



Г. Н. Роут Т. Б. Рогова Т. В. Михайлова

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие



Кемерово 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Г. Н. Роут Т. Б. Рогова Т. В. Михайлова

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Кемерово 2019

УДК 622.1(075.8)

Рецензенты:

Руководитель НИ ПКП «Угольные технологии Кузбасса» доктор технических наук С. И. Калинин

Начальник управления горных работ АО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь» кандидат технических наук Р. Г. Клейменов

Роут, Г. Н. **Маркшейдерия** : учеб. пособие / Г. Н. Роут, Т. Б. Рогова, Т. В. Михайлова ; КузГТУ. – Кемерово, 2019. – 144 с.

ISBN 978-5-00137-081-9

Приведены сведения о принципах и методах маркшейдерских съемок. Изложен комплекс задач, решаемых маркшейдерской службой на горнодобывающих предприятиях. Показана роль маркшейдерской службы в обеспечении промышленной безопасности и охраны недр.

Подготовлено по дисциплине «Маркшейдерия» и предназначено для студентов специальностей 21.05.04 «Горное дело», 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства», 21.05.02 «Прикладная геология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 622.1(075.8)

© КузГТУ, 2019

© Роут Г. Н.,

Рогова Т. Б.,

Михайлова Т. В., 2019

ISBN 978-5-00137-081-9

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.	5
Глава 1. Роль маркшейдерских работ и их значение в практической деятельности горных инженеров.	6
1.1. Задачи маркшейдерской службы на разных этапах освоения месторождений.	6
1.2. Роль маркшейдерской службы в вопросах промышленной безопасности и охраны недр	8
1.3. Структура и правовое положение маркшейдерской службы в Российской Федерации.	10
Глава 2. Маркшейдерская графическая документация.	12
2.1. Общие сведения о маркшейдерской графической документации.	12
2.2. Классификация, назначение и содержание чертежей.	13
2.3. Требования, предъявляемые к маркшейдерским чертежам.	14
2.4. Изображение объектов на маркшейдерских чертежах.	16
2.5. Решение горно-геометрических задач в проекции с числовыми отметками.	23
Глава 3. Геометризация месторождений полезных ископаемых.	34
3.1. Сущность геометризации и ее значение.	34
3.2. Исходные данные для геометризации недр.	36
3.3. Виды и методы построения горно-геометрических моделей.	39
3.4. Геометризация формы и условий залегания залежи.	43
3.5. Геометризация качественных свойств полезных ископаемых.	46
Глава 4. Подсчет и учет запасов, добычи, вскрыши и потерь полезного ископаемого.	50
4.1. Классификация запасов полезных ископаемых.	50
4.2. Оконтуривание месторождений полезных ископаемых.	55
4.3. Параметры подсчета запасов и способы их определения.	57
4.4. Способы подсчета запасов месторождений полезных ископаемых.	60
4.5. Учет состояния и движения запасов.	65
4.6. Учет потерь и разубоживания полезных ископаемых.	68
4.7. Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи.	71
4.8. Маркшейдерский учет добычи по замерам горных выработок.	72
Глава 5. Маркшейдерские сети и съемки на земной поверхности.	77
5.1. Виды и назначение маркшейдерских съемок.	77
5.2. Сведения об опорных и съемочных маркшейдерских сетях и съемке земной поверхности.	78
5.3. Объекты съемки открытых горных работ.	78
5.4. Способы съемок земной поверхности и объектов открытых горных выработок.	79
5.5. Маркшейдерское обеспечение открытых горных работ.	84

Глава 6. Маркшейдерские работы при ведении подземных горных работ.	93
6.1. Горизонтальные соединительные съемки.	93
6.2. Вертикальные соединительные съемки.	96
6.3. Горизонтальные опорные и съемочные сети. Съемка подробностей.	97
6.4. Вертикальные сети и съемки.	99
6.5. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок.	102
6.6. Маркшейдерские работы при проведении выработок встречными забоями	109
Глава 7. Сдвигение пород и земной поверхности под влиянием подземных горных разработок.	113
7.1. Зоны и параметры сдвижения.	113
7.2. Основные факторы, определяющие характер сдвижения горных пород.	114
7.3. Наблюдения за сдвижением. Наблюдательные станции.	116
7.4. Меры охраны сооружений от вредного влияния горных работ.	119
7.5. Построение предохранительных целиков.	122
7.6. Основные понятия о предрасчете сдвижений и деформаций земной поверхности.	124
Глава 8. Геомеханический мониторинг при открытой геотехнологии.	128
8.1. Цель и задачи геомеханического мониторинга.	128
8.2. Маркшейдерско-геодезический контроль состояния горнотехнических объектов.	128
8.3. Особенности наблюдений за деформациями насыпных сооружений.	130
8.4. Обработка результатов наблюдений и их использование.	131
Глава 9. Порядок и контроль безопасного ведения горных работ в опасных зонах.	134
9.1. Виды опасных зон.	134
9.2. Содержание проекта по безопасному ведению горных работ в опасных зонах.	137
9.3. Маркшейдерское обеспечение безопасного ведения горных работ в опасных зонах.	140
Список рекомендуемой литературы.	143

ПРЕДИСЛОВИЕ

Маркшейдерия (маркшейдерское дело) – это отрасль горной науки и техники, предметом которой является изучение на основе натуральных измерений и последующих геометрических построений:

- структуры месторождения;
- формы и размеров тел полезного ископаемого в недрах;
- размещения в них полезных и вредных компонентов, свойств вмещающих пород;
- пространственного расположения выработок;
- процессов деформации пород и земной поверхности в связи с горными работами;
- динамики производственного процесса горного предприятия.

Измерения выполняются с помощью специальных маркшейдерских приборов и инструментов. Данные измерений синтезируются на горной графической документации, представляющей собой чертежи, полученные методом геометрических проекций.

Маркшейдерское дело развивалось совместно с работами по освоению месторождений полезных ископаемых. Сегодня маркшейдер – это специалист, обеспечивающий правильное и безопасное ведение горных работ и рациональное использование богатств недр. Ошибки в его работе могут привести к авариям с колоссальными убытками и с гибелью людей.

Задачей дисциплины «Маркшейдерия» является доведение до студентов многообразия вопросов, которыми занимается маркшейдерская служба. Освоение материала данной дисциплины должно привести студентов к пониманию роли и значения маркшейдерии в горном деле и правильному использованию знаний и умений при решении производственных задач.

При написании данного учебного пособия авторы использовали опыт преподавания дисциплины студентам различных специальностей за период с 1950 года по настоящее время преподавателей кафедры маркшейдерского дела: В. И. Акулова, С. П. Бахаевой, Г. С. Головки, С. Б. Корецкого, М. М. Латагуз, П. А. Марченко, Т. В. Михайловой, П. И. Райского, Т. Б. Роговой, Г. Н. Роута, А. Д. Трубчанинова, С. В. Шаклеина.

ГЛАВА 1. РОЛЬ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

1.1. Задачи маркшейдерской службы на разных этапах освоения месторождений

Современное маркшейдерское дело (маркшейдерия) – отрасль горной науки и техники, занимающаяся съемками на поверхности и в недрах Земли при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых и строительстве горных предприятий с целью изображения на чертежах ситуации для решения производственных задач.

Термин «маркшейдерское дело» произошел от немецкого слова Markscheidenkunst (Mark – линия, граница; scheiden – отмечать, устанавливать; Kunst – искусство), что переводится на русский язык как искусство межевания. Этот термин возник несколько веков назад в Германии, когда перед бурно развивающимся горным делом встали задачи по размежеванию подземных участков, принадлежащих разным хозяевам. Содержание маркшейдерского дела в начальный период его существования можно охарактеризовать как подземную геодезию. В ряде стран, например во Франции, эта дисциплина до сих пор так и называется – «подземная геодезия».

Однако в процессе своего развития маркшейдерское дело как отрасль горной науки превратилось в комплексную науку, включающую в себя помимо методики и техники съемочных работ (называемой собственно «маркшейдерское дело») также оценку точности измерений и вычислений, маркшейдерско-геодезическое приборостроение, геометрию недр, сдвигание горных пород (геомеханику горных пород) и пр.

