ ,  $m_4$  оси подъема и точки  $m_5$ ,  $m_6$  оси ствола. После возведения стен закладывают второй ряд скоб выше первого на 2—2,5 м и переносят на них метки оси подъема и оси главного вала подъемной машины.

Разбивку фундамента подъемной машины и гнезд для закладки анкерных болтов производят от закрепленных внутри здания осей подъема и главного вала.

Маркшейдерский контроль при укладке рамы машины состоит в определении ее горизонтальности и правильности расположения в плане. Отклонение рамы по высоте от ее проектной отметки не должно превышать  $\pm 100$  мм, а максимальная разность отметок углов рамы должна быть не более  $\pm 15$  мм. После укладки рамы между осевыми стенными скобами натягивают проволоки и с них опускают отвесы. Створы этих отвесов должны совпадать с соответствующими створами осевых точек, намеченных на раме. Отклонения осевых точек рамы от створов отвесов не должны превышать  $\pm 10$  мм.

Контроль установки главного вала подъемной машины в горизонтальной и вертикальной плоскостях осуществляется с соблюдением допусков отклонений, не превышающих: по высоте

от проектной отметки  $\pm 100$  мм; по расстоянию до оси ствола  $\pm 100$  мм; по разности отметок концов вала 1 : 500 его длины; по перпендикулярности оси вала к оси подъема  $\pm 2'$  и по смещению центра вала от проектной оси подъема  $\pm 50$  мм.

### Контроль подъемного комплекса вертикального шахтного ствола

Контрольная проверка подъемного комплекса производится при сдаче шахты в эксплуатацию и периодически в процессе работы.

При подъеме и спуске подъемных сосудов в стволе на барабане подъемной машины канат перемещается по его рабочей части, вследствие чего происходит изменение углов отклонения (девиации) канатов, которые при крайних положениях канатов достигают максимальных величин (рис. 7.12). По правилам технической эксплуатации значения углов отклонений на барабане  $\alpha_{\text{н}}$  и  $\alpha_{\text{в}}$  и на шкиве  $\beta_{\text{н}}$  и  $\beta_{\text{в}}$  не должны превышать  $1^{\circ}30'$ .

Для подъемной установки с двумя цилиндрическими барабанами и шкивами, расположенными на одной геометрической оси, углы отклонения на барабане вычисляются по формулам:

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{b_1 - a}{L_{\text{н}}} \rho'$$

$$\text{и } \alpha_{\text{в}} = \frac{a - b_2}{L_{\text{н}}} \rho', \quad (7.10)$$

где  $a$  — расстояние от оси подъема до плоскости симметрии шкива;  $b_1$  и  $b_2$  — расстояния от оси подъема до дальней и ближней границ рабочей части барабана;  $L_{\text{н}}$  — наклонное расстояние между осями валов подъемной машины и шкивов.

Углы отклонения каната на шкивах определяют по формулам:

$$\beta_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} - \gamma \cos \varphi;$$

$$\beta_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}} + \gamma \cos \varphi, \quad (7.11)$$

где  $\gamma$  — горизонтальный угол поворота осевой плоскости шкива относительно оси подъема, вычисляемый по формуле

$$\gamma = \frac{a_1 - a_2}{D_{\text{ш}}} \rho', \quad (7.12)$$

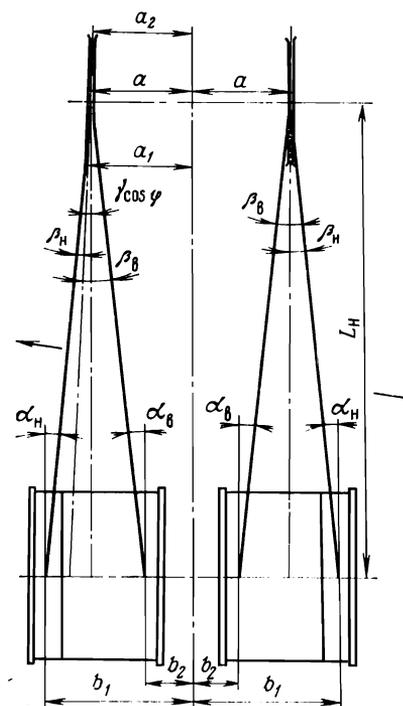


Рис. 7.12. Углы отклонения (девиации) канатов

в которой  $a_1$  и  $a_2$  — расстояния от оси подъема до плоскости шкива на концах его горизонтального диаметра  $D_{ш}$ , а угол  $\varphi$  — угол наклона подъемного каната.

Если осевая плоскость шкива проходит через середину рабочей части барабана, то  $\beta_{н} = \beta_{в}$ .

При расположении осевой плоскости шкива параллельно оси подъема  $\alpha_{н} = \beta_{н}$  и  $\alpha_{в} = \beta_{в}$ .

## § 88. Маркшейдерские работы при проходке и креплении вертикальных шахтных стволов

Ниже рассматриваются маркшейдерские работы при проходке стволов шахт обычным способом. В процессе проходки вертикального ствола шахты маркшейдер проверяет соблюдение проектных размеров площади сечения ствола, расположение проходческих отвесов, размещение проходческого оборудования, положение временной и постоянной крепи, а также производит измерения для определения объема проходческих работ.

Работы по проходке вертикального шахтного ствола начинают с выравнивания поверхности и установки рамы-шаблона (рис. 7.13) с нанесенными на ней точками через 1—2 м по периметру проектного сечения ствола вчерне.

Кроме этих контурных точек на раму-шаблон наносят точки  $a$ ,  $b$ ,  $в$  и  $г$ , фиксирующие оси ствола. Ориентирование рамы-шаблона в горизонтальной плоскости осуществляют с помощью легких отвесов, опущенных с проволок, натянутых между ближайшими осевыми пунктами ствола, закрепленными на поверхности.

Горизонтальность рамы проверяется нивелированием ее угловых точек. Отклонение рамы от проектного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должно превышать  $\pm 2$  см.

Контроль за проходкой первого звена ствола осуществляется от временного проходческого центрального отвеса путем промера радиуса и сличением его с проектным. После того как ствол пройден до горизонта первого опорного венца, маркшейдер проверяет глубину подошвы вруба для венца, затем контролирует правильность установки его опалубки в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В шейке ствола бетонируют две пары осевых скоб, на которые оси ствола переносятся с помощью теодолитов, установленных на двух ближайших осевых пунктах поверхности.

Для контроля за проходкой и ориентированием в стволе следует иметь геометрическую основу в виде системы отвесов. Число этих отвесов и их расположение зависят от формы попе-

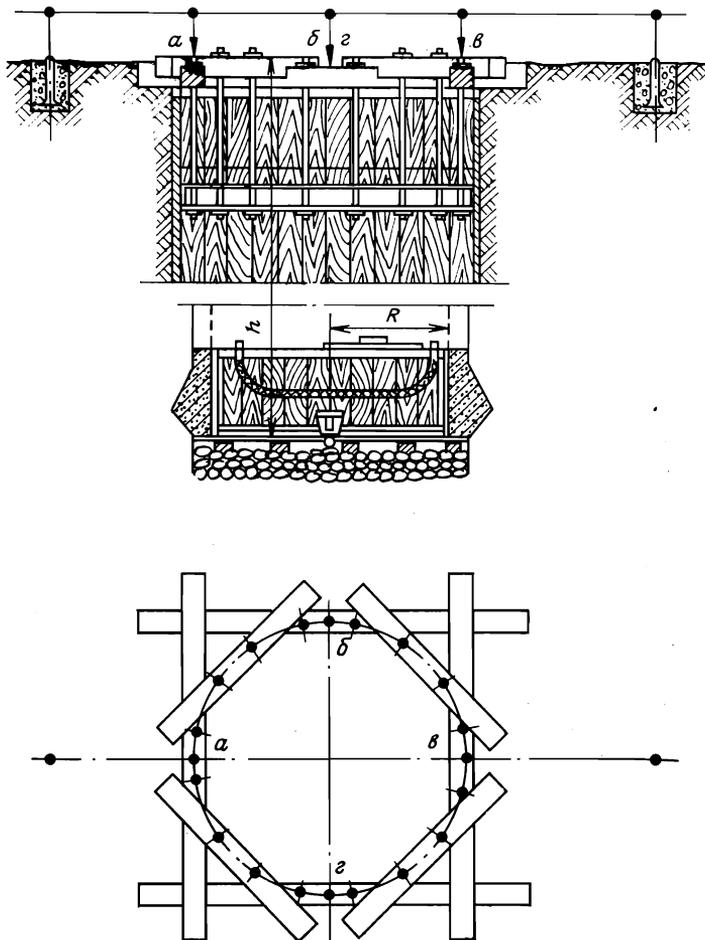


Рис. 7.13. Контроль за установкой рамы-шаблона и устройством опорного венца под шейкой ствола

речного сечения ствола и схемы размещения в нем проходческого оборудования.

При круглом сечении ствола применяют центральный проходческий отвес и два (реже четыре) осевых отвеса. Для центрального отвеса предусматривают специальное место в основной проходческой раме, которую устанавливают над устьем ствола после возведения постоянной крепи первого звена.

При прямоугольном сечении ствола применяют четыре угловых отвеса на расстоянии 20—30 см от стенок ствола. Перед использованием отвесов необходимо убедиться в отсутствии касания их к стенкам ствола или к проходческому оборудованию путем опускания «почты», т. е. легкого груза по проволоке

отвеса, и сличения расстояния между отвесами в устье ствола и в забое.

По мере углубления ствола проволоки отвесов удлиняют. В качестве нити отвесов применяют стальной трос нераскручивающейся свивки диаметром 2—5 мм.

Проверка правильности разделки породных стенок ствола шахты и укладки постоянной крепи должна систематически проверяться проходчиками путем измерения расстояний от проходческого отвеса до стенок ствола. При этом погрешность определения положения крепи не должна превышать  $\pm 2$  см.

Разбивка врубов для опорных венцов и проверка установки опалубки по высоте выполняются от контрольных реперов, закладываемых в стенках вышележащего венца.

Особое внимание следует уделять правильной установке опорных венцов по высоте при креплении ствола тубингами.

Для контроля за правильностью установки металлической тубинговой крепи в горизонтальной плоскости применяют рейку-шаблон 1 (рис. 7.14), с помощью которой определяют проектное расстояние от тубингового кольца 2 до центрального отвеса 3.

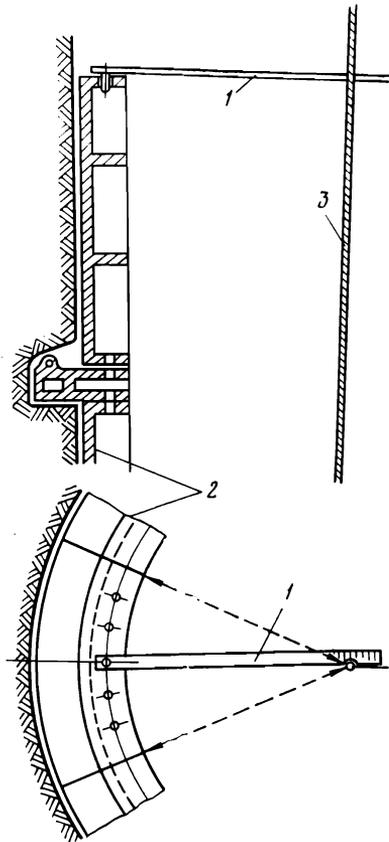


Рис. 7.14. Контроль за правильностью установки в горизонтальной плоскости металлического тубинга

## § 89. Маркшейдерская документация и профилировка стенок ствола

При проходке и креплении шахтного ствола все маркшейдерские измерения, данные геологической съемки и другие данные наблюдений заносят в журнал проходки ствола.

На первой странице журнала вычерчивают проектное сечение в масштабе 1 : 50 с указанием основных размеров ствола, расположения армировки и постоянных подъемных сосудов,

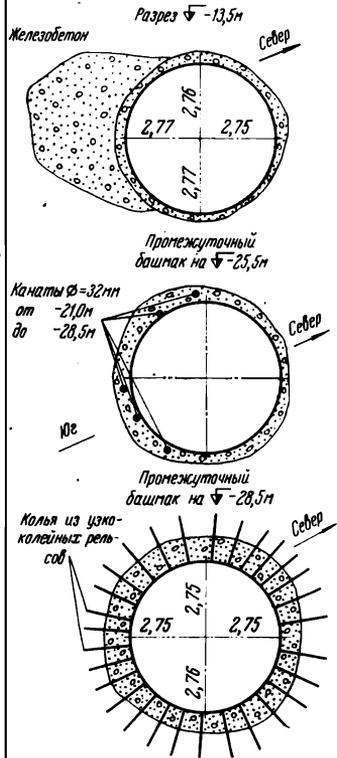
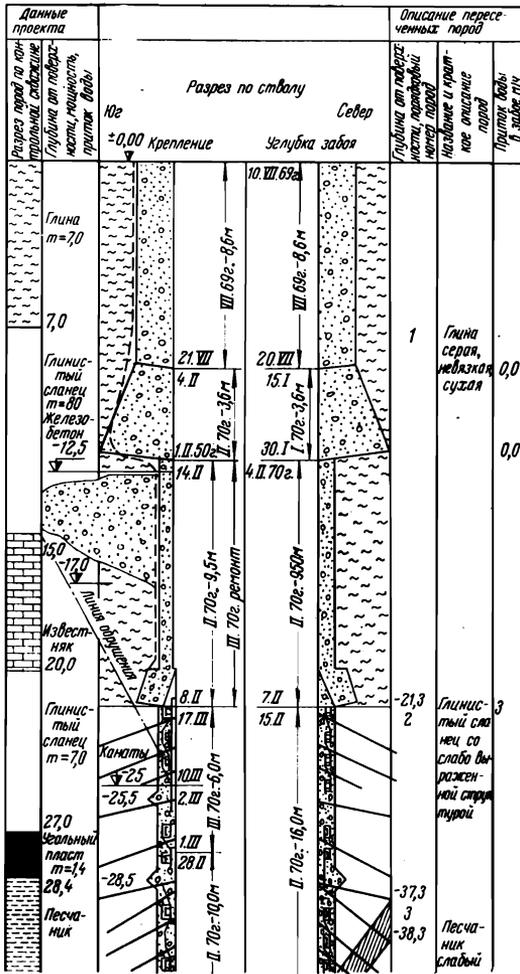


Рис. 7.15. Вертикальный разрез по оси ствола с эскизами его деталей

линии вертикального разреза, по которой ведут журнал, а также условные обозначения.

На второй странице журнала помещают основные данные о проходке ствола, взятые из технического проекта.

Начиная с третьей страницы, в журнале вычерчивают вертикальный разрез в масштабе 1 : 100 по оси ствола, эскизы деталей ствола (рис. 7.15), а также описывают пересеченные горные породы, приводят элементы их залегания, а также сведения о притоке воды.

Данные о горных породах, встречаемых при проходке ствола, получают в результате геологической съемки.

Приток воды при проходке ствола обычно определяют измерениями уровня воды, пользуясь специально установленной для этой цели рейкой.

После окончания проходки ствола приступают к его профилировке, т. е. производят съемку его стенок на различных горизонтах. Для профилировки в ствол опускают отвесы и через каждые 5—10 м по глубине производят измерения расстояния от них до стенок ствола по направлениям проектного минимального зазора между стенкой ствола и подъемными сосудами.

По результатам этих измерений вычисляют величины отклонений от проекта фактических расстояний стенок от отвесов на различных горизонтах и по ним составляют вертикальный профиль стенки ствола. Вертикальный масштаб профиля равен 1 : 100—1 : 200, а горизонтальный 1 : 10—1 : 20.

## § 90. Маркшейдерские работы при армировании ствола

Под армированием ствола понимают работы по установке в нем несущих элементов — расстрелов; прикрепляемых к ним проводников, направляющих движение подъемных сосудов; опор лестничных отделений; трубопроводов и др.

Систему главных и вспомогательных расстрелов, расположенных в одной горизонтальной плоскости, называют ярусом расстрелов, а вертикальное расстояние между ярусами — шагом армировки. Расстрелы каждого яруса должны быть установлены в строгом соответствии с проектом, а одноименные расстрелы на различных ярусах должны быть расположены в одной вертикальной плоскости. Проводники должны быть закреплены строго вертикально с соблюдением проектного расстояния между ними для каждого вида подъема.

При армировании ствола выполняют следующие основные маркшейдерские работы:

- а) контрольные измерения при установке расстрелов первого контрольного яруса;
- б) выбор мест для подвески отвесов, их спуск и закрепление;
- в) составление эскизов для шаблонов и их изготовление;
- г) контрольные измерения при установке расстрелов последующих ярусов и проводников;
- д) профилировка расстрелов и проводников.

Лунки для установки расстрелов контрольного яруса размечают относительно осевых отвесов (рис. 7.16). Установку расстрелов контрольного яруса осуществляют от отвесов, опущенных с проволок, натянутых между осевыми скобами в шейке ствола. Отклонения фактического положения расстре-

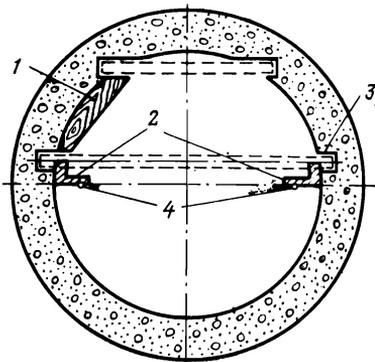


Рис. 7.16. Разметка лунок для расстрелов контрольного яруса:  
1, 2 — шаблоны; 3 — лунка; 4 — осевые отвесы

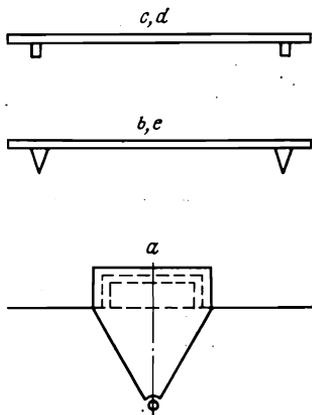
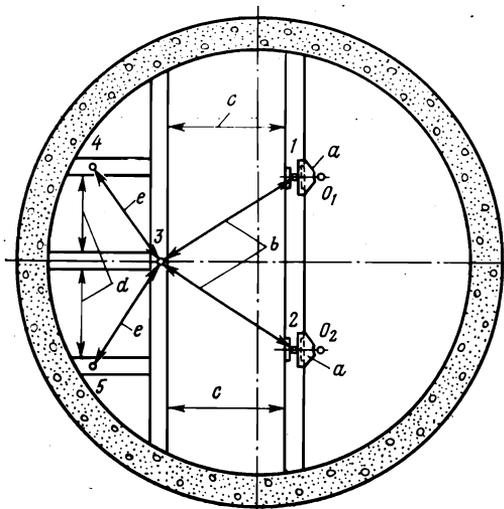


Рис. 7.17. Контроль за установкой расстрелов относительно армировочных отвесов с помощью шаблонов

лов контрольного яруса от проектного не должны превышать в плане  $\pm 2$  мм, а по высоте  $\pm 3$  мм.

Для дальнейшего армирования ствола должна быть создана геометрическая основа в виде системы армировочных отвесов, опущенных на всю глубину ствола.

Число армировочных отвесов и их расположение зависят от схемы армирования, расположения расстрелов и проходческого оборудования. Точки подвеса этих отвесов в виде кронштейнов с отверстиями закрепляются на расстрелах контрольного яруса. Для предотвращения колебаний отвесов снизу их закрепляют в положении покоя.

Контроль за установкой расстрелов последующих ярусов в плане производят от армировочных отвесов с помощью соответствующих шаблонов (рис. 7.17). Горизонтальность установки расстрелов проверяют с помощью накладного уровня или шлангового нивелира. Расстояния по высоте между одно-

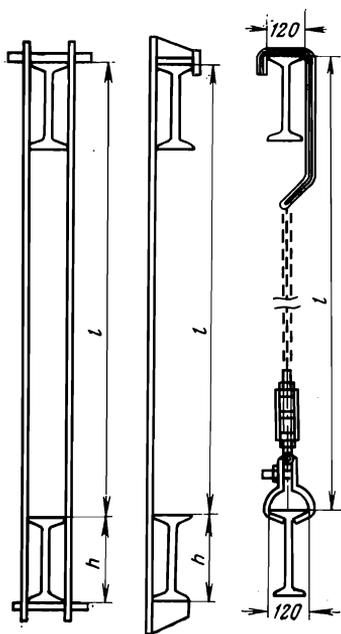
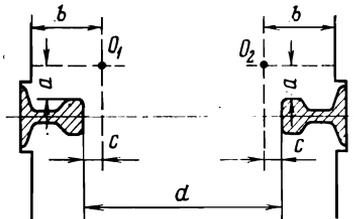


Рис. 7.18. Шаблоны для контроля вертикальных расстояний между ярусами

Рис. 7.19. Измерение при профилировке проводников и расстрелов



именными расстрелами соседних ярусов контролируют шаблонами, изображенными на рис. 7.18.

После установки расстрелов на всем протяжении ствола шахты приступают к навеске проводников. При металлической армировке, когда на расстрелах заранее вырублены «лежки», проводники навешивают без участия маркшейдера. При деревянной и смешанной армировке навеску проводников контролируют с помощью отвесов и соответствующих шаблонов.

По окончании армирования ствола маркшейдер производит профилировку расстрелов и проводников с помощью отвесов, опущенных на всю глубину ствола, вдоль каждого проводника. При профилировке (рис. 7.19) измеряют расстояния от отвеса до боковой грани проводника  $a$ , до расстрела  $b$  и до лицевой грани проводника  $c$ . Кроме того, измеряют расстояние  $d$  между лицевыми гранями двух проводников данного подъемного сосуда с помощью шаблона.

По данным этих измерений составляют профили лицевой и боковой граней каждого проводника, на основе которых производят необходимые исправления.

В настоящее время для профилировки металлических проводников на глубине до 1700 м применяется автоматическая измерительная станция СИ-1, размещенная в автоподъемнике.

Применение станции СИ-1 обеспечивает непрерывность и высокую точность измерений, улучшает условия труда и повышает его производительность в 4—5 раз, сокращает время

выполнения работ в стволе в 8—10 раз и позволяет оценивать состояние армировки ствола непосредственно по материалам съемки без камеральной обработки.

## § 91. Маркшейдерские работы при проходке наклонного ствола

Основными элементами геометрической схемы наклонного ствола являются: центр ствола, оси ствола и ось подъема.

Осями наклонного ствола называют две прямые, одна из которых направлена вдоль ствола и совпадает с осью симметрии его горизонтального сечения, а другая перпендикулярна к первой и ее положение относительно поперечного сечения ствола задается проектом. Первая ось, направленная вдоль ствола, называется главной осью наклонного ствола.

Центром наклонного ствола называется точка пересечения осей ствола.

Осью подъема наклонного ствола называется прямая, параллельная главной оси ствола и совпадающая с осью одноколейного пути или серединой расстояния между осями двухколейного пути в стволе.

Исходными материалами для выполнения разбивочных работ при проведении наклонного ствола служат: а) план, продольный и поперечные разрезы ствола; б) план и разрезы участков сопряжений ствола с основными горизонтами; в) координаты центра, дирекционный угол и угол наклона главной оси ствола.

Проходка наклонного ствола обычно ведется по пласту. Необходимым условием является совпадение направления главной оси ствола с направлением падения пласта. Если пласт в предусмотренном проектом месте выходит на поверхность, то разбивку центра и осей ствола производят по данным проекта методом, описанным в § 84. Если же пласт выходит под наносы значительной мощности, то до начала разбивки центра и главной оси ствола необходимо уточнить элементы залегания пласта на данном участке путем проходки контрольных скважин, расположенных в основном вдоль главной оси ствола.

При разбивке осей ствола на земной поверхности необходимо иметь в виду, что осевые пункты, расположенные висячем боку пласта, подвержены опасности смещения из-за сдвига пород в процессе проходки начальной части наклонного ствола. Учитывая вышеизложенное, осевые пункты висячем боку закладывают временно и основные осевые пункты закрепляют только в лежащем боку пласта.

При сооружении устья наклонного ствола по пологому пласту сначала производят выемку грунта из котлована до глу-

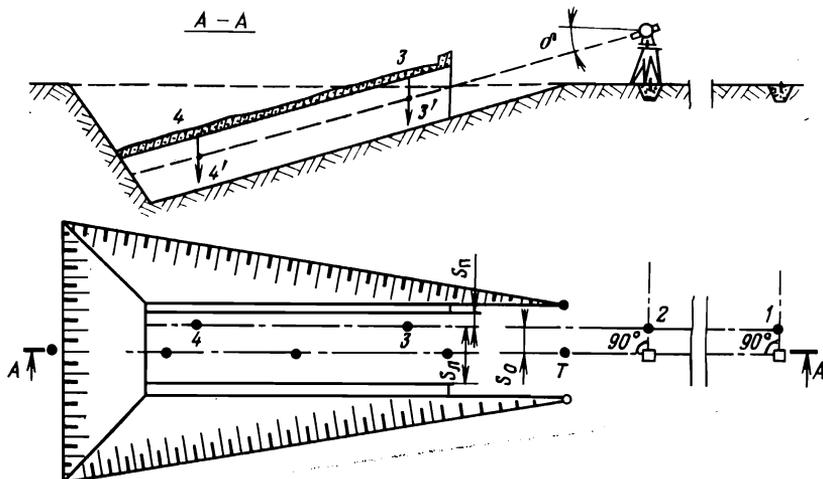


Рис. 7.20. Схема устройства устья наклонного ствола по пологому пласту

бины, ниже которой наносные образования или коренные породы достаточно устойчивы. Значительный участок ствола, начиная от его устья, проходят открытым способом.

Для разбивки котлована на главной оси отмечают точку  $T$  (рис. 7.20) в забое устья ствола. Затем от главной оси ствола осуществляют разбивку верхних бровок котлована и производят земляные работы до его проектной глубины. По мере выемки грунта из котлована производят трассирование его продольной оси, совпадающей по направлению с главной осью ствола и составляющей с горизонтом заданный проектом угол наклона  $\delta$ .

После окончания земляных работ в котловане возводится постоянная крепь наклонного ствола. Контроль за соблюдением проектного сечения и надлежащего расположения крепи осуществляется от оси ствола.

После возведения крепи на начальном участке ствола и засыпки ее грунтом производят разбивку и закрепление направления ствола — оси трассирования его. Точки оси трассирования ствола располагают обычно вблизи одной из стенок ствола на расстоянии  $S_n$ , равном длине консоли для теодолита. Задавшись  $S_n$  и вычислив расстояние  $S_0$  между главной осью ствола и осью трассирования, переносят это расстояние в натуре от осевых точек по перпендикуляру к оси ствола и закрепляют точки 1 и 2.

Для перенесения оси трассирования на закрепленный участок ствола теодолит устанавливают на точку 2, откладывают от направления 2—1 угол  $180^\circ$  и получают требуемое направление, по которому закрепляют маркшейдерские точки 3 и 4

в кровле ствола. Для исключения влияния коллимационной погрешности откладывание указанного угла производят при двух положениях трубы, т. е. при КП и КЛ. Затем зрительную трубу теодолита устанавливают в такое положение, при котором угол наклона визирной линии равен проектному углу наклона  $\delta$  наклонного ствола. На шнурах отвесов, подвешенных к точкам 3 и 4, отмечают точки 3' и 4' в пересечении шнуров с визирной линией трубы и измеряют расстояние их до маркшейдерских пунктов 3 и 4.

Дальнейшие маркшейдерские работы по проходке наклонного ствола в основном аналогичны работам при проведении наклонных горных выработок.

При сооружении наклонного ствола с крутым углом падения маркшейдерские работы производятся в следующей последовательности.

Сначала выносят в натуру центр и оси ствола. Затем устанавливают над устьем ствола раму-шаблон, изготовленную в соответствии с проектными размерами поперечного сечения ствола, горизонтально или перпендикулярно к направлению главной оси ствола. Контроль положения рамы-шаблона осуществляют относительно центра и осей ствола, закрепленных на поверхности. После проходки ствола на глубину первого звена и установки временной крепи в стволе переносят и закрепляют направления трассирования ствола временными точками. После возведения постоянной крепи в устье ствола направления трассирования вновь переносят и закрепляют постоянными маркшейдерскими знаками. Дальнейшие работы сводятся к контролю за соблюдением проектного направления главной оси ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также размеров поперечного сечения ствола.

## **§ 92. Маркшейдерские работы при проходке вертикальных шахтных стволов специальными способами**

Проходка стволов шахт по неустойчивым или сильно обводненным породам осуществляется различными специальными способами.

Ниже рассматриваются маркшейдерские работы при проходке вертикальных стволов способами предварительного замораживания горных пород и бурения.

Особенность проходки вертикального шахтного ствола *способом предварительного замораживания горных пород* заключается в следующем. Вокруг запроектированного вертикального шахтного ствола в сильноводоносных породах бурят скважины, в которые опускают колонны замораживающих обсадных труб.

При циркуляции рассола по трубам породы, окружающие скважины, постепенно охлаждаются и нарастает ледогрунтовое ограждение, которое воспринимает на себя горное и гидростатическое давление и защищает ствол от затопления при его проходке по обычной технологии.

Замораживающие скважины располагают вокруг ствола обычно по одной (рис. 7.21) или двум concentрическим окружностям. Радиус окружности  $R_c$ , число скважин  $n$  и расстояния между скважинами  $l$  принимают в соответствии с проектом.

При проходке ствола данным способом маркшейдер производит: разбивку замораживающих скважин, съемку скважин при их проходке и составление исполнительных планов и разрезов.

Разбивку центров устьев скважин  $1, 2, 3, \dots, 24$  производят от закрепленного на местности центра ствола  $O$  полярным способом по заданному в проекте значению радиуса  $R_c$  и углу  $\beta = 360 : n$ .

При бурении неглубоких скважин их съемку производят простыми способами, непосредственно измеряя элементы искривления оси скважин. Для съемки глубоких замораживающих скважин широкое применение получили различные инклинометры.

В отечественной практике съемку искривления вертикальных замораживающих скважин производит трест Шахтспецстрой инклинометрами «Зенит», И560Ф и И446Д. В 1972 г. ВНИМИ на базе инклинометра И446Д разработал и изготовил более совершенный гироскопический инклинометр ВД-2, который прост по конструкции и надежен в эксплуатации.

Инклинометрическая станция ВД-2 размещена в кузове специальной автомашины. Она позволяет производить съемку скважин диаметром 96—127 мм и глубиной до 1000 м с максимальным отклонением от вертикали до  $3,5^\circ$ .

При спуске измерительного снаряда инклинометра в скважину на планшете прибора автоматически вычерчивается план оси скважин в масштабе 1 : 10 или 1 : 50. Предельная относительная погрешность определения местоположения забоя скважины этим прибором составляет 1 : 1000. По центрам устьев

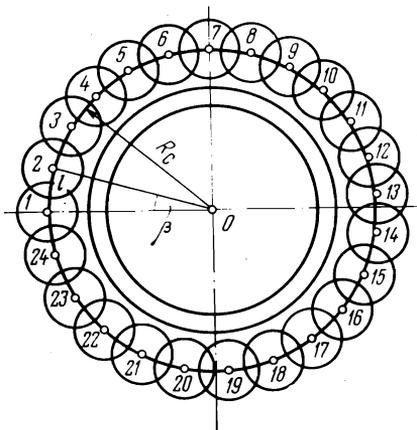


Рис. 7.21. Схема однорядного расположения замораживающих скважин

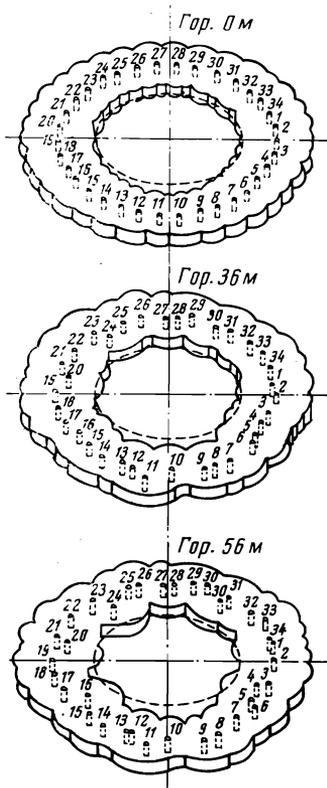


Рис. 7.22. Положение ледогрунтового цилиндра на различных горизонтах

скважин и полученным с помощью инклинометра центрам скважин на различных горизонтах строят погоризонтные планы (рис. 7.22) ледогрунтового ограждения, дающие наглядное представление о положении ледогрунтовой стены на любом горизонте и по всей глубине ствола в целом.

При проходке ствола способом бурения маркшейдерские работы делятся на выполняемые в подготовительный период и проводимые в процессе бурения ствола и возведения крепи.

В подготовительный период маркшейдер осуществляет контроль за монтажом установки и ее элементов (фундаменты под ноги бурильной вышки, вышка с площадкой, раздвижные платформы, рельсовые пути под раздвижные платформы и т. д.).

В период бурения ствола маркшейдер производит съемку ствола, заполненного глинистым раствором, и периодически измеряет отклонение оси пройденной части ствола от вертикали. Последние измерения должны быть выполнены весьма тщательно, так как

только при вертикальном положении пройденного ствола возможно безаварийное погружение крепи.

Измерение искривления оси ствола от вертикали может быть произведено несколькими способами.

Геометрический способ основан на определении отклонения троса, натянутого внутри бурильной колонны между центром кронблока и бурильного агрегата, с использованием координатометра, проектира направления или проекциометра. Наиболее совершенным из них является проекциометр ПМ-5.

Оптический способ применяется при проходке неглубоких стволов при условии отжима промывочного раствора из бурильной колонны и устройства внизу специальной заглушки. Наблюдения за световым сигналом, опущенным в бурильную колонну, производят проектиром направления ПН-1м.

Звуколокационный способ наиболее совершенен.

Ленинградский горный институт в 1967 г. разработал на этом принципе звуколокатор «Донецк», позволяющий опреде-

лять размеры и формы горизонтальных сечений и локальных нарушений стенок ствола, величину и направление его искривления, а также положение секции крепи при ее возведении.

### § 93. Маркшейдерские работы при рассечке и проведении околоствольных выработок

При проходке ствола в зоне, близкой к месту рассечки околоствольного двора, на уровне последнего опорного венца закрепляют контрольный репер  $R$  (рис. 7.23) и определяют его отметку  $z_R$ . Затем по известной проектной отметке  $z_{\text{п}}$  почвы рассечки определяют превышение  $h = z_R - z_{\text{п}}$  от контрольного репера до горизонта сопряжения с околоствольным двором.

По окончании проходки ствола до проектной глубины на опорном венце закрепляют осевые скобы  $A$  и  $B$ . Створ осевых отвесов  $A$  и  $B$  фиксирует направление оси ствола на горизонте рассечки. По этому створу производят начальную рассечку на 5—10 м в обе стороны от ствола. Затем в пройденных участках закрепляют ось ствола тремя временными маркшейдерскими точками, которыми пользуются для проходки выработок до 40 м от ствола.

Дальнейшее проведение выработок околоствольного двора можно выполнять только после производства ориентировки через данный вертикальный шахтный ствол, в результате чего на горизонте рассечки закрепляют исходные маркшейдерские пункты  $C$  и  $D$ , определяют их координаты и дирекционный угол  $\alpha_{CD}$  исходного направления.