Общим объединяющим фактором названных разделов являются цели, стоящие перед маркшейдерской службой, – обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации месторождений на базе инструментальных измерений.

Маркшейдер участвует на всех этапах работы горного предприятия, начиная с разведки месторождений и кончая его ликвидацией. Причем каждый этап характеризуется своей спецификой производства маркшейдерских работ.

При разведке месторождений полезных ископаемых маркшейдер участвует в съемке земной поверхности; согласно проекту геологоразведочных работ определяет и задает в натуре положение разведочных выработок (скважин, шурфов, канав и т. п.); производит съемку разведочных выработок, мест взятия проб, обнажений горных выработок, элементов залегания пластов полезного ископаемого и вмещающих пород; совместно с геологом составляет на основе съемок графическую документацию, отражающую форму, условия залегания месторождения, качественные свойства полезного ископаемого; участвует в процессе подсчета запасов.

При проектировании горных предприятий маркшейдер участвует в проектно-изыскательских работах; в оформлении границ шахтных и карьерных полей в соответствии с действующими положениями о горных и земельных отводах; в проектировании системы разработки и сооружений на поверхности; в разработке мер охраны сооружений (поверхностных и подземных) от вредного влияния горных разработок; в составлении программ развития горных работ; в расчетах потерь и промышленных запасов полезных ископаемых.

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

При разработке месторождений полезных ископаемых маркшейдер задает направления горным выработкам и производит их съемки; по результатам съемок составляет планы; осуществляет контроль ведения горных работ в соответствии с проектом и правилами безопасности и контроль полноты извлечения полезного ископаемого; выполняет соединительные съемки, обеспечивающие связь поверхностных и подземных маркшейдерских сетей; производит наблюдения за сдвижением горных пород; участвует в составлении мер охраны сооружений, природных объектов, горных выработок от вредного влияния подземных разработок; реализует направления рекультивации нарушенных горными работами земель; принимает участие в планировании горных работ; предоставляет данные объемов добычи и потерь для учета движения запасов.

При ликвидации и консервации горного предприятия маркшейдер определяет полноту выемки полезного ископаемого, а также наряду со съемкой горных выработок и пополнением планов горных работ готовит вычислительную и графическую документацию для передачи ее на хранение в архивы.

Горные инженеры должны знать основные принципы и методы производства маркшейдерских съемок; понимать, как маркшейдер задает направление горным выработкам; уметь использовать маркшейдерские указания; знать права и обязанности маркшейдерской службы и, что особенно важно, уметь свободно пользоваться маркшейдерскими планами, разрезами, проекциями (строить разрезы и наносить на них нужные проектные элементы, получать полное представление о фактическом состоянии горных выработок по маркшейдерским чертежам, выполнять планирование горных работ с использованием этих чертежей и т. д.). Они должны понимать, что эффективность оперативного руководства горным производством зависит от полноты и быстроты получения от маркшейдерской службы необходимой информации.

1.2. Роль маркшейдерской службы в вопросах промышленной безопасности и охраны недр

В соответствии со статьей 24 Закона РФ «О недрах» пользователи недр обязаны обеспечить проведение комплекса геологических, маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременное определение и нанесение на планы горных работ опасных зон.

В соответствии со статьей 22 указанного Закона пользователь недр обязан обеспечить ведение геологической, маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность.

Постановлением Госгортехнадзора России от 22.05.2001 № 18 утверждено «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр» [3]. Как указано в Положении [3], деятельность службы главного маркшейдера (маркшейдерской службы) осуществляется в соответствии с условиями лицензий на производство маркшейдерских работ.

В функции службы главного маркшейдера входит:

- участие в осуществлении контроля соблюдения требований Закона РФ «О недрах», Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», иных федеральных законов и нормативных правовых актов;

- своевременное и качественное проведение предусмотренного нормативными требованиями комплекса маркшейдерских работ, достаточных для обеспечения безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, наиболее полного извлечения из недр запасов полезных ископаемых, обеспечения технологического цикла горных, строительного-монтажных и иных видов работ, а также для прогнозирования опасных ситуаций при ведении таких работ;

- определение и своевременное нанесение на горнографическую документацию опасных зон возможного прорыва воды и газа в действующие выработки, зон повышенного горного давления, газодинамических проявлений, выбросов и горных ударов;

- контроль выполнения мероприятий по безопасному ведению горных работ в опасных зонах, охране зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок, охране окружающей природной среды;

- ведение мониторинга состояния недр, включая процессы сдвига горных пород и земной поверхности, геомеханических и геодинамических процессов при недропользовании в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду;

- обоснование нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче и др.

Проведение маркшейдерских работ в настоящее время регламентируется Инструкцией по производству маркшейдерских работ, утвержденной постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.03 № 73.

Таким образом, деятельность маркшейдерской службы направлена:

- на обеспечение эффективности производства и промышленной безопасности;

- на предупреждение нерационального использования недр и нарушений требований по их охране.

1.3. Структура и правовое положение маркшейдерской службы в Российской Федерации

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

Маркшейдерская служба на предприятиях горнодобывающей промышленности является основным звеном в общей структуре маркшейдерской службы РФ. Первичной производственной единицей является маркшейдерский отдел предприятия, на который возлагаются обязанности выполнения всех основных и текущих маркшейдерских работ при освоении и разработке месторождения.

Штат сотрудников маркшейдерской службы горного предприятия состоит из главного маркшейдера – начальника отдела, участковых маркшейдеров, техников-картографов и горнорабочих на маркшейдерских работах. Численность маркшейдерской службы зависит от многих факторов, определяющих объемы маркшейдерских работ: числа очистных забоев, планового объема проведения подготовительных выработок; протяженности поддерживаемых выработок и др. Укомплектование отделов специалистами, а также приборами и инструментами контролируется представителями органов Ростехнадзора.

На маркшейдерские отделы организаций, непосредственно руководящие горными предприятиями, возлагаются следующие обязанности: контроль подбора и расстановки маркшейдерских кадров на горных предприятиях; техническое руководство работой маркшейдерских отделов предприятий; планирование исследовательских и ответственных капитальных маркшейдерских работ; анализ маркшейдерской отчетности горных предприятий и т. д.

Специализированные маркшейдерские организации:

– по договорам выполняют капитальные маркшейдерские и топографические работы (аэрофотосъемки, создание опорных сетей, гироскопическое ориентирование и т. д.), требующие применения специальных методов и технических средств;

– ведут научные исследования;

– разрабатывают новые методы, приборы, оборудование для производства маркшейдерских работ.

Контролирует деятельность маркшейдерской службы Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). При Ростехнадзоре имеется служба инспекторов-маркшейдеров, которая контролирует:

- правильность организации маркшейдерской службы и соблюдение нормативных требований при выполнении всех видов маркшейдерских работ и составлении горной графической документации;

- полноту и рациональное использование недр;

- разработку и осуществление мероприятий по охране сооружений от вредного влияния горных работ.

Инспекторы проверяют положение дел на предприятиях и по результатам проверки составляют предписания, выполнение которых является обязательным для администрации горных предприятий.

Деятельность маркшейдерской службы по направлениям, связанным с рациональным использованием и охраной недр, достоверностью содержания первичной документации о состоянии и изменении запасов полезных ископаемых, достоверностью данных, необходимых для расчета платежей за пользование недрами при добыче полезных ископаемых находится под контролем органов Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор).

Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие профессиональных функций геодезиста и маркшейдера?

2. Каким законодательным актом регламентируется обязательность ведения маркшейдерской документации на горнодобывающих предприятиях?

3. Необходима ли маркшейдерская служба на предприятии, добывающем уголь? Нефть? Калийные глины?

4. Какими действиями маркшейдерская служба контролирует рациональное использование недр?

5. Какие действия маркшейдера обеспечивают безопасность ведения горных работ?

6. В каких случаях составляются предписания инспекторами Ростехнадзора?

ГЛАВА 2. МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

2.1. Общие сведения о маркшейдерской графической документации

Каждое горное предприятие должно иметь необходимый комплект маркшейдерских документов, включающий журналы измерений, вычислительную и графическую документацию.

Графическая документация представляется в виде проекций на различные плоскости, разрезов, профилей.

Планы – проекции объектов на 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, проекции на наклонную плоскость – чертежи, построенные соответственно в ортогональной проекции на вертикальную или наклонную плоскость.