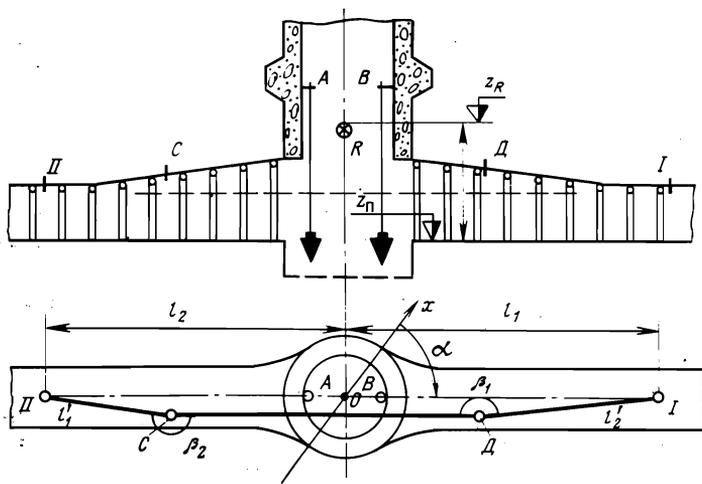


Рис. 7.23. Рассечка околоствольного двора и перенесение оси ствола

По результатам ориентировки необходимо вынести в натуру и закрепить постоянными маркшейдерскими знаками проектную ось сопряжения ствола с околоствольным двором в пройденной части выработок.

Положение точек  $I$  и  $II$  проектной оси сопряжения предварительно намечают на плане и графически измеряют их расстояния  $l_1$  и  $l_2$  от центра ствола  $O$ . По этим значениям  $l_1$  и  $l_2$ , известным координатам  $x_0, y_0$  центра ствола, а также известному дирекционному углу  $\alpha$  оси ствола вычисляют координаты точек  $I$  и  $II$  по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x_I &= x_0 + l_1 \cos \alpha; & y_I &= y_0 + l_1 \sin \alpha; \\ x_{II} &= x_0 + l_2 \cos (\alpha + 180^\circ); & y_{II} &= y_0 + l_2 \sin (\alpha + 180^\circ). \end{aligned} \right\} (7.13)$$

По координатам точек  $I, II, C$  и  $D$  решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы  $(D-I)$  и  $(C-II)$ , а также расстояния  $l'_1$  и  $l'_2$ .

Затем горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  вычисляют из выражений:

$$\beta_1 = (D - I) - (D - C) \quad \text{и} \quad \beta_2 = (C - II) - (C - D).$$

Точки  $I$  и  $II$  выносят в пройденную часть выработки от точек  $D$  и  $C$  полярным способом по углам  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и расстояниям  $l'_1$  и  $l'_2$ . Закрепив точки  $I$  и  $II$ , получим направление оси ствола, от которого и задают направление выработкам околоствольного двора в горизонтальной плоскости в соответствии с проектом.

Задание этим выработкам направления в вертикальной плоскости осуществляют от исходного репера, закрепленного в околоствольном дворе вблизи ствола шахты, отметка которого получена путем передачи координаты  $z$  от репера, расположенного на поверхности шахты.

Методы задания направления выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскостях изложены в § 63, 64.

Исходными документами при этом являются:

1) проектный план расположения выработок в масштабе  $1 : 200$  или  $1 : 500$  с указанием размеров их прямолинейных участков, углов поворота осей и радиусов закруглений;

2) проектные формы и размеры поперечных сечений выработок в черне и в свету;

3) высотные отметки характерных точек и уклоны выработок.

Для получения исходных данных при задании направления выработкам в горизонтальной плоскости проектный план выработок околоствольного двора привязывают к исходным пунктам  $I, II, C$  и  $D$  (см. рис. 7.23) путем вычислений определяют дирекционные углы направлений осей прямолинейных участков

выработок и координаты  $x$ ,  $y$  начальных, промежуточных и конечных точек кривых.

Задание направлений выработкам в вертикальной плоскости осуществляют по проектным отметкам характерных точек и уклонам выработок.

## § 94. Проверка размеров поперечных сечений выработок при проходке и контроль при возведении постоянной крепи

Проверку размеров поперечных сечений проводимых выработок осуществляют относительно ее оси симметрии или отвеса, опущенного от маркшейдерского пункта. В зависимости от формы поперечного сечения выработки измерения производят рулеткой или простыми приспособлениями (рис. 7.24). При трапециевидном сечении выработок (рис. 7.24, а) размеры от отвеса до стенок поверху  $a_1$  и  $a_2$  и понизу  $b_1$  и  $b_2$ , а также высоту выработки  $h$  измеряют непосредственно рулеткой.

При криволинейном очертании верхней части выработки (рис. 7.24, б) ширину  $b$  понизу и высоту  $c$  вертикальной части стенки выработки также измеряют рулеткой. Съемку криволинейной верхней части выработки осуществляют либо от фиксированных точек  $A$  и  $B$  методом линейных засечек с использованием тесьмяных рулеток, либо полярным способом, показанным на рис. 7.24, б. В последнем случае по оси горной выработки или в створе точек заданного направления устанавливают распорную стойку, на которой с помощью муфты и зажима крепят полукруг. Центр полукруга устанавливают на уровне линии  $AB$ , а линию, соединяющую деления 0 и 180° полукруга, — горизонтально.

Положение характерных точек 1, 2, 3, ..., 7 определяют измерением расстояния  $l$  рулеткой и отсчитыванием по полукругу угла  $\gamma$ .

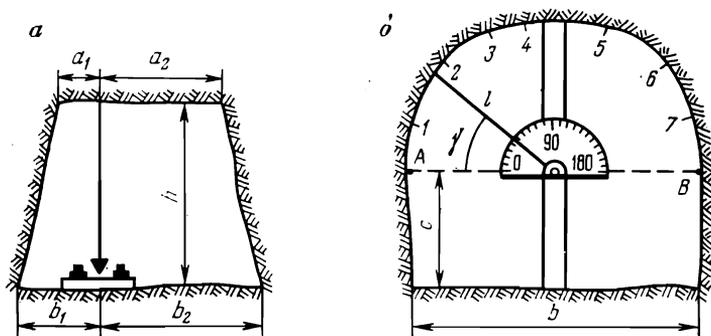


Рис. 7.24. Съемка поперечного сечения выработки

При возведении постоянной крепи контроль размеров поперечного сечения выработки в свету осуществляется более тщательно.

Допустимые отклонения размеров сечения от проектного зависят от назначения выработки и вида крепи.

## § 95. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок с большой площадью сечения

Выработки с большой площадью поперечного сечения проходят на отдельных участках околоствольного двора, а также при строительстве тоннелей, метрополитенов и других подземных сооружений.

Такие выработки обычно проходят не сразу полным сечением, а отдельными частями (слоями) по высоте или ширине. При выемке горизонтальных слоев по всей ширине выработки в условиях устойчивых пород сначала проходят нижний слой *I* (рис. 7.25). Направление в горизонтальной плоскости задается отвесами *a*, выставленными по оси выработки или параллельно ей на заданное расстояние.

Ширина выработки при креплении контролируется измерением расстояний  $S_{\text{л}}$  и  $S_{\text{п}}$  от стен до этих отвесов. После крепления стен *I* слоя приступают к проходке *II* слоя.

Контур сечения поверху контролируют способом, изображенным на рис. 7.24, б. Учитывая это обстоятельство, трассирование верхнего слоя выработки целесообразно производить по ее осевым отвесам.

На рис. 7.26 изображена схема проходки выработки большой высоты. При этом выемку *I* и *II* слоев сначала осуществляют отдельными выработками. Трассирование этих выработок ведут с помощью двух параллельных направлений отвесами *a* и *b*.

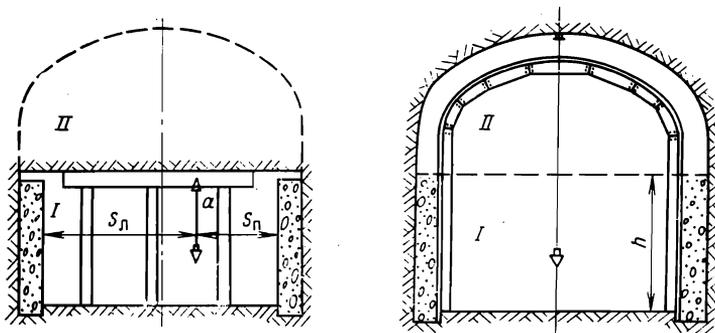


Рис. 7.25. Выемка горизонтальных слоев выработки с большой площадью сечения снизу вверх

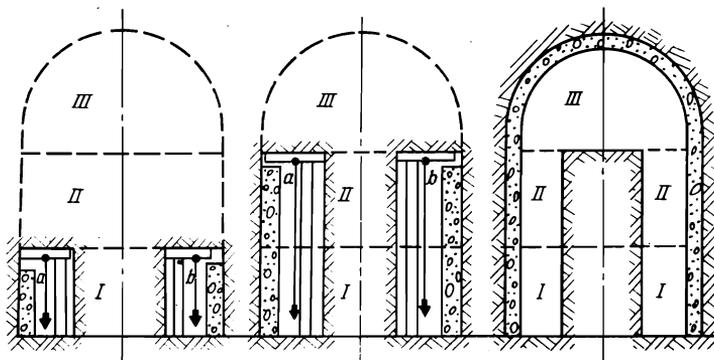


Рис. 7.26. Проходка выработки большой высоты при выемке слоев снизу вверх отдельными выработками

Контроль проходки осуществляют только для внешних стен выработок. После возведения постоянной крепи в *I* и *II* слоях приступают к выемке *III* слоя на всю ширину. Оставшийся целик используют при работах по возведению постоянной крепи кровли *III* слоя, после чего производят выемку целика.

Проведение выработок с большой площадью сечения в условиях слабых и малоустойчивых пород осуществляют также слоями, но в нисходящем порядке.

Контроль за проходкой и креплением на участках сопряжений скрещивающихся выработок осуществляется на основе специального разбивочного чертежа, составленного в крупном масштабе, с указанием всех размеров, определяющих положение характерных точек в плане и по высоте.

## § 96. Маркшейдерская документация при сдаче шахты в эксплуатацию

После завершения работ по строительству поверхностных сооружений и зданий, а также проходки ствола шахты и предусмотренных проектом подземных горных выработок шахтостроительная организация сдает, а горное предприятие принимает всю основную документацию по строительству шахты. Среди этих документов особое место занимает комплект маркшейдерской документации, принимаемой главным маркшейдером горного предприятия для последующего использования при эксплуатации месторождения.

Комплект сдаваемой маркшейдерской документации состоит из проектной, первичной маркшейдерской, вычислительной и графической документации.

К проектной документации относятся:

планы, разрезы, профили и другие, проектные чертежи.

К первичной маркшейдерской документации относятся: полевые журналы измерений углов и длин при создании опорных геодезических пунктов на земной поверхности, полевые журналы подземных маркшейдерских съемок (ориентирование, передача координаты  $z$ , полигонометрия, нивелирование и т. д.), журналы измерений при разбивке подземного комплекса и т. д.

К вычислительной маркшейдерской документации относятся:

материалы обработки результатов полевых измерений, каталог координат и высот опорных пунктов на поверхности и в шахте.

К графическим маркшейдерским документам относятся:

план поверхности всей территории горного предприятия в масштабах  $1:1000$ — $1:5000$ , план промплощадки шахты в масштабах  $1:500$ — $1:1000$ ; маркшейдерские планы подземных горных выработок в масштабах  $1:500$ — $1:2000$ , составленные по каждому пласту или основному горизонту; вертикальные разрезы месторождения в масштабе  $1:2000$  с изображением всех геологических особенностей; план околоствольного двора в масштабе  $1:200$ ; профили по основным откаточным выработкам; планы и разрезы к расчету предохранительных целиков и др.

## Глава 8

# СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК И ОХРАНА СООРУЖЕНИЙ ОТ ЕГО ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ

### § 97. Общие сведения о процессе сдвижения горных пород

При проведении подземных горных выработок (особенно очистных) образуются большие полости, вызывающие нарушение естественного равновесия вышележащих слоев пород, которые деформируются и перемещаются в сторону выработанного пространства, стремясь заполнить его. Этот процесс принято называть сдвигением горных пород.

При выемке залежи полезного ископаемого на участке  $BD$  (рис. 8.1) часть массива  $AB'D'E$ , подвергшаяся деформациям и перемещениям под влиянием подземной горной выработки, называется областью сдвижения горных пород.

Процесс сдвижения распространяется от выработанного пространства к низу и к верху, и при некотором соотношении размеров выработанного пространства и глубины горных работ область сдвижения достигает земной поверхности.

При выемке угольного пласта с пологим залеганием вокруг очистной выработки в общем случае можно выделить следующие зоны и формы сдвижений:

I. Зона обрушения  $BbdDB$ , непосредственно прилегающая к выработанному пространству и характеризующаяся тем, что в ней происходят отделение от массива слоев вышележащих пород, расчленение их на блоки и беспорядочное падение в сторону выработанного пространства. По данным натурных наблюдений, высота этой зоны по нормали к пласту в большинстве угольных месторождений не превышает 3—6-кратную мощность пласта.

II. Зона  $bcdB$  прогиба напластований толщи пород в сторону выработанного пространства с расслоением и образованием трещин в них. Общая высота I и II зон при выемке угольного пласта примерно равна 35—40-кратной мощности пласта.

III. Зона плавного прогиба слоев пород без расслоений и образования трещин расположена над II зоной.

При достаточных размерах выработанного пространства эта зона достигает земной поверхности.

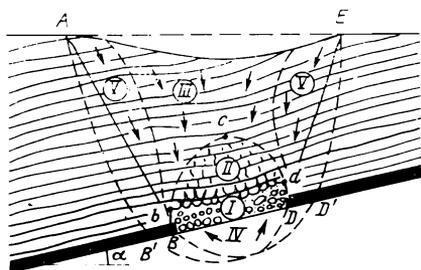


Рис. 8.1. Схема сдвижений горных пород, вызванных очистной выемкой угольного пласта небольшой мощности

ется на расстояние до 100 м от боетки.

При отработке мощных крутых залежей часто происходит сползание пород лежачего бока с образованием провалов на поверхности.

При разработке угольных месторождений сдвижение наносов и коренных пород может происходить в форме обрушения при малой глубине разработки, равной до 10—15-кратной мощности пласта или при отработке мощных крутых пластов.

При разработке маломощных пластов пологого падения на значительных глубинах процесс сдвижения от выработанного пространства кверху распространяется менее интенсивно, а при разработке жильных месторождений с крепкими вмещающими породами, а также при разработке каменных солей камерной системой процесс сдвижения может не распространяться до земной поверхности.

Следовательно, конкретные формы проявления процессов сдвижений зависят от горно-геологических условий разработки месторождения.

Сдвижение горных пород и поверхности земли относится к числу весьма важных проблем, с которыми неизбежно встречаются горные инженеры в своей практической деятельности. Производство горных работ под различными сооружениями и водоемами называется подработкой. Подработка сооружений может вызывать их повреждение и даже полное разрушение. Значительные деформации пород под водоемами могут явиться причиной усиления притока воды в подземные горные выработки или даже затопления шахты.

Во избежание вредных последствий сдвижений приходится прибегать к различным способам охраны сооружений путем оставления предохранительных целиков под сооружениями, закладки выработанного пространства, применения специальных устройств и конструкций, усиливающих сооружений и т. д. Однако оставление целиков приводит к потерям полезного ископаемого в недрах, а применение закладки выработанного про-

IV. Зона прогиба подстилающих пород в сторону выработанного пространства. Изгиб пород происходит в результате упругого восстановления их напряженного состояния в области разгрузки.

V. Зона опорного давления в прилегающей к пласту области вблизи границы очистной выемки. Она распространяется на расстояние до 100 м от

странства и специальных конструкций для усиления сооружений повышает себестоимость добычи полезного ископаемого и стоимость строительства сооружений. Эффективное и рациональное решение вопроса об охране сооружений во многом зависит от характера и параметров сдвижения, изучением которых занимаются маркшейдеры.

В настоящее время достаточно подробно изучен процесс сдвижений и методы определения его параметров для пластовых (особенно угольных и сланцевых) месторождений. Учитывая это обстоятельство, основные вопросы, затрагиваемые в настоящей главе, рассматриваются применительно к разработке угольных месторождений.

На основе многолетних данных наблюдений за процессом сдвижений ВНИМИ разработаны общие для всех угольных бассейнов страны Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях [17], которые в дальнейшем будем сокращенно называть Правилами охраны. В этих Правилах охраны регламентированы меры охраны и условия выемки угля под зданиями, сооружениями, шахтными стволами и природными объектами. Для условий каждого бассейна в них приведены параметры процесса сдвижения, необходимые для определения границ зоны опасного влияния подземных разработок, меры охраны сооружений, включая построение предохранительных целиков.

## **§ 98. Основные термины и параметры, характеризующие процесс сдвижения горных пород**

При рассмотрении процессов сдвижений приняты термины для различных понятий, а также наименования отдельных параметров, которые рассматриваются ниже.

Мульда сдвижения — участок земной поверхности, подвергшийся сдвижению под влиянием горных разработок.

На рис. 8.2, *a* показаны вынутый участок *авдс* угольного пласта наклонного залегания и образованная при этом внешняя граница  $A_0D_0B_0C_0$  мульды сдвижения на земной поверхности, называемая границей зоны влияния подземных разработок.

В мульде сдвижения принято выделять два главных сечения, проходящих через точку *O* максимального оседания земной поверхности. Края мульды сдвижения по этим сечениям наиболее удалены от границ выработки, а величины деформаций земной поверхности после затухания процесса сдвижения достигают в этих сечениях максимальных значений.

Мульда сдвижения представляет собой тарелко- или чашеобразную впадину.

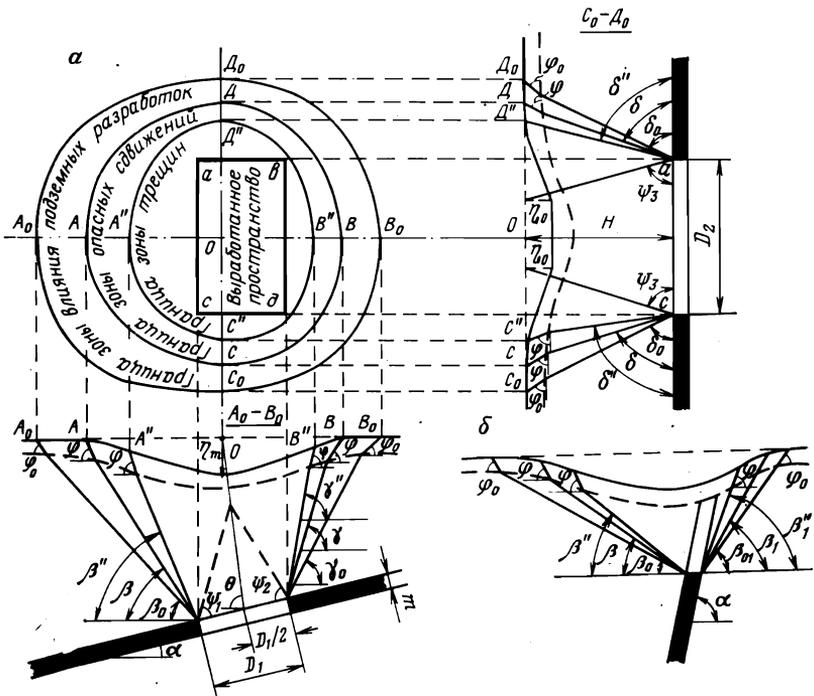


Рис. 8.2. Схема расположения мулды сдвижения относительно границ очистной выемки и некоторые параметры процесса сдвижения: а — план и вертикальные разрезы по простиранию и вкрест простирания при выемке наклонно залегающего пласта; б — разрез вкрест простирания при крутом залегании пласта

Площадь горизонтальной проекции мулды сдвижения всегда больше площади горизонтального сечения выработанного пространства. При горизонтальном залегании пласта границы мулды сдвижения в плане располагаются симметрично к выработанному пространству. При наклонном и тем более крутом залегании пласта границы мулды сдвижения в плане расположены ближе к границам выработанного пространства по восстанию и дальше от границ выработанного пространства по падению.

Если размеры выработанного пространства  $D_1$  или  $D_2$ , значительно превышают глубину  $H$  разработки пологого пласта, то в соответствующем главном сечении мулды сдвижения образуется плоское дно без возрастания максимального оседания при дальнейшем увеличении размеров  $D_1$  или  $D_2$ . Такой случай подработки принято называть полной подработкой (см. разрез  $C_0D_0$  на рис. 8.2, а).

При размерах выработанного пространства, меньших глубины разработки, в главном сечении мулды сдвижения обра-

зается вогнутое дно и при увеличении этих размеров величина максимального оседания земной поверхности также возрастает. Такой случай подработки принято называть неполной подработкой земной поверхности (см. разрез  $A_0B_0$  на рис. 8.2, а).

Степень подработки земной поверхности характеризуют коэффициентом подработанности

$$n = D/D_0, \quad (8.1)$$

где  $D$  — фактический размер выработанного пространства вкрест простирания или по простиранию залежи;  $D_0$  — минимальный размер выработки, при котором возникает полная подработка земной поверхности.

Кратностью подработки называется отношение средней глубины разработки  $H_{\text{ср}}$  к вынимаемой мощности  $m$  пласта.

В пределах зоны влияния подземных разработок на земной поверхности выделяют зоны опасного влияния, трещин, обрушения.

За границу зоны влияния подземных разработок на земную поверхность принимается линия с оседаниями 15 мм или линия с горизонтальными деформациями растяжений  $0,5 \cdot 10^{-3}$ .

В главных вертикальных сечениях мульды сдвижения положения граничных точек  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$ ,  $D_0$  зоны влияния подземных разработок относительно границ выработанного пространства определяются граничными углами.

Граничными углами называются внешние относительно выработанного пространства углы  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\delta_0$  и  $\beta_{01}$ , образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения горизонтальными линиями и линиями, соединяющими границу выработки с границей зоны влияния подземных разработок на земной поверхности (на контакте с коренными породами). Углом  $\delta_0$  определяются границы зоны влияния в породах кровли в разрезе по простиранию пласта; углами  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$  — в разрезе вкрест простирания пласта соответственно со стороны нижней и верхней границ выработки, а углом  $\beta_{01}$  — то же, со стороны нижней границы выработки, но в породах почвы крутого пласта, когда угол его падения  $\alpha$  больше предельного значения  $\alpha_{\text{п}}$ , при котором происходит сползание пород лежащего бока.

В наносах граничные углы во всех направлениях принимаются одинаковыми и обозначаются  $\varphi_0$ .

За границу опасного влияния подземных разработок на земной поверхности принимают линию, в точках которой величины деформации являются критическими, т. е. опасными для ответственных сооружений. Опасными считаются следующие величины деформации: наклон  $i = 4 \cdot 10^{-3}$ , горизонтальная деформа-

ция  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ , кривизна  $K = 0,2 \cdot 10^{-3}$ . Границы зоны опасного влияния мульды сдвижения определяются углами сдвижения.

Углы сдвижения — внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения линиями горизонта и линиями, соединяющими границы выработки с граничными точками зоны опасного влияния на земной поверхности (на контакте с коренными породами).

Углы сдвижения  $\delta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\beta_1$  (см. рис. 8.2) строят у границ выработок аналогично граничным углам. В наносах угол сдвижения  $\varphi$  имеет одинаковое значение по всем направлениям.

В пределах зоны опасного влияния на земной поверхности может образоваться зона трещин. Трещины образуются при разработке пластов с обрушением кровли на глубине менее 100-кратной мощности пласта при углах падения до  $45^\circ$ , а при углах падения более  $45^\circ$  и на больших глубинах.

Границы зоны трещин определяются углами разрывов.

Углами разрывов называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения горизонтальными линиями и линиями, соединяющими границу выработки с ближайшей к границе мульды сдвижения трещиной. Углы разрывов  $\delta''$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma''$ ,  $\beta_1''$  также строят у границ выработок аналогично граничным углам и углам сдвижения.

Величины граничных углов, углов сдвижения и углов разрыва для различных угольных бассейнов СССР определяются в соответствии с рекомендациями, приведенными в Правилах охраны. При отсутствии значений углов разрывов для отдельных месторождений они принимаются на  $10^\circ$  больше соответствующих углов сдвижения в коренных породах, но не более  $90^\circ$ .

В границах зоны трещин при разработке пологих и наклонных пластов на глубине менее 12-кратной вынимаемой мощности пласта на земной поверхности могут образоваться провалы (воронки).

За границу зоны возможных провалов по простиранию и со стороны восстания при разработке пластов с углами падения до  $45^\circ$  принимается внешний контур, отстоящий в плане от контура очистных выработок на расстояние 5 м. Аналогично определяется граница возможных провалов со стороны падения, если нижняя граница горных работ находится на глубине до 12-кратной мощности пласта.

Угол максимального оседания  $\theta$  — угол со стороны падения пласта, образованный на вертикальном разрезе в главном сечении мульды вкрест простирания пласта горизонтальной линией и линией, соединяющей середину очистной выработки с точкой максимального оседания при неполной подработке земной поверхности (см. разрез  $A_0B_0$  на рис. 8.2, а).

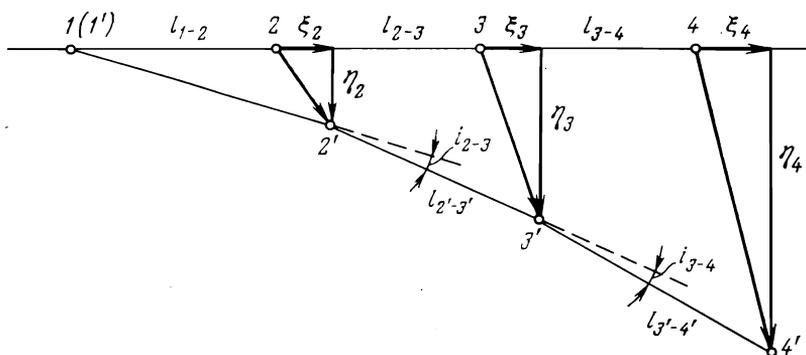


Рис. 8.3. Деформации мульды сдвижения

Углы полных сдвижений — внутренние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения плоскостью пласта и линиями, соединяющими границы выработки с границами плоского дна мульды сдвижения. Различают углы полных сдвижений:

$\psi_1$  — у нижней границы выработки;  $\psi_2$  — у верхней границы выработки;  $\psi_3$  — у границы выработки по простираению.

На рис. 8.2, а представлен случай полной подработки только в разрезе по простираению пласта.

Продолжительность и периоды процесса сдвижения. Процесс сдвижений земной поверхности в зоне влияния подземных разработок протекает неравномерно во времени и характеризуется общей продолжительностью и периодом опасных деформаций. Различают начальную стадию, период опасных деформаций и стадию затухания процесса сдвижения. За начало процесса сдвижения точки на земной поверхности принимается дата, на которую оседание точки достигает 15 мм. За окончание или затухание процесса сдвижения принимается дата, после которой суммарные оседания на протяжении 6 мес не превышают 10 % максимальных, но не более 30 мм.

Величины сдвижения и деформации земной поверхности. Пусть над выработанным пространством на земной поверхности (рис. 8.3) вдоль одного из главных сечений мульды сдвижения точки 1, 2, 3, 4 после подработки и затухания процесса сдвинулись в положение 1', 2', 3', 4'. Тогда отрезки 2—2', 3—3', 4—4' ... будут представлять собой векторы сдвижений точек 2, 3, 4 ...

Величиной вектора сдвижения точек при интерпретации процесса сдвижения пользуются редко.

Принято сдвижение разделять на оседания и горизонтальные движения.

Оседание  $\eta$  — вертикальная составляющая вектора сдвига. Максимальное значение величины оседания при полной подработке с образованием плоского дна мульды сдвига обозначается  $\eta_0$ , а при неполной подработке  $\eta_m$ . Величину оседания любой точки до и после подработки (мм) определяют по формуле

$$\eta = z_c - z_n, \quad (8.2)$$

где  $z_0$  и  $z_n$  — отметки этой точки соответственно до и после подработки.

Горизонтальное сдвижение  $\xi$  — горизонтальная составляющая вектора сдвига (мм) в данной вертикальной плоскости, определяемая по формуле

$$\xi = D_0 - D_n, \quad (8.3)$$

где  $D_0$  и  $D_n$  — горизонтальные расстояния рассматриваемой точки от опорного (неподвижного) репера соответственно до и после ее подработки.

По модулю и направлению векторы сдвига для различных точек мульды неодинаковы, вследствие чего составляющие векторов — оседания  $\eta$  и горизонтальные сдвиги  $\xi$  в разных точках будут иметь неодинаковые значения.

Неравномерность распределения величин  $\eta$  и  $\xi$  в различных точках мульды сдвига приводит к появлению вертикальных деформаций (наклонов и кривизны) и горизонтальных деформаций растяжений и сжатий.

Наклон  $i$  между двумя соседними точками  $(n-1)$  и  $n$  возникает из-за неравенства оседаний  $\eta_{n-1}$  и  $\eta_n$  этих точек и определяется по формуле

$$i = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{l_n}, \quad (8.4)$$

где  $l_n$  — приведенная горизонтальная длина интервала между точками  $(n-1)$  и  $n$ .

Величины наклонов выражают в относительной мере и относят к серединам соответствующих интервалов.

Кривизна  $K$  возникает вследствие изменения величин наклонов при переходе от одного интервала мульды сдвига к другому, и поэтому ее величину относят к точке перехода этих интервалов.

Например, если наклоны в интервалах  $2'-3'$  и  $3'-4'$  (см. рис. 8.3) соответственно равны  $i_{2'-3'}$  и  $i_{3'-4'}$ , то величина кривизны в точке  $3'$  определяется по формуле

$$K_{3'} = \frac{i_{3'-4'} - i_{2'-3'}}{\frac{1}{2}(l_{2'-3'} + l_{3'-4'})}. \quad (8.5)$$

Величину радиуса кривизны в точке  $3'$  определяют по формуле

$$R_{3'} = 1/K_{3'}. \quad (8.6)$$

Горизонтальная деформация (растяжение, сжатие)  $\epsilon$  возникает вследствие изменения расстояния  $l$  между соседними точками интервалов до и после их подработки.

Например, горизонтальная деформация интервала 2—3, выражаемая в относительной мере, вычисляется по следующей формуле

$$\epsilon_{2-3} = \frac{l'_{2-3'} - l_{2-3}}{l_{2-3}}, \quad (8.7)$$

где  $l_{2-3}$  и  $l'_{2-3'}$  — горизонтальные расстояния между точками 2 и 3 соответственно до и после их подработки.

Величины  $\epsilon$  относят к серединам интервалов, причем если эти величины имеют знак плюс, то это означает, что в данном интервале имело место растяжение  $\epsilon_p$ , а при знаке минус — сжатие  $\epsilon_c$ .

## § 99. Основные факторы, влияющие на характер процесса сдвижения горных пород

Физико-механические свойства горных пород определяют форму проявления процесса сдвижения. Крепкие породы — граниты, кварциты, порфириты и др. обладают наибольшим сопротивлением сжатию, срезу и изгибу и поэтому при их подработке они мало прогибаются и задерживают развитие процесса сдвижения кверху. Однако при достижении напряжений временного их сопротивления они быстро разрушаются и способствуют развитию процесса обрушения.

Пластичные породы (глины, глинистые сланцы и др.) допускают значительные деформации без разрыва сплошности и тем самым способствуют развитию процесса плавного оседания поверхности земли.

Сыпучие породы (пески) способствуют развитию процесса течения, а следовательно, образованию провалов и воронок.

Существенное влияние на характер процесса сдвижений и его продолжительность оказывает строение массива горных пород.

Тектонические нарушения и трещиноватость ослабляют сопротивляемость массива горных пород сдвигу, часто образуют направляющие плоскости сдвижений пород и тем самым приводят к изменению углов сдвижения.

Угол падения залежи и вмещающих пород оказывает непосредственное влияние на граничные углы и углы

сдвиненный. Кроме того, угол падения обуславливает характер сдвижения. При пологом залегании пород обычно преобладает прогиб их, а при крутом — обрушение со сдвигом по напластованию.

Мощность залежи оказывает влияние на интенсивность процесса сдвижений. Чем больше вынимаемая мощность залежи, тем значительнее процесс обрушения. Числовые значения величин деформации земной поверхности пропорциональны вынимаемой мощности залежи.

Глубина разработки является важным фактором. С увеличением глубины разработки возрастают размеры мульды и продолжительность сдвижения, но одновременно уменьшаются величины деформации земной поверхности.

Система разработки с небольшими размерами выемки и оставлением целиков достаточных размеров между ними практически исключает проявление процесса сдвижения на поверхности. Сдвижение поверхности земли резко уменьшается при применении систем разработки с закладкой выработанного пространства. Появлению на земной поверхности плавного прогиба с малыми деформациями способствует применение сплошной системы разработки пластовых месторождений.

Наоборот, бурному развитию процесса сдвижения способствует применение систем этажного обрушения или других камерных систем с последующей отработкой межкамерных целиков. Быстрое и равномерное подвигание очистных забоев способствует плавному прогибу подрабатываемых участков поверхности земли. При остановке забоя очистных работ плавность процесса сдвижений нарушается и на поверхности земли могут образоваться трещины.

Влияние рельефа местности сказывается при разработке склонов гор и холмов. В этих случаях, особенно на крутых склонах гор, появляются большие заколы, которые при неблагоприятных условиях могут вызвать оползневые явления на поверхности.

## **§ 100. Маркшейдерские инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород**

Для определения методом инструментальных наблюдений характера и величин сдвижения толщи массива, земной поверхности и расположенных на ней объектов закладывают наблюдательные станции, состоящие из сети реперов. Реперы, как правило, закладывают по профильным линиям, расположенным по простиранию и вкрест простирания разрабатываемой залежи. Число профильных линий на станции должно быть не менее двух по направлению вкрест простирания и одной по простиранию залежи.

Конструкция реперов и способы их закладки в грунте должны обеспечить прочную связь реперов с грунтом, надежную их сохранность на весь срок службы станции. Головки реперных знаков должны иметь форму полусферы с отверстием диаметром 1—1,5 мм и глубиной 5 мм.

Производство наблюдений на станции включает:

- а) измерение расстояний между реперами вдоль створов;
- б) измерение поперечных отклонений реперов от створов;
- в) определение высотного положения всех реперов;
- г) фиксацию всех явлений, сопутствующих процессу сдвижения поверхности (определение мест и размеров трещин в грунте и в сооружениях, положение очистных забоев, способ управления кровлей и т. д.).

Измерение расстояний между реперами чаще всего производят стальной компарированной рулеткой, светодальномером МСД-1М или длиномером АД-1 в прямом и обратном направлениях.

Необходимость измерений поперечных сдвижений рабочих реперов от створа возникает только в профильных линиях по простиранию, при крутом залегании залежи и особенно при диагональном расположении самой профильной линии, когда возможны значительные горизонтальные поперечные сдвижения реперов. Поперечные смещения рабочих реперов в этих случаях измеряют с помощью теодолита и ординатогра.

Высотное положение реперов определяют геометрическим нивелированием, а в гористой местности — тригонометрическим нивелированием в прямом и обратном направлениях.