Разрезы – изображение деталей объектов, расположенных в некоторой секущей плоскости. Могут быть горизонтальными и вертикальными, на них изображают геологическое строение толщи горных пород и горные выработки. Масштабы разрезов принимают в горизонтальном и вертикальном направлении одинаковыми.

Профили – изображение на данной секущей плоскости только контура рассматриваемого объекта. Для наглядности по высоте вертикальный масштаб в 10 раз крупнее горизонтального. Обычно применяются для вытянутых объектов.

Маркшейдерская графическая документация подразделяется на исходную и производную.

К исходной относят планы земной поверхности, чертежи горных выработок (оригиналы и дубликаты) и цифровые модели, которые по точности и полноте отображения объектов съемки и иной информации соответствуют требованиям Инструкции [2].

Для составления, пополнения и обновления исходной документации и цифровых моделей используются результаты инструментальных маркшейдерских съемок.

Исходные графические планы горных выработок составляются на специальных планшетах 50 × 50 см в квадратной разграфке.

Производная документация составляется на основе исходной для решения текущих задач предприятия, организации. При этом информация, содержащаяся на исходной документации, может быть сокращена, обобщена и дополнена специальным содержанием.

Графическую документацию составляют и вычерчивают в соответствии с действующими ГОСТ 2.850–75 – ГОСТ 2.857–75 [1].

2.2. Классификация, назначение и содержание чертежей

Чертежи горной графической документации классифицируют по их назначению:

- чертежи земной поверхности;
- чертежи горных выработок;
- горно-геологические и горно-геометрические чертежи;
- производственно-технические чертежи;
- чертежи для планирования и руководства горными работами.

Чертежи горной графической документации должны отражать: рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия; горно-геологические условия залегания месторождений; пространственное расположение горных выработок, пройденных в толще горных пород, с их геологической ситуацией и техническим оснащением, а также процесс горного производства во времени и в пространстве.

На чертежах земной поверхности изображают объекты, предусмотренные основными положениями по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500, кроме того, специфические для горных предприятий объекты (границы горных и земельных отводов; провалы, воронки, отвалы пород старых горных разработок; выходы горных пород и тел полезных ископаемых на земную поверхность или под наносы; здания, сооружения, сети коммуникаций на промышленной площадке и др.).

На планах горных выработок изображают границы горных отводов или технические границы горного предприятия, границы безопасного ведения горных работ; капитальные, подготовительные, нарезные, разведочные выработки и очистные забои с указанием дат их подвигания по месяцам и по годам; и др.

Виды графической документации зависят от типа месторождения, его геологического строения и способа отработки.

2.3. Требования, предъявляемые к маркшейдерским чертежам

Графическая документация должна быть:

- масштабированной, обычно это масштабы съемки 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, более крупные 1 : 200, 1 : 100, 1 : 50, 1 : 20, более мелкие 1 : 5000, 1 : 10000;
- точной (например, для плана 1 : 2000 при точности построения на плане $\pm 0,2$ мм при съемке необходима точность измерений $\pm 0,4$ м);
- наглядной, позволять производить на ней измерения угловых и линейных величин;
- давать полное изображение ситуации и систематически пополняться;
- оформляться в соответствии с условными обозначениями ГОСТ 2.850–75 – ГОСТ 2.857–75 «Горная графическая документация» [1].

Для горной графической документации согласно ГОСТ 2.850–75 – ГОСТ 2.857–75 применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения.

Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа, т. е. его размеры (длину, ширину, площадь) можно определить на плане (графике).


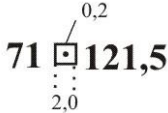
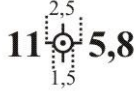




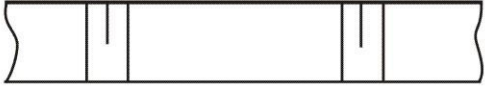
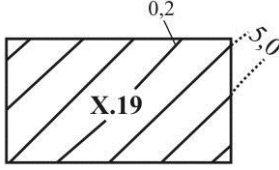

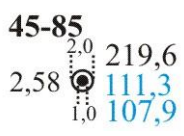
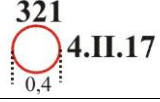
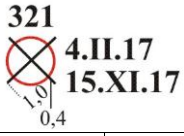
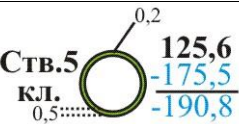
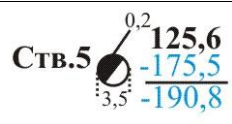
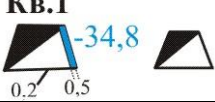
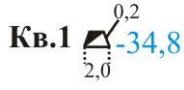
Внемасштабные (безмасштабные) – применяют на планах масштаба 1 : 2000 и мельче для малоразмерных объектов, фигурный рисунок такого знака включает главную точку, показывающую точное положение объекта на местности, и обозначает, что это за предмет.

Разномасштабные используют для изображения линейных объектов (железные дороги, автодороги, линии электропередач и др.), размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа.

Пояснительные условные знаки применяются для дополнительной качественной и количественной характеристики изображаемых объектов и показа их разновидностей (например, условный знак дерева внутри леса).

В табл. 2.1 приведены примеры условных обозначений отдельных элементов для горной графической документации.

Условные обозначения горной графической документации

Наименование	Условное обозначение		Цвет
Окантовка границы горного отвода	1.П.2019 		Красный 2
Пункт на открытых разработках: – опорной сети			
– съемочной сети постоянный			
– съемочной сети временный			
Пункт опорной сети в подземных выработках: – постоянный			Синий 9
– опорной сети временный			
– съемочной сети			
Откос уступа на сводном плане горных выработок карьера по вскрыше			См. п.3.1
Выработанное пространство			
Участок полезного ископаемого, целик потерянный полностью			Лимонный 5
Устье скважины, встретившей полезное ископаемое			Цвет, принятый для полезного ископаемого, и синий 9
Очаг пожара: – действующего			Красный 2
– ликвидированного			
	масштабное	безмасштабное	
Устье и сечение вертикального ствола круглое			Цвет, принятый для материала крепи, и синий 9
Сечение горизонтальной выработки			Цвет, принятый для материала крепи

2.4. Изображение объектов на маркшейдерских чертежах

При составлении графической документации используются проекции с числовыми отметками на одну плоскость, как дополнительные – афинные, аксонометрические, перспективные проекции.

Проекция с числовыми отметками является ортогональной проекцией на одну, чаще горизонтальную, плоскость. При этом положение изображаемых точек, характеризующих пространственную форму, определяется их ортогональными проекциями на плоскости (координатами x и y) и расстояниями их по нормали (по оси Z) от плоскости проекций, называемыми отметками точек.

Если изображаемые точки лежат выше горизонтальной плоскости проекций, то их отметки считаются положительными, если ниже плоскости проекций – отрицательными. Отметка точки выписывается около проекции точки в виде числа и называется числовой отметкой точки. Проекция точек при этом называется проекциями с числовыми отметками.

Метод проекций с числовыми отметками предназначен для изображения пространственных форм или их элементов на плоскости и решения по этим изображениям различных геометрических задач.

Объекты маркшейдерских съемок и изображений на планах и других графиках характеризуются точками, прямыми, плоскостями и поверхностями. Ниже рассмотрены методы изображения этих элементов на горизонтальной плоскости проекции (плане) и определения взаимного положения между ними. Эти методы лежат в основе решения многих задач на маркшейдерских планах.

Ортогональная проекция точки есть точка. В проекциях с числовыми отметками по двум координатам на плоскость наносят ортогональную проекцию данной точки, а ее третью координату подписывают в виде числовой отметки.

Ортогональная проекция прямой линии есть прямая. Прямые, нормальные к плоскости проекции, изображаются точками. Так, например, вертикальные скважины или вертикальные горные выработки на планах изображаются точками или условными знаками (для удобства чтения плана). Прямые, параллельные плоскости проекции, проецируются на нее в масштабе чертежа без искажения.

Данная в натуре прямая AB (рис. 2.1) имеет вполне определенное положение в пространстве и может быть изображена в проекциях с числовыми отметками, если известны координаты двух точек прямой $A(x_a, y_a, z_a)$, $B(x_b, y_b, z_b)$ или координаты одной точки $A(x_a, y_a, z_a)$ и направление прямой – дирекционный угол α (азимут) в сторону падения прямой и угол наклона δ прямой к горизонту.