Перед началом наблюдений производят привязку опорных реперов к ближайшим пунктам плановой и высотной геодезической сети и определяют их координаты.

Наблюдения на станции делятся на первичные, сторожевые и периодические.

Первичные наблюдения обязательно производят до начала подработки горными работами обычно два раза через 5—10 дней после бетонирования реперов. При этом измеряют все расстояния между реперами и производят нивелирование реперов. Нивелирование реперов производят замкнутыми ходами или по профильным линиям в прямом и обратном направлениях. Высотные невязки при этом не должны превышать  $\pm 15\sqrt{L}$  мм, где  $L$  — длина хода, км.

Сторожевые наблюдения заключаются в производстве нивелирования рабочих реперов с целью выявления наличия сдвижения поверхности после начала ведения очистных горных работ.

Периодические наблюдения производят через разные промежутки времени в зависимости от интенсивности сдвижений. В период активной стадии проявления процесса сдвижения наблюдения производят через каждые 15 дней,

а в остальные периоды — через 1—6 мес. Наблюдения прекращают тогда, когда между двумя последними сериями измерений скорость оседаний реперов не превышает 5 мм/мес. Обработка данных измерений заключается в следующем.

1. Вычисляют горизонтальные расстояния между реперами, расстояния каждого рабочего репера от крайнего опорного репера данной профильной линии и высотные отметки всех рабочих реперов.

2. Составляют ведомости по каждой профильной линии, в которые записывают вычисленные значения оседаний рабочих реперов  $\eta$ ; горизонтальных сдвижений рабочих реперов  $\xi$  относительно неподвижного опорного репера; скорости оседаний реперов; горизонтальных деформаций  $\epsilon$  (растяжение или сжатие) интервалов между реперами; наклоны  $i$  и кривизну  $K$  земной поверхности по профильной линии.

Значения величин  $i$ ,  $\epsilon$  и  $K$  вычисляют по формулам, приведенным в § 98. По этим данным для каждой профильной линии строят графики вертикальных и горизонтальных деформаций, которые используют для графического определения величин углов сдвижения, граничных углов, углов разрыва и угла  $\theta$ .

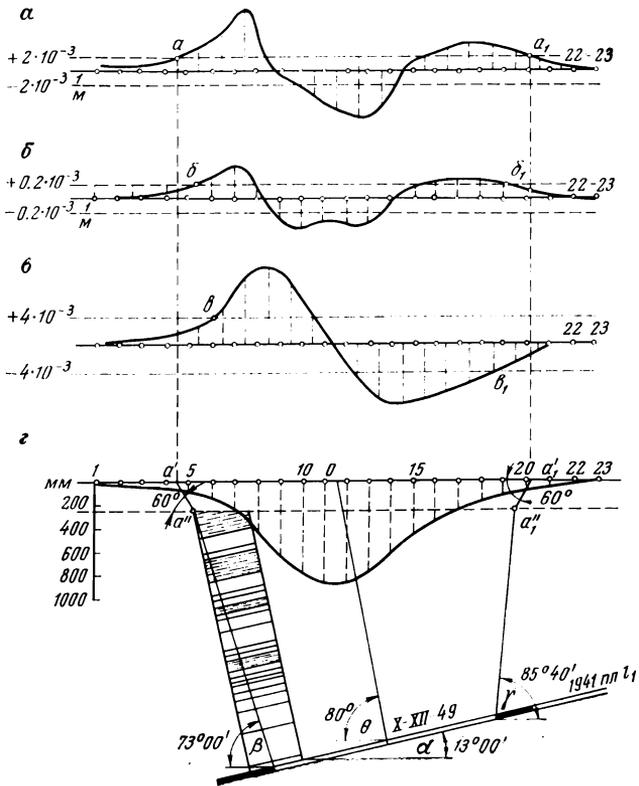
На рис. 8.4 приведены графики распределения значений величин деформаций  $\epsilon$ ,  $K$ ,  $i$  и  $\eta$  по профильной линии вкрест простирания угольного пласта после затухания процесса сдвижения.

Углы сдвижения  $\beta$  и  $\gamma$  по этим графикам определяют следующим образом. На графиках деформаций  $\epsilon$ ,  $K$  и  $i$  находят точки  $a$  и  $a_1$ ,  $b$  и  $b_1$ ,  $v$  и  $v_1$ , в которых значения соответствующих деформаций равны критическим, т. е.  $\epsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ ,  $K = 0,2 \cdot 10^{-3}$  и  $i = 4 \cdot 10^{-3}$ . Углы сдвижения определяются по крайним из названных выше критических точек. На рис. 8.4 такими точками являются  $a$  и  $a_1$ , которые проектируют на профиль земной поверхности (он совмещен с графиком оседаний) и получают точки  $a'$  и  $a'_1$ . Из точек  $a'$  и  $a'_1$  проводят линии под углами сдвижений  $\varphi_0$  в наносах и получают точки  $a''$  и  $a''_1$ . Наконец, точки  $a''$  и  $a''_1$  соединяют прямыми соответственно с нижней и верхней границами очистных работ и получают требуемые углы сдвижения  $\beta$  и  $\gamma$ .

Граничные углы  $\beta_0$  и  $\gamma_0$  определяют аналогично по граничным точкам сдвижения, где  $\eta = 15$  мм или  $\epsilon_p = 0,5 \cdot 10^{-3}$ . Значение углов  $\delta$  и  $\delta_0$  получают аналогичным образом по графикам, построенным для профильной линии по простиранию залежи.

Угол  $\theta$ , как показано на рис. 8.4, равен углу наклона линии, соединяющей середину выработанного пространства с точкой  $O$ , имеющей наибольшее оседание.

Для определения углов разрыва  $\beta''$ ,  $\beta'_1$ ,  $\gamma''$  и  $\delta''$  на вертикальных разрезах вкрест простирания и по простиранию гра-



**Рис. 8.4. Графики распределения:**

**а** — горизонтальных деформаций; **б** — кривизны ( $K$ ); **в** — наклонов ( $i$ ); **з** — оседаний ( $\eta$ )

ницы очистной выработки соединяют с ближайшей к границе мульды сдвижения трещиной на земной поверхности, зафиксированной при производстве маркшейдерских наблюдений.

Полученные данные величин оседаний при всех циклах наблюдений с известными промежутками времени между ними позволяют построить для любого репера график изменения скорости его оседания.

Продолжительность процесса сдвижения определяют по скорости оседания реперов в точках максимальных оседаний.

*Маркшейдерские наблюдения за сдвижением в шахте производят с целью установления деформации, напряженного состояния и давления горных пород, окружающих выработки. Результаты этих наблюдений используют для установления оптимальных значений некоторых геометрических параметров систем разработки, т. е. размеров очистного пространства, опорных и межкамерных целиков и т. д.*

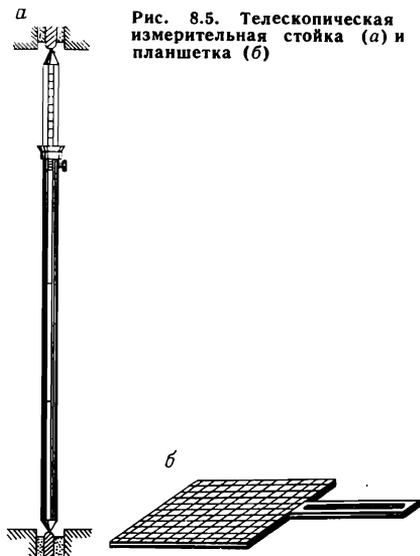


Рис. 8.5. Телескопическая измерительная стойка (а) и планшетка (б)

Сдвигание толщ пород изучают по относительному и абсолютному перемещениям реперов, заложенных в горных выработках и в скважинах.

Для определения относительных перемещений в кровле и почве горных выработок закладывают несколько пар реперов. Центры каждой пары реперов располагают на одной отвесной линии. Вертикальное перемещение верхнего репера относительно нижнего измеряют с помощью телескопической раздвижной стойки (рис. 8.5, а).

Для определения горизонтального смещения верхнего репера планшетку (рис. 8.5, б) центрируют над нижним репером и ориентируют. Затем с помощью отвеса проектируют центр верхнего репера и на планшетке измеряют составляющие относительного горизонтального смещения.

Для определения абсолютных смещений рабочие реперы закладывают в действующих подготовительных выработках, а опорные пункты — вне предполагаемой зоны сдвижения.

Смещения реперов определяют прокладкой теодолитных и нивелирных ходов между опорными и рабочими пунктами. При необходимости изучения характера сдвижения толщи горных пород применяют глубинные реперы, заложенные в скважинах.

## § 101. Основные понятия о предрасчете величин сдвижений и деформаций земной поверхности

Предрасчет величин сдвижений и деформации земной поверхности под влиянием подземных разработок производится:

а) для выбора способа охраны подрабатываемых сооружений;

б) для установления видов конструктивных мероприятий, необходимых для безопасной эксплуатации зданий и сооружений при их подработке.

В Правилах охраны приведены эмпирические способы и приемы расчетов сдвижений и деформаций.

В зависимости от полноты исходных данных при расчетах сдвижений и деформаций определяют ожидаемые или вероятные их значения,

Ожидаемые сдвигения и деформации — величины, определяемые в условиях, когда имеются календарные планы развития горных работ и известны необходимые для расчетов данные. При этом величины сдвижений и деформаций могут быть рассчитаны для любых точек в мульде сдвигения с учетом расположения горных выработок. Это наиболее полная и строгая методика предрасчета деформации. В Правилах охраны приведены расчетные формулы для определения ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от одной или нескольких очистных выработок, а также деформаций, обусловленных сдвижением пород по напластованию или сползанием пород лежащего бока. Там же приведены значения всех необходимых расчетных параметров применительно к условиям данного угольного бассейна.

Вероятные сдвигения и деформации — величины, определяемые в условиях, когда отсутствуют календарные планы развития горных работ. При этом методика расчета позволяет определять только возможные максимальные значения величин сдвижений и деформаций. Эти величины определяются при перспективном планировании горных работ под застроенными территориями для решения вопросов застройки подрабатываемых территорий.

Ожидаемые и вероятные сдвигения и деформации определяются с некоторой погрешностью, обусловленной многими факторами. Учитывая это обстоятельство, при решении задач подработки или строительства пользуются расчетными деформациями.

Расчетные деформации — величины сдвижений и деформаций, получаемые путем умножения ожидаемых или вероятных сдвижений и деформаций на коэффициенты перегрузки  $n$ , приведенные в табл. 8.1.

ТАБЛИЦА 8.1

Параметры сдвижений и деформаций	Обозначение коэффициента перегрузки	Значение коэффициента перегрузки	
		ожидаемое	вероятное
Оседание	$n_{\eta}$	1,2	1,1
Горизонтальное сдвижение	$n_{\xi}$	1,2	1,1
Наклон	$n_{\zeta}$	1,4	1,2
Кривизна	$n_{\kappa}$	1,8	1,4

Методика расчета ожидаемых и вероятных сдвижений и деформаций позволяет определять их величины при следующих условиях.

1. Кратность подработки ( $H : m$ ) при углах  $\alpha$  падения пластов до  $55^\circ$  должна быть более 20, а при  $\alpha > 55^\circ$  — более 15.

При закладке выработанного пространства вместо вынимаемой мощности  $m$  пласта в расчетах принимается эффективная мощность пласта  $m_э$ , вычисляемая по формуле

$$m_э = (h_k + h_n) (1 - B_1) + B_1 m, \quad (8.8)$$

где  $m$  — вынутая мощность пласта;  $h_k$  — сближение (конвергенция) кровли с почвой до возведения закладки, значение которого при отсутствии данных принимается равным  $0,15m$ ;  $h_n$  — неполнота закладки, т. е. расстояние от верха закладочного массива до кровли пласта;  $B_1$  — коэффициент усадки закладки, определяемый опытным путем или по компрессионным испытаниям закладочного материала ( $B_1 = 0,05 \div 0,50$ ).

2. Управление кровлей — полное обрушение или закладка выработанного пространства.

3. Закончившийся процесс сдвижения.

4. Горно-геологические условия не должны быть сложными. К таким условиям относятся наличие в толще пород разрывных нарушений, складчатое залегание пород, гористый рельеф местности и камерная система разработки.

В условиях, приведенных выше, величины вероятных максимальных значений сдвижений и деформаций могут быть предсчитаны по следующим общим для всех бассейнов формулам.

#### 1. Оседание

$$\eta_в = 0,8 (m_1 + m_2 + \dots + m_n), \quad (8.9)$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощности разрабатываемых пластов.

2. Наклоны вкрест простирания и по простиранию

$$i_в = 2 \cos^2 \alpha \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_n^2}, \quad (8.10)$$

где

$K_1 = m_1/H_1$ ;  $K_2 = m_2/H_2$ ;  $\dots$ ;  $K_n = m_n/H_n$ ;  $H_1, H_2, \dots, H_n$  — глубина залегания пластов (начиная с верхнего) в точках их пересечения с линией максимального влияния, проведенной из рассматриваемой точки земной поверхности под углом  $\sigma = 90^\circ - 0,8\alpha$  в сторону восстания пластов на разрезе вкрест простирания и  $\sigma = 90^\circ$  — по простиранию.

3. Радиус кривизны вкрест простирания и по простиранию (при  $\alpha \leq 45^\circ$ )

$$R_в = \frac{0,3}{\cos \alpha \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_n^2}}. \quad (8.11)$$

#### 4. Горизонтальные сдвигения:

а) по простиранию

$$\xi_{\text{в}} = 0,3 \cos \alpha \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}; \quad (8.12)$$

б) вкрест простирания

$$\xi_{\text{в}} = (0,3 + \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}. \quad (8.13)$$

#### 5. Горизонтальные деформации:

а) по простиранию

$$\varepsilon_{\text{в}} = 0,7 \cos^2 \alpha \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_n^2}. \quad (8.14)$$

б) вкрест простирания

$$\varepsilon_{\text{в}} = 0,7 (\cos^2 \alpha + \sin 2\alpha) \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_n^2}. \quad (8.15)$$

Установлено, что степень деформируемости жилых и общественных зданий лучше всего характеризуется показателем суммарных деформаций, обусловленных совместным влиянием горизонтальной деформации (растяжение, сжатие)  $\varepsilon$ , и радиусом кривизны  $R$ .

Расчетный показатель суммарных деформаций в миллиметрах определяется по формуле

$$\Delta l = l \sqrt{m_{\varepsilon}^2 \varepsilon^2 + m_K^2 \frac{H_3^2}{R}}, \quad (8.16)$$

где  $l$  — длина здания, отсека, мм;  $H_3$  — высота здания от подошвы фундамента до верха карниза, м;  $\varepsilon$  — расчетное значение горизонтальной деформации;  $R$  — расчетный радиус кривизны, м;  $m_{\varepsilon}$  и  $m_K$  — коэффициенты условий работы, усредняющие величины  $\varepsilon$  и  $K$  по длине здания.

Кроме перечисленных выше значений величин сдвижений и деформации земной поверхности можно предвычислить также ориентировочное значение общей продолжительности процесса сдвижения в месяцах по формуле

$$T \approx 1,4 \frac{H}{c}, \quad (8.17)$$

где  $H$  — средняя глубина разработки, м;  $c$  — скорость подвигания лавы, м/мес.

## § 102. Условия безопасной подработки зданий и сооружений и меры их охраны

Определение условий безопасности подработки зданий и сооружений и выбор мер их охраны основываются на сравнении расчетных деформаций земной поверхности с допустимыми и

предельными деформациями (показателями суммарных деформаций) для охраняемых объектов.

Допустимыми деформациями земной поверхности (оснований сооружений) принято считать деформации, могущие вызвать такие повреждения в сооружениях, при которых для их дальнейшей эксплуатации по прямому назначению достаточно проведения текущих наладочных и ремонтных работ.

Предельными деформациями земной поверхности (оснований сооружений) принято считать такие деформации, превышение которых может вызвать аварийное состояние сооружений, повлечь угрозу опасности для жизни людей.

Условия безопасной подработки объектов одиночным пластом или первым пластом свиты определяется безопасной глубиной разработки, устанавливаемой по допустимым деформациям.

Безопасной глубиной разработки  $H_6$  называется такая глубина, при которой и ниже горизонта которой горные работы не вызывают в сооружениях деформаций более допустимых. Ниже горизонта безопасной глубины горные работы могут производиться без применения специальных мер охраны сооружений.

Безопасная глубина разработки определяется в зависимости от величины допустимой деформации для охраняемого сооружения.

Если для охраняемого сооружения в качестве допустимой приняты наиболее опасные горизонтальные деформации, то

$$H_6 = K_e \frac{m}{[\epsilon_d]}, \quad (8.18)$$

а если в качестве допустимых деформаций приняты наклоны, то

$$H_6 = K_i \frac{m}{[i_d]}, \quad (8.19)$$

где  $m$  — вынимаемая мощность пласта;  $[\epsilon_d]$ ,  $[i_d]$  — допустимые величины горизонтальных деформаций и наклонов;  $K_e$  и  $K_i$  — коэффициенты, определяемые для каждого вида охраняемого сооружения в соответствии с разд. 7 Правил охраны.

Для некоторых объектов (транспортные сооружения, железные дороги, наклонные шахтные стволы и др.) значение коэффициента безопасности  $K_6$  надежно определяется на основе многочисленных данных опыта. При этом безопасную глубину определяют по формуле

$$H_6 = m K_6. \quad (8.20)$$

Безопасная глубина откладывается от охраняемого объекта вниз по вертикали. Выемка пласта ниже горизонта безопасной глубины может производиться без специальных мер охраны сооружений на поверхности.

Предельной глубиной разработки называется такая глубина, выше горизонта которой горные работы могут вызвать появление предельных (опасных) деформаций в зданиях и сооружениях.