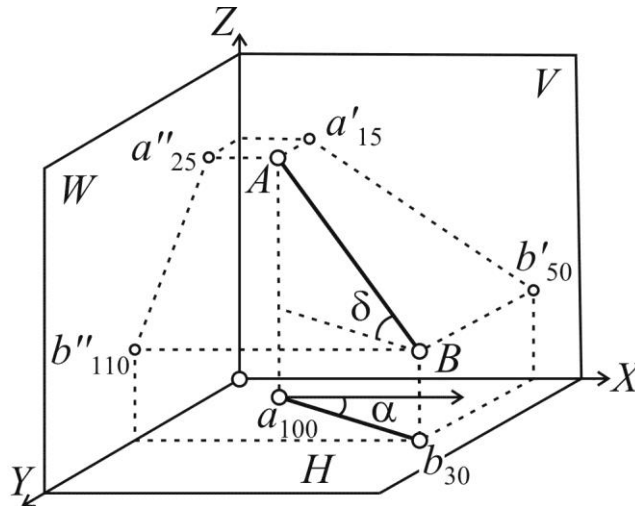


Рис. 2.1. Схема проецирования прямой AB на горизонтальную и вертикальные плоскости проекции

Прямая AB представлена на рис. 2.1 в пространстве относительно координатных осей координатами двух ее точек: $A(25, 15, 100)$ и $B(110, 50, 30)$.

Здесь же показана проекция этой прямой на горизонтальную плоскость XOY и на вертикальные плоскости XOZ и YOZ .

Наклон прямой к плоскости проекции может быть выражен углом ее наклона δ или в градуированных отметках.

Градуированием прямой называют нахождение на проекции прямой точек с целочисленными отметками, кратными выбранной высоте сечения. За высоту сечения h обычно принимают величины: 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50; 100.

Заложением прямой l называют расстояние между проекциями двух точек прямой, разность числовых отметок которых равна высоте сечения. Уклоном i прямой называют тангенс угла ее падения. Между высотой сечения, заложением и уклоном имеется зависимость вида

$$i = \operatorname{tg} \delta = h/l. \quad (2.1)$$

Наиболее распространенные способы градуирования прямых – на глаз, с помощью трафарета, профиля и аналитический. Если прямая задана одной точкой и направлением, то градуирование производят с помощью заложения, определяемого по профилю или аналитически (рис. 2.2).

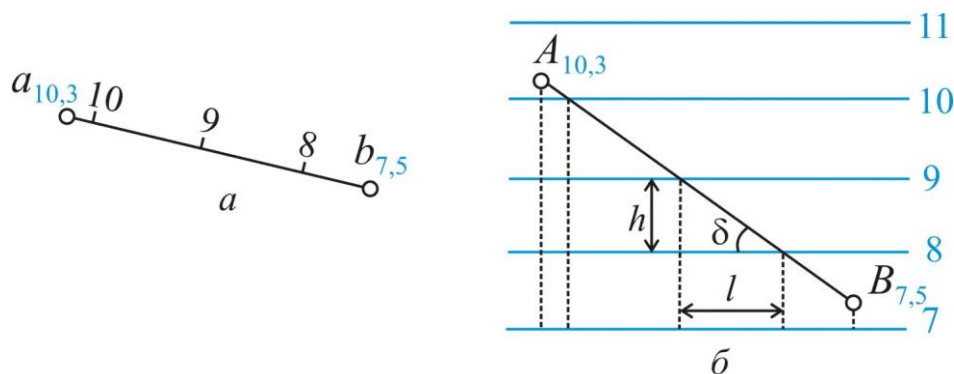


Рис. 2.2. Градуирование прямой AB с помощью профиля:
а – план; б – профиль

Взаимное положение прямой и точки. Точка лежит на прямой, если проекция точки совпадает с проекцией прямой и имеет одну общую с точкой прямой отметку.

Точка не лежит на прямой, если:

- проекция точки не совпадает с проекцией прямой;
- проекция точки совпадает с проекцией прямой, но данная точка и совпадающая с ней точка на прямой имеют разные отметки.

Если проекция точки совпадает с проекцией прямой, то непосредственно по плану можно определить лишь расстояние по вертикали между точкой и прямой, которое равно разности отметок данной точки и соответствующей ей точки на прямой. Другие величины определяют дополнительными построениями.

Взаимное положение прямых. Прямые параллельны между собой, если параллельны их проекции, заложения равны, числовые отметки возрастают в одну сторону (рис. 2.3, а).

Прямые пересекаются, если пересекаются их проекции, а точка пересечения для обеих прямых имеет одну и ту же числовую отметку (рис. 2.3, б).

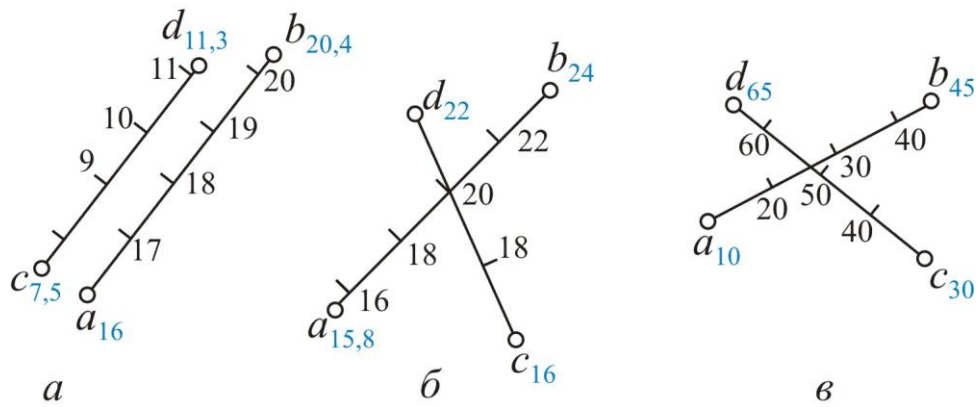


Рис. 2.3. Взаимное положение прямых: *a* – параллельных; *б* – пересекающихся; *в* – скрещивающихся

Прямые скрещиваются, если проекции прямых пересекаются, но в точке пересечения имеют разные отметки (рис. 2.3, *в*).

Плоскость и ее изображение. Положение плоскости в пространстве и ее изображение на плане определяются следующими элементами;

- тремя точками, не лежащими на одной прямой;
- прямой линией и точкой, не лежащей на этой прямой;
- двумя пересекающимися прямыми;
- двумя параллельными прямыми;
- прямой линией, являющейся линией наибольшего ската данной плоскости (линия *MN* на рис. 2.4).

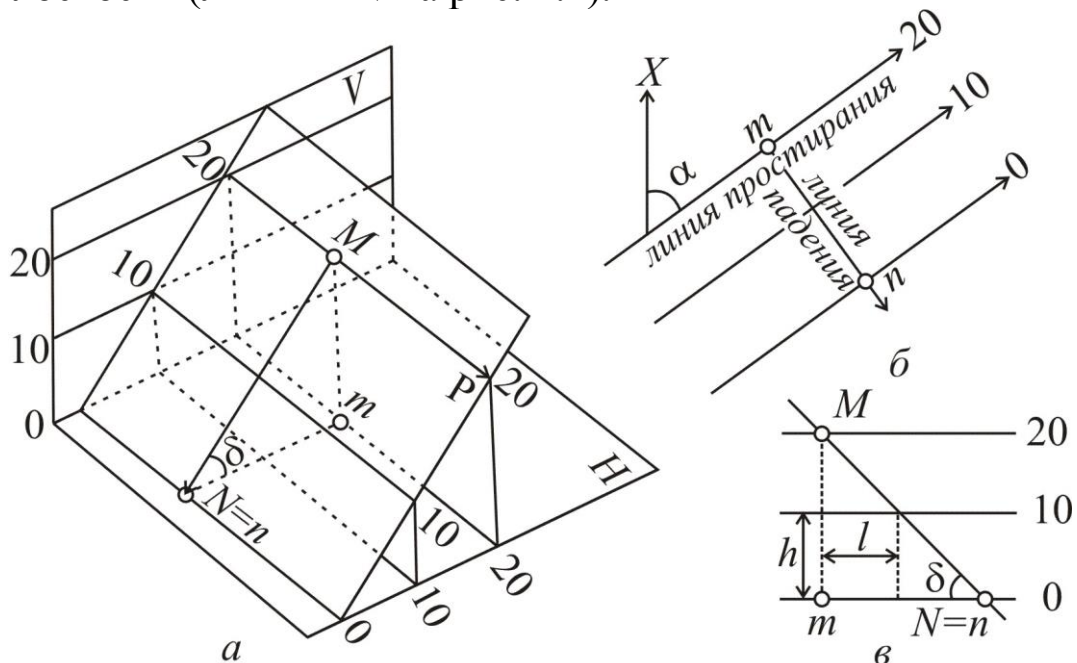


Рис. 2.4. Проекция плоскости: *a* – наглядная проекция; *б* – план; *в* – профиль по линии наибольшего ската

В проекциях с числовыми отметками плоскость изображают *горизонталями* – параллельными и равноотстоящими друг от друга прямыми (см. рис. 2.4). Линия наибольшего ската или линия падения плоскости перпендикулярна горизонталям плоскости как в натуре, так и на плане. За направление горизонтали или направление линии простирания плоскости принимают такое, относительно которого падение плоскости направлено вправо.

Задаваемая плоскость ориентируется относительно стран света или относительно осей координат данного плана азимутом или дирекционным углом α направления линии простирания (горизонтали) плоскости. Дирекционный угол простирания плоскости α – угол, отсчитываемый от положительного направления оси X по ходу часовой стрелки до направления простирания плоскости. Угол падения плоскости δ – угол между линией падения плоскости и ее горизонтальной проекцией. Тангенс угла наклона плоскости называется уклоном i плоскости. Между уклоном i , заложением l и сечением h имеется зависимость, выражаемая формулой (2.1).

Дирекционный угол простирания α и угол падения δ плоскости являются элементами ее залегания. Иногда вместо дирекционного угла простирания плоскости используют дирекционный угол падения $\alpha_{\text{пад}}$:

$$\alpha_{\text{пад}} = \alpha + 90^\circ. \quad (2.2)$$

Взаимное положение точки и плоскости (рис. 2.5). Данная точка лежит на плоскости P , если у проекции этой точки плоскость имеет одинаковую с точкой отметку (точка k_{35}).

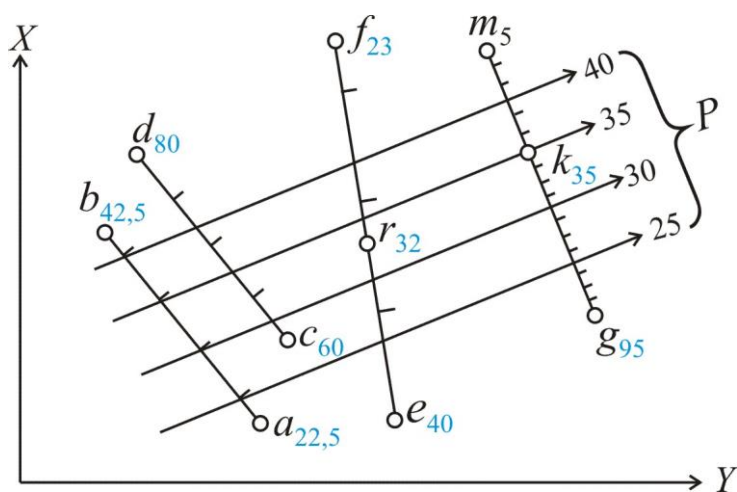


Рис. 2.5. Взаимное положение точек и прямых с плоскостью

Данная точка не лежит на плоскости, если у проекции этой точки плоскость имеет иную отметку, чем отметка данной точки (например, точка c_{60}).

Взаимное положение прямой и плоскости. Прямая лежит в плоскости, если две любые точки прямой лежат в этой плоскости. Прямая $a_{22,5}b_{42,5}$ параллельна плоскости P (см. рис. 2.5).

Прямая $c_{60}d_{80}$ параллельна плоскости P , так как на плоскости имеется прямая $a_{22,5}b_{42,5}$, параллельная данной прямой, т. е. имеет одинаковое с ней заложение и возрастание отметок в одну сторону.

Прямая $e_{40}f_{23}$ пересекает плоскость P , так как она имеет только одну точку r_{32} , лежащую в данной плоскости.

Прямая $g_{95}m_5$ перпендикулярна плоскости P , если ее проекция перпендикулярна горизонталям плоскости, направление ее падения обратно направлению падения плоскости и имеется зависимость $l_1 = h^2 / l_2$, где l_1 и l_2 – заложения прямой и плоскости; h – высота сечения (в примере: $h = 5$; $l_2 = 10$; $l_1 = 2,5$).

Угол между прямой и плоскостью лежит в плоскости, проходящей через эту прямую и перпендикуляр к данной плоскости в точке пересечения прямой с плоскостью.

Взаимное положение плоскостей. Плоскости параллельны, если проекции горизонталей обеих плоскостей параллельны, направления горизонталей одинаковы и заложения равны.

Плоскости пересекаются, если:

– горизонталы плоскостей пересекаются, линия пересечения в этом случае определяется точками пересечения одноименных горизонталей;

– горизонталы плоскостей параллельны, одного направления, но с разными заложениями;

– горизонталы плоскостей параллельны, но с противоположными направлениями.

Проекция линии пересечения плоскостей во втором и третьем случаях определяют при помощи профиля по линии наибольшего ската плоскостей.

Плоскости взаимно перпендикулярны, если двугранный угол между ними равен 90° . Двугранный угол лежит в плоскости, перпендикулярной к линии пересечения данных плоскостей.

Поверхность и ее изображение. На маркшейдерских планах изображают разные по своей физической сущности поверхности: реально существующие (земная поверхность, поверхность кровли и почвы залежи, поверхность разрывного нарушения и т. п.); производные от реальных (изомагнитности залежи, изоглубины залегания); условные (изолинии содержания компонента, изолинии интенсивности трещиноватости и др.). Все эти поверхности, как и земную, на плане изображают в изолиниях (рис. 2.6).

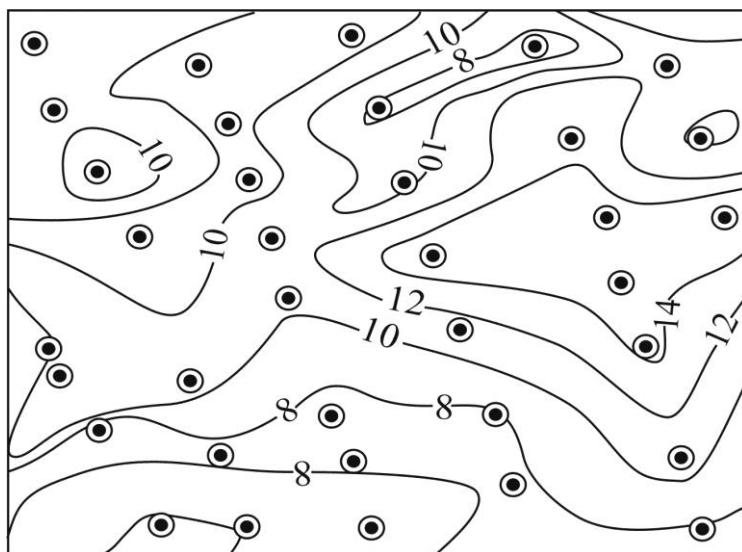


Рис. 2.6. Поверхность топографического порядка в изолиниях

Поверхность, которая не может быть выражена формулой в явном виде, называют поверхностью топографического порядка.

В отличие от земной поверхности, при съемке которой характерные точки для построения горизонталей набирают по принципу «необходимо и достаточно», для скрытых, невидимых или условных поверхностей построение изолиний по точкам, которые случайны и не всегда являются характерными для объекта, является не простой задачей. Чтобы изолинии правильно отражали конкретную поверхность, требуется при их построении учитывать геологические и другие факторы, принимать во внимание соподчиненность в залегании горных пород и пр.