Предельная глубина разработки вычисляется по одной из следующих формул:

$$H_{\text{п}} = K_{\text{г}} \frac{m}{[\dot{\epsilon}_{\text{п}}]} \quad \text{или} \quad H_{\text{п}} = K_{\text{в}} \frac{m}{[\epsilon_{\text{п}}]}, \quad (8.21)$$

где  $[\dot{\epsilon}_{\text{п}}]$  и  $[\epsilon_{\text{п}}]$  — предельные величины наклонов и горизонтальных деформаций, определяемые для каждого вида охраняемого сооружения в соответствии с разд. 7 Правил охраны.

*Меры охраны сооружений* от вредного влияния подземных разработок делятся на горные меры охраны, конструктивные (строительные) меры охраны и охрану сооружений путем оставления под ними целиков.

Горные меры охраны предназначены для уменьшения деформаций земной поверхности в основании охраняемого сооружения.

Конструктивные меры охраны предназначены для восприятия дополнительных нагрузок сооружениями при деформациях участка земной поверхности, на котором они расположены.

Установление оптимального варианта мер охраны для ведения горных работ выше горизонта безопасной глубины  $H_{\text{б}}$  или при расчетных деформациях, более допустимых, производится в следующей последовательности.

1. Определяются величины предельных показателей суммарных деформаций и предельные деформации, если охраняются гражданские или промышленные здания.

2. Устанавливаются предельная  $H_{\text{п}}$  и безопасная  $H_{\text{б}}$  глубины разработки.

3. Если глубины разработки больше предельной, но меньше безопасной, то производят выбор горных или конструктивных мер охраны.

Если применение этих мер охраны по технико-экономическим соображениям нецелесообразно или они не могут гарантировать нормальную эксплуатацию охраняемого объекта, то принимается решение об оставлении под ним предохранительного целика.

Охрана зданий и сооружений путем применения горных мер должна осуществляться по специальному проекту. Параметры выбранных горных мер охраны для зданий и сооружений определяют согласно Методическим указаниям по проектированию горных мер защиты подрабатываемых объектов (Л., ВНИМИ, 1975).

Конструктивные меры охраны зданий и сооружений могут назначаться в соответствии с Рекомендациями по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и со-

оружений от влияния горных разработок в основных угольных бассейнах (М., Стройиздат, 1967).

К горным мерам охраны сооружения относятся:

1) разработка пластов в несколько этапов при  $H \leq 250$  м и  $\alpha \leq 30^\circ$ , если охраняемый объект обособленный, имеет ограниченные размеры с продольной осью, ориентированной примерно по падению;

2) подработка двумя расходящимися забоями в условиях, описанных в п. 1;

3) подработка забоями, движущимися с заданным опережением в тех же условиях, но при расположении продольной оси объекта диагонально к линии простирания пласта;

4) разработка на неполную мощность пласта, особенно при подработке водных объектов;

5) разработка пласта с закладкой выработанного пространства при подработке населенных пунктов, заводов и водных объектов;

6) разработка пласта камерами с закладкой при  $H > 100$  м,  $\alpha \leq 30^\circ$ , если ответственный объект другими мерами охранять невозможно;

7) частичная выемка пласта для охраны объекта, требующего уменьшения ожидаемых деформаций земной поверхности не менее чем в 2,5 раза;

8) последовательная разработка пластов с разрывом во времени более продолжительности процесса сдвижения от одного пласта при охране объектов (железные дороги, трубопроводы и др.), для которых последствия от первой подработки могут быть полностью ликвидированы.

Конструктивные (строительные) меры охраны сооружений и зависят от схемы самой конструкции сооружения и вида деформаций на земной поверхности. К таким мерам защиты жилых и общественных зданий с жесткой конструктивной схемой от искривления земной поверхности (наклоны, кривизна) относятся: разделение зданий на отсеки; усиление стен с помощью стальных тяжей и железобетонных поясов; анкерка в стены концов балок перекрытий; выравнивание с помощью домкратов надземной части здания в вертикальной плоскости.

Мерами охраны этих же зданий от горизонтальных деформаций (растяжение, сжатие) являются: разделение зданий на отсеки; устройство железобетонных поясов на уровне пола подвала или цоколя; устройство компенсационных траншей по периметру здания глубиной больше глубины заложения фундамента с заполнением их сыпучими материалами; устройство гибкой железобетонной фундаментной плиты; введение дополнительных связей между колоннами и стенами и т. д.

В зданиях с гибкой конструктивной схемой (каркасных промышленных зданиях) рекомендуются следующие конструктив-

ные меры их охраны: преобразование жестких узлов каркаса в шарнирные; усиление колонн и пролетных строений; введение по низу колонн или между их фундаментами гибких связей—распорок; устройство компенсационных траншей; выправление положения колонн с помощью домкратов и т. д.

Очень чувствительны к подработке различного рода трубопроводы, защита которых, как правило, осуществляется конструктивными мерами. К таким мерам относятся: установка компенсаторов; кольцевание сети; усиление сварных стыков; вскрытие трубопроводов и засыпка траншей материалом, обеспечивающим небольшое защемление труб и снятие напряжений; вынос подземного трубопровода на земную поверхность и т. д.

### § 103. Методы построений предохранительных целиков под охраняемыми объектами

При решении задач по построению предохранительных целиков могут встретиться два случая:

1) построение целиков под компактными объектами небольших размеров или под вытянутыми объектами, расположенными по простиранию или вкрест простирания залежи;

2) построение целиков под вытянутыми объектами, расположенными диагонально к простиранию залежи.

Построение целиков производится графически чаще всего методом вертикальных сечений. Исходными данными для построения предохранительных целиков служат:

а) совмещенный топографический план поверхности и изогипс почвы залежи в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000;

б) вертикальные геологические разрезы данного участка;

в) значения углов сдвижений, взятые из Правил охраны или полученные по данным наблюдений.

Построение целиков начинают с определения на плане контура охраняемой площади. Если охраняемый объект или группа близко расположенных объектов имеют не очень большие размеры по длине, то в этом случае (рис. 8.6) их вписывают в прямоугольник  $aedc$ , стороны которого параллельны направлениям простирания и вкрест простирания залежи. Для большей гарантии охраны объекта площадь описанного прямоугольника  $aedc$  увеличивают путем оставления по всему периметру предохранительной бермы шириной  $b$  и получают контур охраняемой площади  $AEDC$ , под которой строят предохранительный целик.

Ширину предохранительной бермы (м) принимают: для охраняемых объектов I категории — 20, II категории — 15, III категории — 10 и IV категории — 5.

К охраняемым объектам I категории относятся общественные, особо значимые здания; мосты неразрывной конструкции

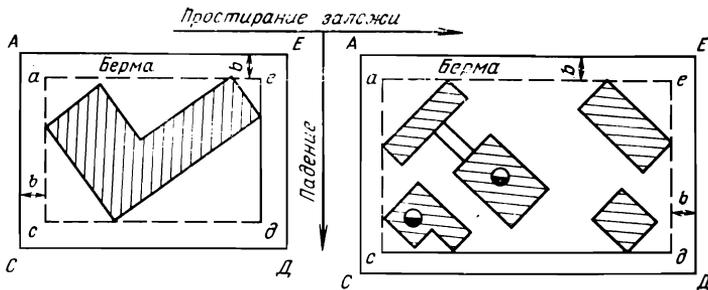


Рис. 8.6. Построение контура охраняемых объектов

с пролетами более 20 м; участки железных дорог со скоростями движения поездов более 100 км/ч и др.

Ко II категории относятся: детские дошкольные учреждения, больницы, поликлиники, театры; мосты разрезной конструкции с пролетами более 20 м; железнодорожные депо МПС и участки железных дорог общего пользования.

К III категории относятся: жилые здания и гостиницы; подъездные пути железных дорог; мосты с пролетами менее 20 м и др. Наконец, к IV категории относятся учреждения общественного обслуживания и вспомогательные здания.

Построение предохранительного целика под компактным сооружением, например зданием, осуществляют следующим образом (рис. 8.7). На нижнюю часть листа чертежной бумаги наносят выкопировку из плана контура  $AEDC$  охраняемой площади, линии координатной сетки и направление падения пласта.

Сверху строят вертикальные геологические разрезы  $I-I$  (вкрест простирания) и  $II-II$  (по простиранию), проходящие через центр  $O$  охраняемой площади. От точек  $O'$  и  $O''$  этих разрезов откладывают размеры охраняемой площади и получают точки  $A'(C')$ ,  $E'(D')$ ,  $E''(A'')$ ,  $D''(C'')$ . Кроме того, от поверхности земли вниз по вертикали откладывают вычисленное по формуле (8.18) или (8.19) значение  $H_6$  и получают горизонт безопасной глубины.

Для построения контура целика сначала на разрезе  $I-I$  из точек  $A'(C')$  и  $E'(D')$  проводят линии под углом  $\varphi$  к горизонту в пределах наносов и далее в пределах коренных пород — до встречи с залежью соответственно под углами сдвигения  $\gamma$  и  $\beta$  и получают точки  $1'(4')$ ,  $2'(3')$  на нижней и верхней границах целика.

Аналогичным образом на разрезе  $II-II$  из точек  $E''(A'')$  и  $D''(C'')$  в пределах наносов проводят линии под углом  $\varphi$  к горизонту и далее по коренным породам — под углом сдвигения  $\delta$ .

Проектируя верхнюю и нижнюю границы целика с разреза  $I-I$  на разрез  $II-II$ , получают размеры целика  $2''-3''$  и

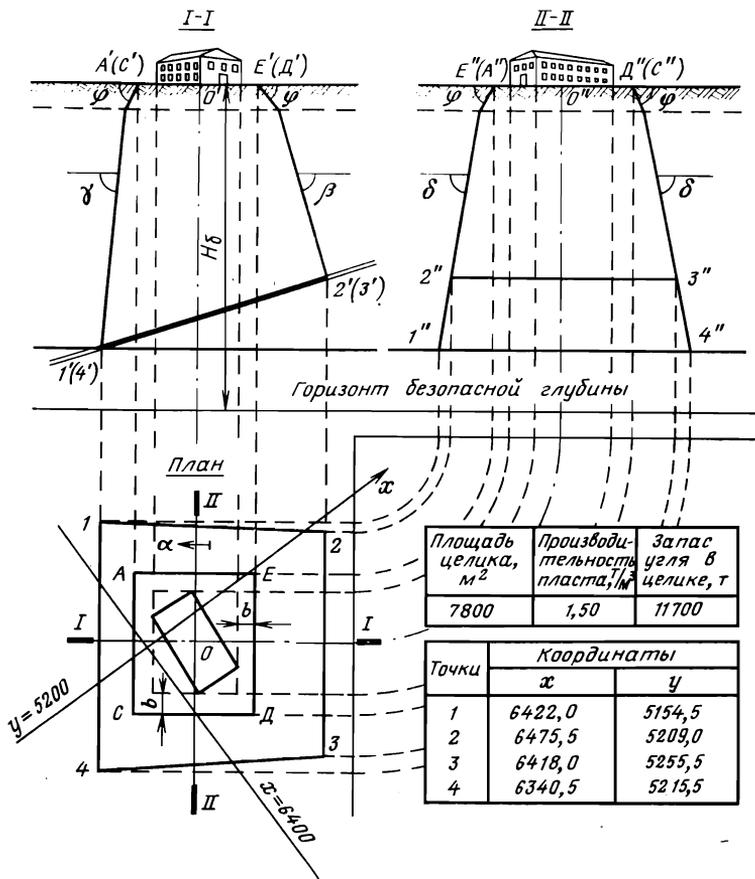


Рис. 8.7. Построение предохранительного целика под здание

$1''$ — $4''$  по простиранию пласта соответственно в верхней и нижней его границах. Затем известным из начертательной геометрии способом строят контур  $1, 2, 3, 4$  целика в плане. Охране подлежит часть целика, расположенная выше горизонта безопасной глубины.

В нижнем правом углу выписывают данные по подсчету запасов в целике, а также значения координат  $x, y$  угловых точек целика, необходимые для перенесения их в натуру (в шахте).

Несколько иначе строятся целики под вытнутые объекты (железные дороги, каналы и т. д.), оси которых могут быть расположены под различными углами  $\theta$  к направлению простирания залежи. Оконтуривание охраняемой площади под этими объектами по способу, описанному выше, привело бы к необоснованно большим потерям в оставляемых предохранительных целиках.

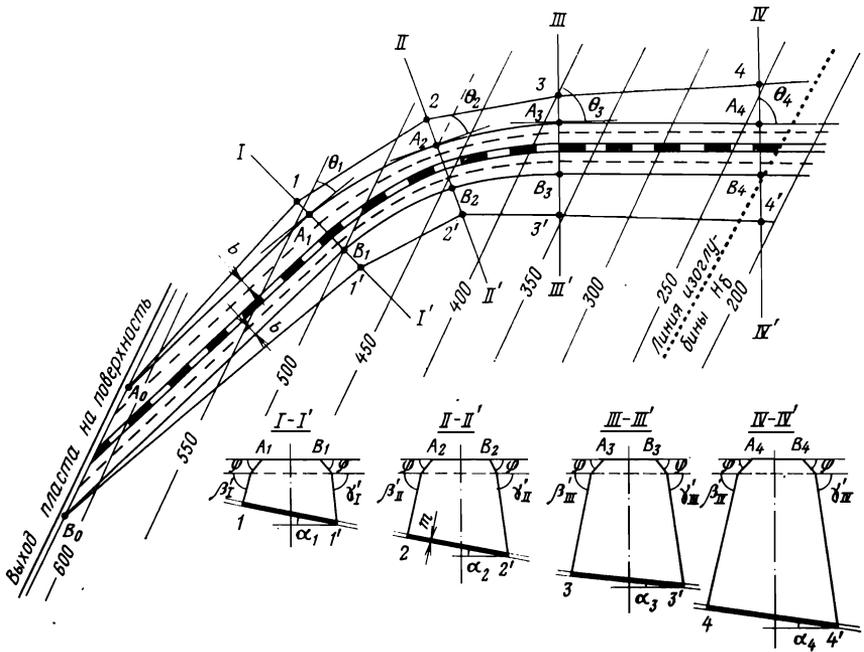


Рис. 8.8. Построение предохранительного целика под железнодорожное полотно

Учитывая это обстоятельство, контуры охраняемой площади для таких объектов проводят параллельно их продольной оси с учетом ширины  $b$  предохранительной бермы. Построение целика под такими объектами производят по вертикальным разрезам, проведенным перпендикулярно к их продольной оси. Однако направления этих разрезов в общем случае не совпадают с направлениями главных сечений мульды сдвижения, для которых определены углы сдвижения  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ .

Углы сдвижения  $\beta'$  и  $\gamma'$  в плоскости этих разрезов определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg} \beta' &= \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \beta \cos^2 \theta + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \theta}; \\ \operatorname{ctg} \gamma' &= \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \gamma \cos^2 \theta + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \theta}, \end{aligned} \right\} \quad (8.22)$$

где  $\theta$  — острый угол между продольной осью объекта и линией простирания залежи (на чертеже линии изогипс поверхности лежащего бока пласта), измеряемый графически на плане;  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  — углы сдвижений для данных условий.

Значения углов  $\beta'$  и  $\gamma'$  могут быть определены и по таблицам, приведенным в Правилах охраны.

Построение предохранительного целика для указанных объектов и, в частности, для железной дороги показано на рис. 8.8.

Основой для графических построений служит план расположения железной дороги с нанесенными изогипсами почвы залежи. На рисунке показаны изогипсы с отметками 200, 250, ..., 600 м, а горизонтали рельефа местности не показаны.

Порядок работ при построении целика в этом случае следующий:

1) откладывают в обе стороны от краев полотна, насыпи или выемки (на рисунке пунктирные линии) ширину предохранительной бермы  $b$  и строят контур  $A_0A_1A_2A_3A_4$  охраняемой площади с одной стороны и контур  $B_0B_1B_2B_3B_4$  с другой;

2) в характерных местах проводят линии  $I—I$ ,  $II—II$ ,  $III—III$ ,  $IV—IV$ , перпендикулярные к оси железной дороги, и по ним строят вертикальные разрезы с нанесением на них пласта;

3) вычисляют по формулам (8.22) углы сдвижений  $\beta'$  и  $\gamma'$  для каждого разреза в отдельности по выбранным из Правил охраны углам сдвижений  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и измеренным на плане углам  $\theta_1, \theta_2, \dots$ ;

4) по углам сдвижений  $\phi$  в наносах и  $\beta'$ ,  $\gamma'$  в коренных породах на разрезах определяют контурные точки целика  $I$  и  $I'$ ,  $2$  и  $2'$ ,  $3$  и  $3'$ ,  $4$  и  $4'$ ;

5) полученные контурные точки целика с разрезов переносят на план и получают контуры предохранительного целика под железной дорогой в плане  $A_0—1—2—3—4$  с одной стороны и  $B_0—1'—2'—3'—4'$  с другой;

6) нижнюю границу целика проводят по линии горизонта безопасной глубины.

## § 104. Особенности процесса сдвижения горных пород и охраны сооружений при подземной разработке рудных месторождений

Большое разнообразие физико-механических свойств и структурных особенностей горных пород, формы и элементов залегания залежи, а также применяемых систем разработки обуславливают не только разнообразие, но и сложность характера процесса сдвижения горных пород при разработке рудных месторождений. Именно этим следует объяснить, что для рудных месторождений до настоящего времени отсутствуют единые правила для охраны сооружений от вредного влияния подземных горных разработок. Применение используемого на угольных месторождениях метода аналогий в условиях рудных месторождений далеко не всегда приводит к удовлетворительным результатам. На рис. 8.9 схематически изображен общий характер сдвижения горных пород и земной поверхности при разработке крутой мощной рудной залежи на верхних горизонтах. В этом случае процесс сдвижения, как правило, протекает бурно с преобладанием явления обрушения.

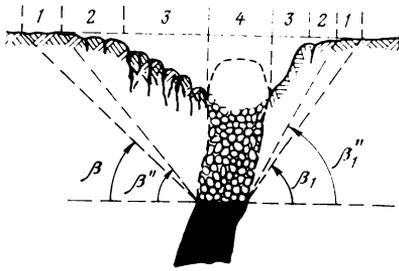


Рис. 8.9. Схема сдвижений горных пород при разработке верхних горизонтов мощных рудных тел

На земной поверхности могут наблюдаться зоны плавных сдвижений 1, зоны трещин 2, зоны террас 3 и зоны провалов 4.

По особенностям процесса сдвижения и величинам его параметров рудные месторождения разделяются на три основных типа:

I — со слоистым строением вмещающих пород и согласно залегающими с ним залежами;

II — с неслоистым строением вмещающих пород;

III — со слоистым строением вмещающих пород и несогласно залегающими с ним залежами.

К III группе, встречающейся сравнительно редко, в основном относятся некоторые месторождения жильного типа.

На месторождениях I типа с большой мощностью залежи преобладающей формой сдвижения является прогиб слоев пород по нормали к напластованию. При большой мощности залежи на земной поверхности образуются не только трещины различных размеров, но и обрушения в виде провалов.

На месторождениях II типа угол падения  $\alpha$  залежи и коэффициент крепости пород  $f$ , по М. М. Протодьяконову, не оказывают существенного влияния на величину углов сдвижения и разрыва. Это обусловлено тем, что вмещающие породы различными системами трещин разбиты на структурные блоки, по которым и происходит сдвижение массива в виде сдвига, обрыва и обрушения. Зона плавных сдвижений при этих условиях имеет подчиненное значение, поэтому углы сдвижения примерно равны углам разрыва.

При наличии разрывного геологического нарушения сдвиг толщи массива происходит по плоскости сместителя, падающего в сторону разрабатываемой залежи под углом не менее угла внутреннего трения пород.

На месторождениях III типа характер процесса сдвижения зависит от возможного расположения направлений и величин углов падения вмещающих пород  $\alpha_n$  и рудной залежи  $\alpha_r$ .

Процесс сдвижения для рудных месторождений изучен недостаточно, поэтому наиболее надежные значения параметров сдвижений для конкретного месторождения могут быть получены методом натуральных инструментальных наблюдений.

Производство натуральных инструментальных наблюдений за сдвижением массива и земной поверхности для рудных месторождений с пласто- и линзообразными залежами больших размеров производят по методике, изложенной в § 100.

На месторождениях II типа с крепкими вмещающими породами закладывать наблюдательные станции для получения углов сдвига и разрыва нецелесообразно. Для этой цели достаточно произвести съемку провалов и зон трещин и на вертикальных разрезах по простиранию и вкрест простирания заложить графически определить углы разрыва  $\beta''$ ,  $\beta_1''$ ,  $\gamma''$  и  $\delta''$ .

На основе анализа данных натуральных наблюдений для рудных месторождений с неизученным процессом сдвижений при слоистых горных породах и полной подработке ВНИМИ рекомендует использовать следующие ориентировочные значения минимальных углов сдвижений и разрывов, приведенных в табл. 8.2. Значения углов следует корректировать в зависимости от мощности залежи, трещиноватости и обводненности пород, а также применяемой системы разработки.

ТАБЛИЦА 8.2

Коэффициент крепости пород $f$	Угол падения пород $\alpha_{п}$ , градус	Углы сдвига, градус				Углы разрыва, градус			
		$\beta$	$\gamma$	$\beta_1$	$\delta$	$\beta''$	$\gamma''$	$\beta_1''$	$\delta''$
Менее 5	0—30	55—45	55	—	55	60—55	60	—	60
	31—45	45—40	55	—	55	55—50	60	—	60
	46—60	40	—	$(\alpha_{п}-5)^*$	55	50	—	$\alpha_{п}$	60
	61—80	40—45	—	50	55	50—55	—	60	50
	81—90	45—50	—	50	55	55—60	—	60	60
5 и более	0—30	60—50	$\delta$	—	$\left\{ \begin{array}{l} 55+ \\ +1,5 f \end{array} \right.$	65—60	$\delta''$	—	$\left\{ \begin{array}{l} 60+ \\ +1,5 f \end{array} \right.$
	31—45	50—45	$\delta$	—		60—50	$\delta''$	—	
	46—60	45—40	—	$\alpha_{п}$		50—45	—	$\alpha_{п}$	
	61—80	40	—	$\alpha_{п}^{**}$		45	—	$\alpha_{п}^{***}$	
	81—90	40—50	—	60		45—60	—	70	

\* Не более 50°.

\*\* Не более 65°.

\*\*\* Не более 70°.

При неслоистых породах углы сдвига в предварительных расчетах принимают в пределах 60—70°, а углы разрыва — 65—75°.

Решение вопросов, связанных с охраной сооружений от вредного влияния подземных разработок рудных месторождений, имеет свои особенности. К охране сооружений путем оставления под ними предохранительных целиков прибегают в крайних случаях, учитывая ограниченные размеры площадей залегания рудных залежей и сравнительно высокую ценность минерального сырья.

При проектировании горных предприятий шахтные стволы и надшахтные сооружения, как правило, размещают в лежащем боку рудных тел.

Если подработка поверхностных сооружений осуществляется двустадийно, т. е. сначала обрабатываются камеры, а затем межкамерные целики и потолочины, то сносить сооружения, расположенные в зоне опасного влияния, следует только перед обработкой межкамерных целиков и потолочин.

Для большинства рудных месторождений безопасная глубина не установлена. На месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород безопасная глубина разработки при ориентировочных расчетах определяется по формуле (8.20), в которой коэффициент безопасности  $K_6$  принимается: для объектов I категории охраны — 150, II категории — 100 и III категории — 50.

Строительство зданий и сооружений на подработанных участках земной поверхности допускается только при наличии данных, подтверждающих полную их подработку после окончания общей продолжительности процесса сдвижения. Общая продолжительность процесса сдвижения после прекращения очистных работ и погашения подземных пустот ориентировочно составляет при глубине разработки до 100; 101—200 и 201—300 м соответственно 1, 2—2,5 и 3 года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камшилов В. В., Гаврилов Б. К. Маркшейдерское дело на карьерах и приисках. М., Недра, 1969.
2. Курс маркшейдерского дела для горняков/ Д. Н. Оглоблин, Г. И. Герасименко, С. Ф. Травник и др. Киев, Техника, 1968.
3. Трофимов А. А. Основы маркшейдерского дела и геометризации недр. М., Недра, 1970.
4. Букринский В. А. Практический курс геометрии недр. М., Недра, 1966.
5. Вилесов Г. И., Ивченко А. Н., Диденко И. М. Методика геометризации месторождений. М., Недра, 1973.
6. Ворковастов К. С., Васильева Э. А. Маркшейдерские работы при освоении россыпей. М., Недра, 1981.
7. Гусев Н. А. Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы. М., Недра, 1968.
8. Инструкция по наблюдениям за деформацией бортов, откосов, уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечиванию их устойчивости. Л., ВНИМИ, 1971.
9. Маркшейдерское дело/Д. А. Казаковский, Г. А. Кротов, В. Н. Лавров и др. Ч. I. Общий курс. М., Недра, 1970.
10. Маркшейдерское дело/ Д. А. Казаковский, А. Н. Белоликов, Г. А. Кротов и др. Ч. II. Специальный курс. М., Недра, 1970.
11. Методические указания по наземной стереофотограмметрической съемке карьеров. Л., ВНИМИ, 1970.
12. Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах. М., Недра, 1977.
13. Николаенко В. Г., Соловьев В. Н. Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов. М., Недра, 1977.
14. Маркшейдерское дело/ Д. Н. Оглоблин, Г. И. Герасименко, А. Г. Акимов и др. М., Недра, 1981.
15. Основные положения по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ. М., Недра, 1974.
16. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках/ М. А. Перегудов, И. И. Пацев, В. И. Борщ-Компонец и др. М., Недра, 1980.
17. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. М., Недра, 1981.
18. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьера и откосов отвалов. Л., ВНИМИ, 1962.
19. Сборник руководящих материалов по охране недр. М., Недра, 1973.
20. Синяня Р. Р. К вопросу о линейном способе измерения кусковатости взорванной горной массы на карьерах. Ереван, 1961, с. 57—64.
21. Справочник по маркшейдерскому делу. Под общей ред. А. Н. Омельченко. М., Недра, 1979.
22. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. Л., Недра, 1971.
23. Условные обозначения для горной графической документации. М., Недра, 1981.
24. Ушаков И. Н. Горная геометрия. М., Недра, 1979.
25. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. Л., ВНИМИ, 1962.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

Азимут (гироскопический) 148  
Аналитические сети 191  
Армирование ствола 251—254

## Б

Базис стереосъемки 201  
Блочные карточки 88

## В

Величины сдвижений и деформаций  
земной поверхности:  
вероятные 279  
ожидаемые 279  
расчетные 279  
Вертикальная изомощность 68—69  
Вертикальная соединительная съемка  
152—154  
Вертикальные проекции 14  
Вертикальный разрез по оси ствола  
250

Вертикальный ствол:  
оси 237  
центр 237

Высотные отметки пунктов съемоч-  
ных сетей 197—198

## Г

Геометризация:  
детально-разведочная 46—47  
качественных свойств месторожде-  
ния 87  
Геометрические параметры 52  
Геометрические элементы подъемной  
установки:  
высота копра 241  
ось подъема 241  
плоскость симметрии шкива 241  
углы наклона подъемных канатов  
242  
углы отклонения (девиации) кана-  
та на барабане 242, 246—247  
углы отклонения каната на шкивах  
242  
центр вала 241  
центр направляющего шкива 241  
центр подъема 241

Геометрические элементы складки:  
высота 75  
длина 75  
замок 73  
крылья 73  
осевая плоскость 74  
ось 74  
угол 74  
шарнир 74  
ширина 75

элементы залегания 75  
ядро 73  
Геометрия недр 45—46  
Геостатистика 89  
Гипсометрический план 64—67  
Гироскоп 146—150  
Гистограмма 91  
Главная ось фотокамеры 201—202  
Глубина залегания залежи 53  
Глубина разработки:  
безопасная 282  
предельная 283  
Горно-геометрические графики:  
качественные 46  
построение 47—50  
структурные 46  
Государственная геодезическая сеть  
30—31  
Графики изомощностей залежей 67—  
71

## Д

Деформации:  
горизонтальные 281  
допустимые 282  
мульды сдвижения 271  
предельные 282  
суммарные 281  
Диаграмма—роза трещиноватости  
85—86  
Длиномер 153—154  
Документация:  
камеральная 88  
полевая 88  
Документация при сдаче шахты в  
эксплуатацию:  
вычислительная 264  
графическая 264  
первичная 264  
проектная 263—264  
Драга 218—219

## З

Задание направления:  
глубоким взрывным скважинам  
183—185  
горной выработке на сбойку со  
скважиной 177—178  
горным выработкам в вертикаль-  
ной плоскости 170—172  
горным выработкам в горизон-  
тальной плоскости 166—169  
Залежи полезного ископаемого:  
простые 51  
сложные 52  
Замеры горных выработок 128, 185—  
186

## Запасы:

- активные 102—103
- балансовые 98—99
- во временных целиках 102—103
- временно заваленные 103
- временно затопленные 103
- вскрытые 100, 102
- готовые к выемке 100, 102
- забалансовые 98
- категории 98—99
- неактивные 102—103
- нормативы 103—105
- подготовленные 100, 102
- промышленные 99
- разведанные 97

## Засечка:

- прямая 39
- обратная 39—40

## Зоны:

- обрушения 265
- опорного давления в прилегающей к пласту области вблизи границы очистной выемки 266
- плавного прогиба слоев пород без расслоений и образования трещин 265
- прогиба напластований толщи пород в сторону выработанного пространства с расслоением и образованием трещин в них 265
- прогиба подстилающих пород в сторону выработанного пространства 266

## И

### Измерение:

- горизонтальных и вертикальных углов 133—135
- длин линий 135
- площадей 107—108

### Изогипсы 64

### Изоглубины 71—73

### Изомощности 68—69

### Изыскательские работы 223

### Инклинометры 54

### Инструменты для съемки нарезных и очистных выработок 179

## К

### Качественные свойства полезных ископаемых:

- геометризация 87
- план изолиний 93—94
- прогнозирование 95—96

### Классификации:

- разведанных запасов 97
- разрывных нарушений 78—82

### Клинометры 54

### Кондиции 98

### Конструкции центров пунктов:

временных 156—157

постоянных 156—157

### Контроль:

- за деформациями металлоконструкции отвального моста 211
- за монтажом подкопровой рамы и копра 243—244
- за установкой направляющего шкива и оси его вала 244—245
- за установкой подъемной машины 245—246
- подъемного комплекса вертикального ствола 246—247

### Контур месторождения:

- балансовых запасов 106
- внешний 106
- внутренний 106
- рабочий промышленный (кондиционный) 106

### Контур охраняемого объекта 285—286

### Коэффициент:

- вариации 90
- запаса устойчивости откоса 216
- извлечения из недр 120
- качества 120
- разрыхления пород 123

### Кривизна 272—273

### Крылья:

- висячие 76
- лежачие 76
- относительные перемещения 77

## Л

### Лазерный указатель направления 167—169

### Линейный запас:

- полезного ископаемого 95
- полезного компонента 95

### Линия выхода залежи на поверхность 53, 73

### Линия обреза залежи 76

### Лунки для установки расстрелов 251

## М

### Маркшейдерские пункты 156—157

### Маркшейдерские работы:

- в период разведки, изысканий, подготовки и вскрытия месторождений 223

в период разработки месторождения 220—221

в период разработки россыпей 223—224

при открыто-гидравлическом способе разработки 222

при проведении выработок с большой площадью сечения 262—263

при проведении траншей 208—209

при проходке вертикальных стволов специальными способами 256—258

при проходке и креплении вертикальных стволов 247—249  
при проходке наклонного ствола 254—256  
при рекультивации земель на открытых разработках 224—228  
Маркшейдерские съемки на карьерах 188—189  
Маркшейдерское дело 5  
Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ 205—206  
Меры охраны сооружений:  
горные 283—284  
конструктивные (строительные) 284—285

#### Методы:

геологических разрезов 51  
обновления существующих топографических карт 34—35  
построения предохранительных щеликов 285—289  
составления топографической основы 33  
специализированной топографической съемки 34

Методы определения потерь полезных ископаемых:  
комбинированный 120  
косвенный 119—120  
прямой 118—119

Методы перенесения геометрических элементов в натуру:  
горизонтального расстояния 230—232  
горизонтального угла 230  
закрепления точки на заданной отметке 233—235  
линии с заданным уклоном 235—236  
точки по заданным координатам 232—233

Методы поисков смещенной части:  
аналогии 83  
геофизические 83  
знаков скольжения 83  
опознавательный 83

Монтаж подъемного комплекса 241

Мощность залежи:  
вертикальная 62—64  
горизонтальная 61  
нормальная 61  
средняя 108—109

## Н

Наблюдения за сдвижением горных пород:  
маркшейдерские 277—278  
первичные 275  
периодические 275—277  
сторожевые 275

Наблюдения за сдвижением откосов 217

Наклонный ствол:  
ось 254  
ось подъема 254  
центр 254

Наклоны:  
вкрест простирания и по простиранию 280  
между двумя точками 272  
Нивелирование:  
геометрическое 162  
тригонометрическое 165  
Нивелиры 162

## О

Образец оформления планшета 16  
Обрушения 214  
Объемная масса полезного ископаемого 109  
Объемы складов полезных ископаемых 120—122  
Оплывины 214  
Оползни 214  
Опорная геодезическая сетка 42—44  
Опорные и съемные сети 30—32  
Опробование месторождения:  
минералогическое 87  
погоризонтные планы 87  
техническое 87  
технологическое 87  
Оптимальный угол наклона бортов карьера и откосов отвалов 215—217  
Ординатометр 275  
Ориентирование:  
гироскопическое 146—150  
подземного горизонта горных выработок 138—139  
подземной съемки через штольню или наклонный шахтный ствол 139—140  
подэтажных горизонтов 150—151  
через вертикальный восстающий при помощи двух отвесов по способу створа 151  
через два вертикальных ствола 144—145  
через наклонный восстающий способом створных точек 151  
через один вертикальный ствол 140—144  
Оседание 272, 280  
Осыпи 214

## П

Палетка 107—108, 114—115  
Параметры разрывных нарушений:  
линейные 78  
угловые 77  
Планшетка 278

- Передача высотной отметки:  
длинномером 153—154  
при помощи длинной ленты 152—153
- Перенесение в натуру центра вертикального ствола 237—238
- Перенос геометрических элементов системы разработки на местность 223
- План-заказ 220
- Планирование горных работ 223
- Планы:  
горных выработок 18, 21—23  
общие понятия 14  
сводный 18
- Поверхности раздела:  
действительные 51  
условные 51
- Подвесная буссоль 58
- Подвесной полукруг 59
- Подвижность транспортно-отвального моста:  
вертикальная 210  
горизонтальная 210
- Подземные опорные полигометрические сети 155
- Подработка:  
граничные углы 269—270  
кратность 269  
неполная 269  
полная 268  
продолжительность и периоды 271  
сооружений и водоемов 266  
степень 269
- Полевые измерения при создании плановых сетей 157—158
- Полигональная кривая 91—93
- Пополнительная съемка 223—224
- Построение предохранительного целика:  
под железнодорожное полотно 288  
под здание 286—287
- Потери полезного ископаемого:  
качества 116  
нормативные 117  
общешахтные 116  
плановые 117  
проектные 117
- Предохранительная берма 285
- Привязка:  
объектов 35—37  
по топографическому плану 37
- Принципы съемки характерных контурных точек:  
звуколокационный 181  
тахеометрический 180  
фотограмметрический 180
- Провалы 270
- Проверка сечений проводимых выработок 261—262
- Проектирование горных предприятий 6
- Проектирование точки:  
качающимся отвесом 142  
неподвижным отвесом 140—141
- Проектировочная тарелочка 141—142
- Проекция:  
вертикальные 14  
горных выработок на вертикальную плоскость 23  
общие понятия 14
- Производительность:  
жилы 95  
пласта 95
- Просадки 214
- Профили:  
общие понятия 14  
продольные 25—27
- Профилировка стенок ствола 249—251
- Профильная съемка копра 244
- Профильная съемка откоса:  
с помощью телескопической штанги 206—207  
с помощью эклиметра и рулетки 207
- Прямоугольная точечная диаграмма трещиноватости 86