В зависимости от исходных данных, их расположения и характера изучаемой поверхности построение изолиний производят методами профилей (ступенчатых отметок) или многогранника, а также косвенными методами как вручную, так и с помощью компьютерных технологий.

Положение точки, прямой, плоскости и поверхности относительно другой поверхности. Точка лежит на поверхности, если ее отметка совпадает с отметкой поверхности у этой точки. В противном случае точка лежит выше или ниже поверхности на расстоянии по вертикали, равном разности отметок данной точки и поверхности у проекции точки.

Прямая с поверхностью пересекается в точках с отметками, общими для прямой и поверхности. Кривая линия лежит на поверхности, если все точки кривой лежат на поверхности.

Если линия на поверхности проходит по нормали к изолиниям, то она называется линией наибольшего ската.

Линия пересечения горизонтальной плоскости с поверхностью на плане является горизонталью поверхности, имеющей отметку, равную отметке горизонтальной плоскости. Линия пересечения вертикальной (или нормальной к плоскости проекции) плоскости с поверхностью называется профилем. На плане линия профиля и проекция секущей плоскости сливаются в прямую.

Наклонная плоскость пересекается с поверхностью по линии, которая проходит через точки пересечения одноименных изолиний поверхности и плоскости. Две поверхности могут быть параллельными или пересекаться. Линия пересечения двух поверхностей проходит через точки пересечения одноименных изолиний. У параллельных поверхностей изолинии параллельны.

2.5. Решение горно-геометрических задач в проекции с числовыми отметками

Задача 1. Почва пласта P (рис. 2.7) подсечена тремя вертикальными скважинами A (10, 15, 40), B (50, 50, 110), C (10, 70, 70)*. Принимая на данном участке почву пласта за плоскость, необходимо изобразить ее в проекции с числовыми отметками и определить элементы залегания плоскости, т. е. пласта P .

Решение

1. Точки A , B и C по координатам X и Y наносят на план, указывают числовые отметки точек (a_{40} , b_{110} , c_{70}) и соединяют их вспомогательными линиями в виде треугольника (рис. 2.7, a).

* В скобках указываются координаты точек соответственно (X , Y , Z).

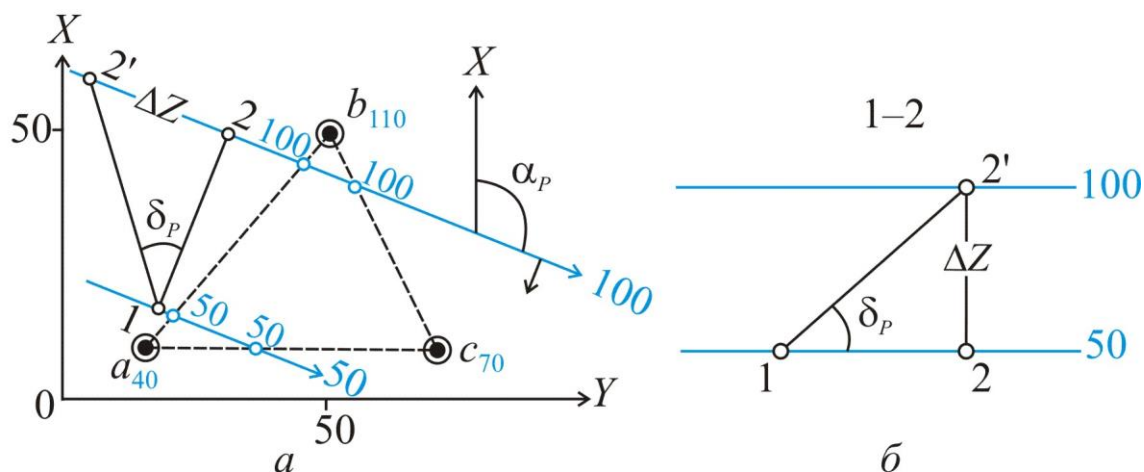


Рис. 2.7. Построение плоскости пласта по трем точкам и определение элементов ее залегания:
a – план; *б* – вертикальный разрез по линии падения пласта (1–2)

2. На сторонах полученного треугольника путем градуирования определяют точки с отметками, кратными принятой высоте сечения горизонталей (например, $h = 50$ м). Точки с одинаковыми отметками соединяют прямыми линиями – это и есть горизонталы (изогипсы) 50 и 100 почвы пласта P .

3. Для определения элементов залегания плоскости устанавливают направление простирания (по отношению к направлению падения – влево) и измеряют дирекционный угол простирания α_P , а угол падения плоскости δ_P определяют на вертикальном разрезе, построенном по линии наибольшего ската 1–2 (рис. 2.7, *б*), или на разрезе, совмещенном с планом (см. рис. 2.7, *а*). $\Delta Z = Z_2 - Z_1$.

Задача 2. В точке A (X_A, Y_A, Z_{100}) определены элементы залегания выхода на поверхность почвы угольного пласта: $\alpha_P = 80^\circ$, $\delta_P = 42^\circ$ (рис. 2.8). Изобразить почву пласта в горизонталях.

Решение

1. По координатам точку A наносят на план – точка a_{100} (рис. 2.8, *а*).

2. Через точку a_{100} проводят линию по дирекционному углу $\alpha_P = 80^\circ$. Это и будет горизонталь пласта P с отметкой 100 м.

3. Определяют на плане направление падения пласта – вправо относительно направления простирания (указано стрелкой).

4. Определяют величину заложения по формуле $S_P = \Delta Z \operatorname{ctg} \delta_P$ или графически на разрезе по линии падения пласта (см. рис. 2.7, *б*).

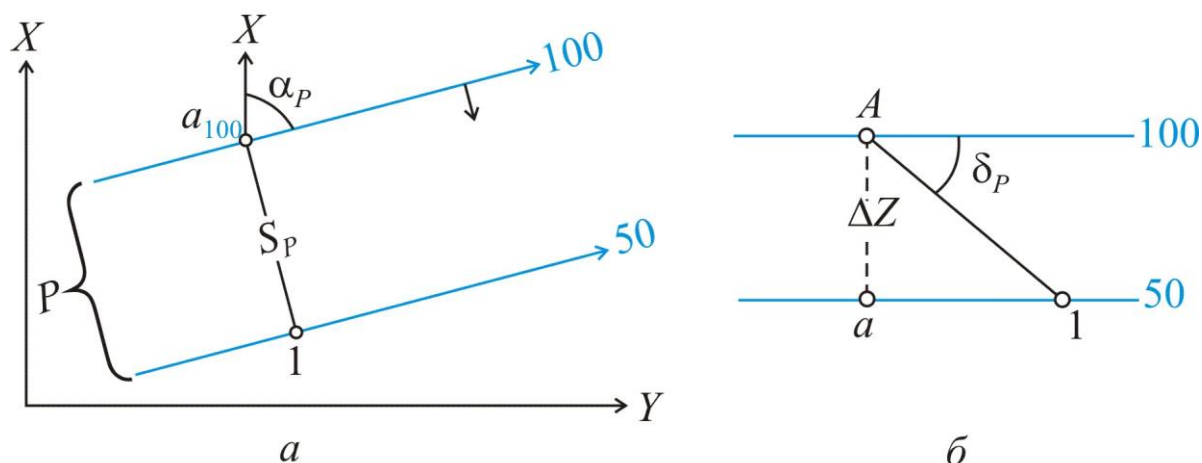


Рис. 2.8. Построение горизонталей плоскости по известным ее элементам залегания:
 a – план; $б$ – разрез по линии падения пласта

5. Заложение S_P откладывают на плане от точки a_{100} перпендикулярно проведенной горизонтали 100 – точка 1. Через точку 1 проводят горизонталь с отметкой 50 м параллельно ранее проведенной горизонтали 100.

Задача 3. В точке $A (X_A, Y_A, Z_{100})$ на смежных стенках разведочного шурфа (рис. 2.9, a) определены элементы залегания обнажений почвы пласта P : $\alpha_1 = 110^\circ$, $\delta_1 = 35^\circ$ и $\alpha_2 = 200^\circ$, $\delta_2 = 20^\circ$. Изобразить в проекции с числовыми отметками почву пласта и определить элементы его залегания.

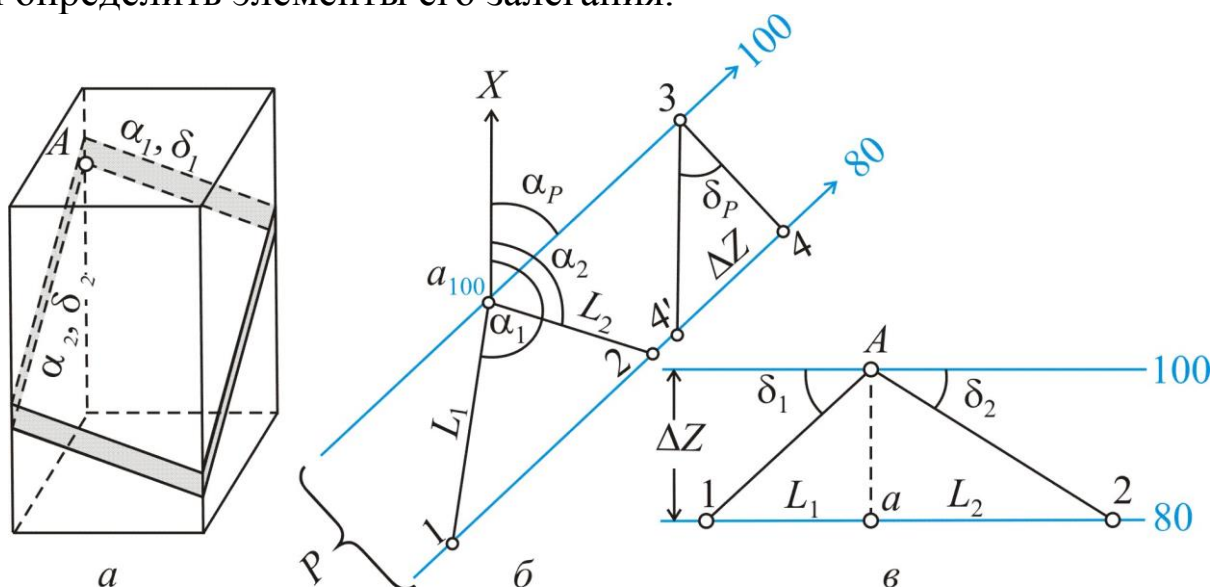


Рис. 2.9. Построение проекции плоскости:
 a – наглядный чертеж; $б$ – план; $в$ – разрез по линиям обнажения

Решение

1. Точку A по координатам наносят на план – точка a_{100} , по углам α_1 и α_2 наносят на план линии обнажений так, чтобы они проходили через точку a_{100} .

2. Пользуясь углами наклона обнажений почвы пласта δ_1 и δ_2 , находят на них точки с одинаковыми отметками. Это может быть сделано с помощью горизонтальных заложений:

$$L_1 = \Delta Z \operatorname{tg} \delta_1; \quad L_2 = \Delta Z \operatorname{tg} \delta_2, \quad (2.3)$$

где ΔZ – высота сечения горизонталей, может быть взята произвольно, в данной задаче принята равной 20 м (рис. 2.9, б).

3. Значения L_1 и L_2 могут быть определены и графически на вертикальном разрезе по линиям обнажений (рис. 2.9, в). Отложив на плане от точки a по линиям обнажений значения L_1 и L_2 , получают точки 1, 2 с отметкой 80 м: $Z_1 = Z_2 = Z_a - \Delta Z = 100 - 80 = 20$ м.

4. Через точки 1 и 2 проводят линию, которая будет горизонталью 80 м почвы пласта, и параллельно ей через точку a_{100} проводят линию, которая является горизонталью 100 м. Элементы залегания пласта α_P и δ_P определяют так же как в задаче 1.

Задача 4. По почве пласта P , изображенного на плане горизонталями 100 и 50 м, из точки A , расположенной на горизонте 100 м, запроектировать наклонную выработку под углом наклона $\delta = 30^\circ$ до горизонта 50 м. Определить наклонную длину и дирекционный угол оси выработки (рис. 2.10).

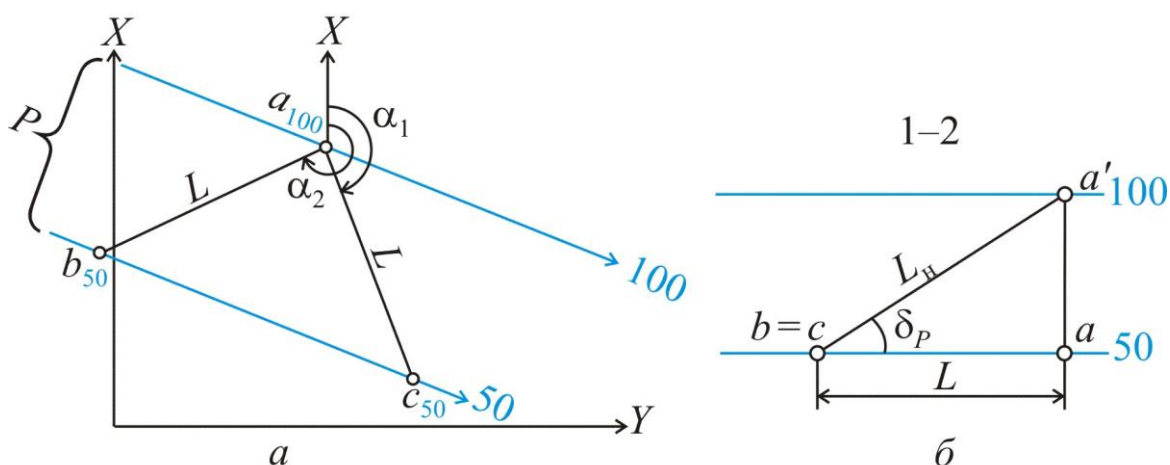


Рис. 2.10. Определение длины и дирекционного угла наклонной выработки: a – план; $б$ – разрез по оси выработки

Решение

1. Строят вертикальный разрез по оси выработки (рис. 2.10, б) и определяют величину заложения выработки L и ее наклонную длину L_H .

2. На плане (рис. 2.10, а) из точки a радиусом L делают засечки на горизонтали плоскости 50. Соединяют точку a и полученные засечки – точки b и c . Задача имеет два решения. Выбирается технологически более выгодное.

3. На плане определяют дирекционный угол α_1 (α_2) выработки.

Задача 5. Определить дирекционный угол скважины заданной из забоя выработки (точка A) под углом наклона δ так, чтобы скважина пересекала выработку BC или ее продолжение (рис. 2.11).

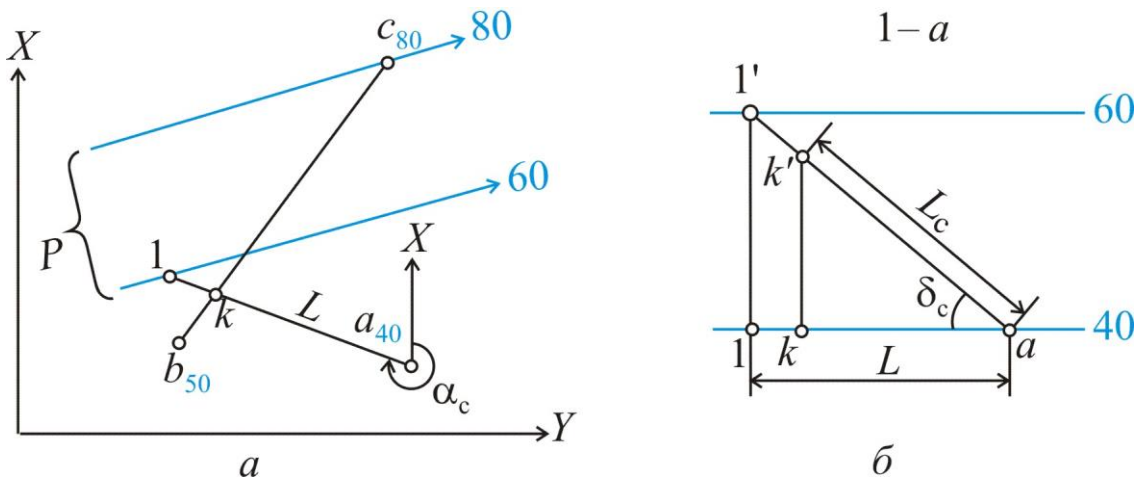


Рис. 2.11. Определение точки встречи скважины с выработкой BC :
а – план; б – разрез по оси скважины

Решение

1. Через прямую $b_{50}c_{80}$ и точку a_{40} на плане проводят горизонтали плоскости P . Так как забой выработки A (точка a) и выработка BC (прямая bc) лежат в плоскости P , то и скважина, их соединяющая, должна находиться в этой плоскости. Следовательно, задача заключается в определении такого направления из точки a , в разрезе по которому угол наклона плоскости был бы равен заданному углу наклона скважины δ .