## Р

- Радиус кривизны вкрест простирания и по простиранию 280
- Разбивка:  
зданий и сооружений 239—240  
транспортных путей 209—210  
эксплуатационной сетки 195
- Разбивочные работы 229
- Разведка месторождений 5—6
- Раздробленность массива:  
коэффициент 84  
степень 84
- Разработка месторождений 6—7
- Разрезы:  
вертикальные 18  
вкрест простирания 23—24  
общие понятия 14
- Разрывные нарушения:  
взброс 79, 81  
взбросо-пересдвиг 79  
взбросо-сдвиг 79  
пересдвиг 79  
сброс 79  
сбросо-пересдвиг 79  
сбросо-сдвиг 79  
сдвиг 79  
скрещения 78  
смещения 78
- Разубоживание полезного ископаемого:  
вторичное 117  
конструктивное 117

первичное 117  
эксплуатационное 118  
Рассечка околоствольного двора  
259—261  
Расчет устойчивости откосов 215—216  
Регулируемый центрировочный отвес  
132  
Румб направления 160

## С

### Сбойки:

вертикальных выработок 170—171  
горизонтальных и наклонных выработок, проводимых в пределах одной шахты 173—174  
горизонтальных и наклонных выработок, не сообщающихся между собой 174—175

Сдвигание горных пород:  
горизонтальное 272, 281  
область 265

### Складка:

антисинклинальная 74  
веерообразная 74  
вертикальная 74  
горизонтальная 74  
изоклинальная 74  
коническая 74  
косая 74  
лежачая 74  
наклонная 74  
нормальная 74  
опрокинутая 74  
прямая 74  
синклинальная 74  
цилиндрическая 74  
шарнирная 74

Скобы 167

Сместитель 75

Создание разбивочной сети на поверхности шахт 238—239

### Состав чертежей:

горных выработок 17—18  
земной поверхности 17

Способ соединительных треугольников 142—144

Способы измерения искривлений оси ствола от вертикали:

геометрический 258  
звуколокационный 258—259  
оптический 258

Способы определения координат 54—57

Способы определения объема вынудой горной массы на карьерах:  
вертикальных сечений 213  
горизонтальных сечений 212—213

Способы определения объемной массы:  
лабораторный 109—110

пробной вырубки 109  
Способы перенесения точки по заданным координатам:  
линейных засечек 233  
полярный 232—233  
створов 233  
угловой засечки 233  
Способы подсчета запасов:  
геологических блоков 112  
изолиний 114—115  
параллельных сечений 113—114  
среднеарифметического 111—112  
эксплуатационных блоков 112—113  
Способы привязки:  
инструментальный 41  
упрощенно-инструментальный 40—41  
упрощенный 37—39  
Способы создания и развития сетей и определение координат их пунктов:  
аналитических сетей 190—191  
засечек 191—192  
полярный 192—193  
теодолитных ходов 193—194  
эксплуатационной или квадратной сетки 195—196  
Среднее квадратическое отклонение 90  
Среднеарифметическая погрешность с заданной вероятностью 90  
Среднее содержание полезного компонента 110—111  
Средняя квадратическая погрешность 36  
Стереавтограф 204—205  
Строительство горных предприятий 6  
Структура маркшейдерской службы 10—11  
Съемка нарезных выработок 178—179  
Съемка очистных забоев при разработке:  
крутого пласта 181  
крутых залежей с выемкой полезного ископаемого по восстанию 182  
крутых рудных тел системой с потлокустунным забоем и магазинированием руды 182  
подэтажными выработками 183  
пологого пласта 181  
с принудительным этажным обрушением 183  
Съемка подробностей на карьерах:  
мензульная 199—200  
наземная стереофотограмметрическая (фототеодолитная) 200—205  
способом перпендикуляров 200  
тахеометрическая 199  
Съемка поперечного сечения горной выработки 261—262

Съемки:  
вертикальные 128  
контуров 128  
подземные 127—128  
подземные горизонтальные 128  
соединительные 128  
Съемочные сети 31—32, 155

## Т

Табличные углы 160  
Тектонические нарушения:  
дизъюнктивные 73  
единичные 76  
разрывные 73  
складчатые 73  
Телескопическая раздвижная стойка 278  
Теодолитные ходы:  
на карьере 194  
несвободные 155  
свободные 155  
Теодолиты:  
горные 128—131  
установка 132  
центрирование 132  
Типы пунктов съемочной сети на карьерах 190  
Топографическая съемка поверхности 32—33  
Точность хода 161  
Транспортно-отвальный мост 210—211  
Трещиноватость:  
график изолиний интенсивности 87  
диаграмма 85  
точечная диаграмма 86  
Трещины:  
нетектонические 84  
ориентировка 84  
раскрытие 84  
тектонические 84

## У

Угловая невязка в полигонах 159—160  
Угловая подвижность транспортно-отвального моста 211  
Угловые элементы залегания залежи:  
линия падения 52  
линия простирания 52  
Угломеры 179—180  
Углы:  
максимального оседания 270  
полных сдвижений 271  
простирания и падения 53, 60—61  
разрывов 270  
сдвижения 270  
Условия безопасной подработки зданий и сооружений и меры их охраны 281—285

Условный вектор перемещения 77  
Устойчивость откосов на карьерах 213—214  
Учет:  
вскрыши 123—124  
добычи 122  
запасов полезных ископаемых 124—126

## Ф

Факторы, влияющие на характер процесса сдвижения горных пород 273—274  
Физико-механические свойства горных пород 273  
Формат планшетов 15—17  
Формулы для подсчета запасов 105  
Фотосъемка:  
нормальная 202  
равномерно-отклоненная влево и вправо 202  
Формы складчатых структур:  
по величине угла 74  
по взаимному расположению шарнира и крыльев 74  
по углу наклона осевой плоскости к горизонту 74  
по форме поверхности замка 74  
Функции переменных 47—50

## Х

Характер оползней 217—218

## Ч

Чертежи:  
горных выработок 17—18, 21—27  
исходные 15  
отводов горного предприятия 17  
отражающие обеспеченность горного предприятия пунктами маркшейдерской опорной и съемочной сети 17  
отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности 17  
производные 15

## Ш

Шаблоны 170—171, 252—253  
Шаг армировки 251

## Э

Этапы открытой разработки месторождений:  
осушение карьерного поля 187  
подготовка карьерного поля 187  
строительство карьера 187  
эксплуатация месторождения 187—188

## Я

Ярус расстрелов 251

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
§ 1. Содержание маркшейдерского дела и его задачи на различных этапах освоения месторождения . . . . .	5
§ 2. Роль маркшейдерских работ и их значение в практической деятельности горных инженеров и инженеров-геологов . . . . .	8
§ 3. Структура маркшейдерской службы в СССР . . . . .	10
§ 4. Краткая историческая справка о развитии маркшейдерского дела . . . . .	11
<b>Глава 1. Маркшейдерская графическая документация . . . . .</b>	<b>13</b>
§ 5. Классификация, составление и оформление графической маркшейдерской документации . . . . .	15
§ 6. Состав, виды и содержание маркшейдерской графической документации . . . . .	17
§ 7. Решение простейших задач по маркшейдерским чертежам . . . . .	27
<b>Глава 2. Маркшейдерские работы на земной поверхности в пределах территории разведываемого участка . . . . .</b>	<b>30</b>
§ 8. Маркшейдерские опорные и съемочные сети . . . . .	30
§ 9. Топографические съемки поверхности . . . . .	32
§ 10. Составление топографической основы для отчетных геологических карт и планов . . . . .	33
§ 11. Способы привязки объектов геологоразведочных наблюдений . . . . .	35
§ 12. Перенесение геометрических элементов проекта геологоразведочных выработок в натуру . . . . .	41
<b>Глава 3. Геометризация месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>45</b>
§ 13. Сущность, задачи и этапы геометризации месторождений полезных ископаемых . . . . .	45
§ 14. Способы графического изображения изменений показателей месторождений как функции одной, двух и трех переменных . . . . .	47
§ 15. Методы геометризации месторождений . . . . .	50
§ 16. Форма и геометрические параметры залежи полезного ископаемого . . . . .	51
§ 17. Определение координат точек встречи скважин с поверхностью залежи . . . . .	53
§ 18. Непосредственные определения углов простирания и падения залежи . . . . .	57
§ 19. Косвенные методы определения углов простирания и падения залежи . . . . .	60
§ 20. Мощность залежи по различным направлениям . . . . .	61
§ 21. Гипсометрические планы . . . . .	64
§ 22. Графики изолиний мощности залежи . . . . .	67
§ 23. Планы изоглубин залегания залежи . . . . .	71
§ 24. Краткие сведения о тектонических нарушениях . . . . .	73
§ 25. Геометрический анализ складчатых структур . . . . .	73
§ 26. Геометрические элементы и параметры разрывных нарушений . . . . .	75
§ 27. Классификации разрывных нарушений . . . . .	78
§ 28. Документация разрывных нарушений и методы поисков смещенной части залежи . . . . .	82
§ 29. Методы изучения и изображения трещиноватости массива горных пород . . . . .	84

§ 30. Общие сведения о качественных свойствах полезных ископаемых и этапы работ по их геометризации . . . . .	87
§ 31. Опробование месторождения и его геолого-маркшейдерская документация . . . . .	87
§ 32. Сведения из математической статистики в связи с геометризацией свойств полезных ископаемых . . . . .	89
§ 33. Кривая изменения содержания компонента по разведочной выработке, ее построение и сглаживание . . . . .	91
§ 34. Построение планов изолиний качественных свойств полезного ископаемого . . . . .	93
§ 35. Планы изолиний линейных запасов полезного ископаемого и его компонентов . . . . .	95
§ 36. Прогнозирование качественных показателей залежи для прилегающих участков и горизонтов . . . . .	95
<b>Глава 4. Подсчет и учет запасов, добычи, вскрыши и потерь полезного ископаемого . . . . .</b>	<b>97</b>
§ 37. Классификация разведанных запасов полезного ископаемого . . . . .	97
§ 38. Классификация промышленных запасов по степени их готовности к добыче (выемке) . . . . .	99
§ 39. Нормирование подготовленных и готовых к выемке запасов . . . . .	103
§ 40. Параметры подсчета запасов и способы их определения . . . . .	105
§ 41. Способы подсчета запасов . . . . .	111
§ 42. Виды потерь и разубоживания полезных ископаемых и их классификация . . . . .	116
§ 43. Методы определения и учета величин потерь и разубоживания полезных ископаемых . . . . .	118
§ 44. Определение объемов полезного ископаемого на складах и вскрышных породах в отвалах . . . . .	120
§ 45. Маркшейдерский контроль за оперативным учетом добычи и вскрыши . . . . .	122
§ 46. Учет состояния и движения запасов на горных предприятиях . . . . .	124
<b>Глава 5. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений 127</b>	
§ 47. Общие сведения о подземных маркшейдерских съемках . . . . .	127
§ 48. Горные теодолиты . . . . .	128
§ 49. Приспособления для установки и центрирования теодолита . . . . .	132
§ 50. Измерение горизонтальных и вертикальных углов . . . . .	133
§ 51. Измерение длин линий . . . . .	135
§ 52. Общие сведения о горизонтальных соединительных подземных съемках (ориентировках) . . . . .	138
§ 53. Ориентирование подземной съемки через штольню или наклонный шахтный ствол . . . . .	139
§ 54. Геометрическое ориентирование через один вертикальный ствол . . . . .	140
§ 55. Ориентирование через два вертикальных шахтных ствола . . . . .	144
§ 56. Гироскопическое ориентирование . . . . .	146
§ 57. Ориентирование подэтажных горизонтов . . . . .	150
§ 58. Вертикальная соединительная съемка . . . . .	152
§ 59. Классификация подземных маркшейдерских плановых сетей и их построение . . . . .	155
§ 60. Закрепление, обозначение и нумерация подземных маркшейдерских пунктов . . . . .	156
§ 61. Полевые измерения и камеральная обработка их результатов при создании плановых опорных и съемочных сетей . . . . .	157
§ 62. Высотная съемка горных выработок . . . . .	162
§ 63. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости . . . . .	166
§ 64. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости . . . . .	170

§ 65. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок встречными забоями . . . . .	172
§ 66. Съёмка нарезных и очистных горных выработок . . . . .	178
§ 67. Маркшейдерские замеры подземных горных выработок . . . . .	185
<b>Глава 6. Маркшейдерские работы при эксплуатации месторождений открытым способом . . . . .</b>	<b>187</b>
§ 68. Общие сведения о маркшейдерских работах при различных этапах открытой разработки месторождений . . . . .	187
§ 69. Порядок производства и объекты маркшейдерских съёмки на карьерах . . . . .	188
§ 70. Способы создания и развития съёмочных сетей и определение координат $x$ , $y$ их пунктов . . . . .	189
§ 71. Определение высотных отметок пунктов съёмочных сетей . . . . .	197
§ 72. Способы маркшейдерских съёмки подробностей на карьерах . . . . .	198
§ 73. Маркшейдерское обеспечение и документация буровзрывных работ . . . . .	205
§ 74. Маркшейдерские работы при прозедении траншей . . . . .	208
§ 75. Разбивка транспортных путей . . . . .	209
§ 76. Маркшейдерское обеспечение работы отвальных мостов . . . . .	210
§ 77. Способы определения объема вынутой горной массы на карьерах . . . . .	211
§ 78. Маркшейдерские работы по обеспечению устойчивости откосов на карьерах . . . . .	213
§ 79. Маркшейдерские работы при дражной разработке россыпных месторождений . . . . .	218
§ 80. Маркшейдерские работы при открытогидравлическом способе разработки россыпных месторождений . . . . .	222
§ 81. Маркшейдерские работы при рекультивации земель на открытых разработках . . . . .	224
<b>Глава 7. Маркшейдерские работы при строительстве шахт . . . . .</b>	<b>229</b>
§ 82. Задачи маркшейдера при строительстве шахт и этапы выполнения маркшейдерских работ . . . . .	229
§ 83. Методы перенесения геометрических элементов проекта в натуру . . . . .	230
§ 84. Разбивка и закрепление в натуре центра и осей вертикального шахтного ствола . . . . .	237
§ 85. Создание разбивочной сети на поверхности шахты . . . . .	238
§ 86. Основные сведения о разбивке зданий и сооружений . . . . .	239
§ 87. Разбивка и маркшейдерский контроль при монтаже подъемного комплекса . . . . .	241
§ 88. Маркшейдерские работы при проходке и креплении вертикальных шахтных стволов . . . . .	247
§ 89. Маркшейдерская документация и профилировка стенок ствола . . . . .	249
§ 90. Маркшейдерские работы при армировании ствола . . . . .	251
§ 91. Маркшейдерские работы при проходке наклонного ствола . . . . .	254
§ 92. Маркшейдерские работы при проходке вертикальных шахтных стволов специальными способами . . . . .	256
§ 93. Маркшейдерские работы при рассечке и проведении околовольных выработок . . . . .	259
§ 94. Проверка размеров поперечных сечений выработок при проходке и контроль при возведении постоянной крепи . . . . .	261
§ 95. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок с большой площадью сечения . . . . .	262
§ 96. Маркшейдерская документация при сдаче шахты в эксплуатацию . . . . .	263
<b>Глава 8. Сдвижение горных пород под влиянием подземных разработок и охрана сооружений от его вредного влияния . . . . .</b>	<b>265</b>
§ 97. Общие сведения о процессе сдвижения горных пород . . . . .	265

§ 98. Основные термины и параметры, характеризующие процесс сдвижения горных пород . . . . .	267
§ 99. Основные факторы, влияющие на характер процесса сдвижения горных пород . . . . .	273
§ 100. Маркшейдерские инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород . . . . .	274
§ 101. Основные понятия о предрасчете величин сдвижений и деформаций земной поверхности . . . . .	278
§ 102. Условия безопасной подработки зданий и сооружений и меры их охраны . . . . .	281
§ 103. Методы построений предохранительных целиков под охраняемыми объектами . . . . .	285
§ 104. Особенности процесса сдвижения горных пород и охраны сооружений при подземной разработке рудных месторождений . . . . .	289
Список литературы . . . . .	293
Предметный указатель . . . . .	294

**Рубен Рубенович Синянян**  
**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО**

**Редактор издательства Л. И. Елагин**  
**Переплет художника Ю. П. Трапакова**  
**Художественный редактор О. Н. Зайцева**  
**Технический редактор Н. В. Жидкова**  
**Корректор Е. В. Наумова**  
**ИБ № 4695**

Сдано в набор 26.10.81. Подписано в печать 01.03.82. Т-02453.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 19,0. Усл. кр.-отт. 19,0. Уч.-изд. л. 19,50. Тираж 12 000 экз. Заказ № 2286/8649—9.  
Цена 90 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,  
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного  
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга»  
им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государст-  
венном комитете СССР по делам издательств, полиграфии  
и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая  
ул., 14.





Р.Р.СҮМНЭНД  
НҮЯНД  
МАРШУНД  
ЕРӨС  
ХӨРӨН  
ДЭЛЭ