2. Для этого на отдельном разрезе между горизонтами, соответствующими отметке точки a (40) и ближайшей к ней горизонтали пласта (60 м), необходимо провести прямую под углом δ к горизонту и определить длину ее проекции L – заложение плоскости пласта для угла наклона δ .

3. Радиусом заложения L из точки a на плане сделать засечку на горизонтали 60 м (точка 1). Прямая, проведенная через точку a и точку засечки 1, и есть проекция трассы скважины, дирекционный угол которой α_c и точку встречи ее с выработкой BC – точку k определяют на плане (рис. 2.11, a). На разрезе определяют наклонную длину скважины L_c .

Задача 6. Построить горизонтали пласта P_2 , параллельного пласту P_1 и залегающего выше него на 50 м по нормали. Почва пласта P_1 задана горизонталями 200 и 150 м (рис. 2.12).

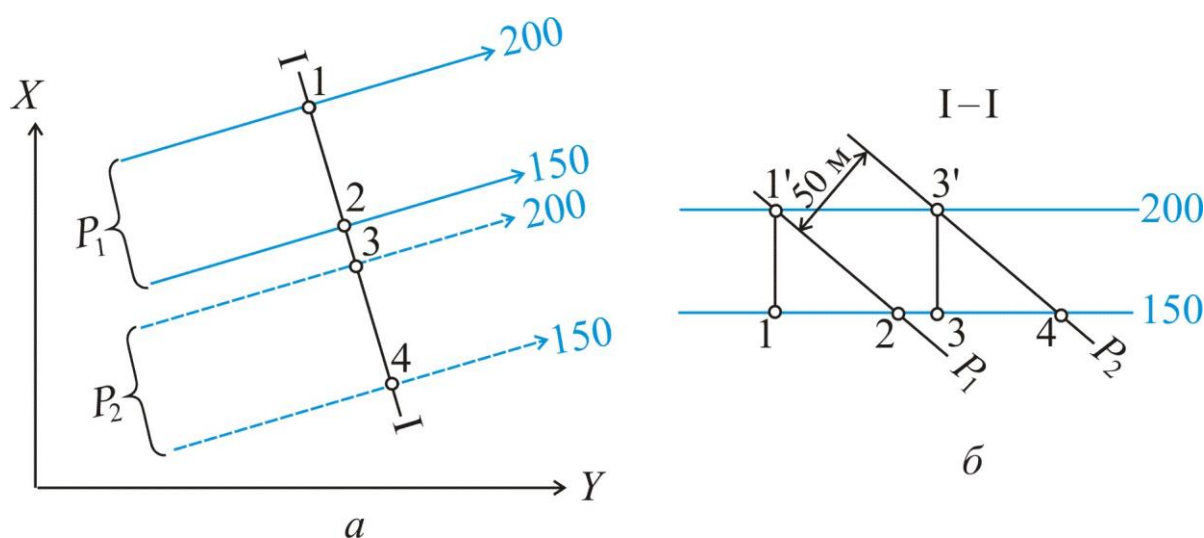


Рис. 2.12. Построение параллельной плоскости:
 a – план; b – разрез по линии падения свиты пластов

Решение

1. На плане (рис. 2.12, a) проводят линию разреза I–I, перпендикулярную горизонталям пласта P_1 .

2. На вертикальном разрезе по точкам 1 и 2 строят профиль пласта P_1 .

3. По нормали к построенному профилю откладывают расстояние 50 м и параллельно профилю P_1 проводят профиль пласта P_2 .

4. Точки пересечения профиля пласта P_2 с линиями высот 200 и 150 переносят на линию разреза на плане (точки 3 и 4).

5. Через точки 3 и 4 на плане проводят линии, параллельные горизонталям плоскости P_1 , которые и являются горизонталями почвы пласта P_2 .

Задача 7. Найти точку встречи пласта P с наклонной скважиной, если элементы залегания пласта в точке A (200, 150, 100) равны $\alpha_P = 70^\circ$ и $\delta_P = 35^\circ$. Скважина пробурена из точки B (160, 180, 250) под углом наклона $\delta_c = 40^\circ$ и дирекционным углом $\alpha_c = 330^\circ$.

Решение

1. По координатам точки A и B наносят на план – точки a_{100} , b_{250} (рис. 2.13, а).

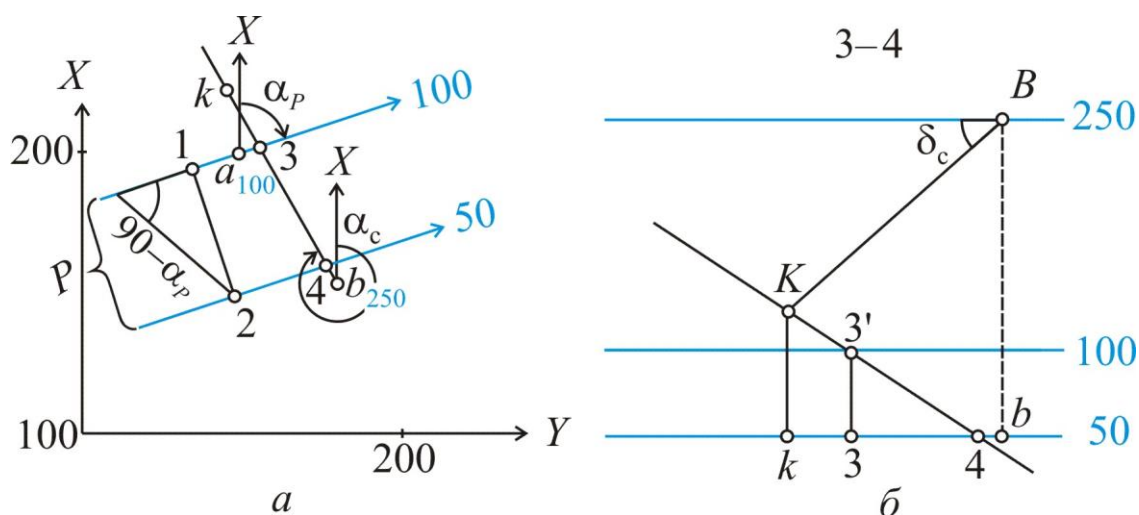


Рис. 2.13. Определение точки пересечения скважины с пластом:
а – план; б – вертикальный разрез по оси скважины

2. Через точку a_{100} под углом α_P проводят горизонталь 100 пласта P . По углу падения δ_P определяют заложение плоскости пласта (расстояние между точками 1 и 2 на плане) и проводят горизонталь с отметкой 50 ($Z_2 = Z_1 - \Delta Z = 100 - 50 = 50$ м).

3. Через точку b_{250} на плане под углом α_c проводят направление оси скважины и определяют точки 3 и 4 пересечения ее с горизонталями пласта.

4. Строят вертикальный разрез по оси скважины (b_{250} , 4_{50} , 3_{100}). По точкам 3' и 4 строят профиль пласта P . Из точки B под углом δ_c проводят трассу скважины до встречи ее с профилем пласта в точке K . Точку K переносят на план на ось скважины (точка k).

Задача 8. Определить нормальную мощность пласта, если угол его падения $\delta_P = 35^\circ$; мощность пласта, определенная по керну наклонной скважины, $m_K = 20$ м; зенитный угол скважины $\theta = 50^\circ$; угол между осью скважины и линией падения пласта $\varphi = 40^\circ$. Скважина забурена в сторону восстания пласта.

Решение

1. По заданному углу падения пласта δ_P изображают кровлю пласта на плане в горизонталях произвольного простирания (рис. 2.14, а). От линии падения (прямая 1–2) откладывают угол φ и строят проекцию трассы скважины 1–3.

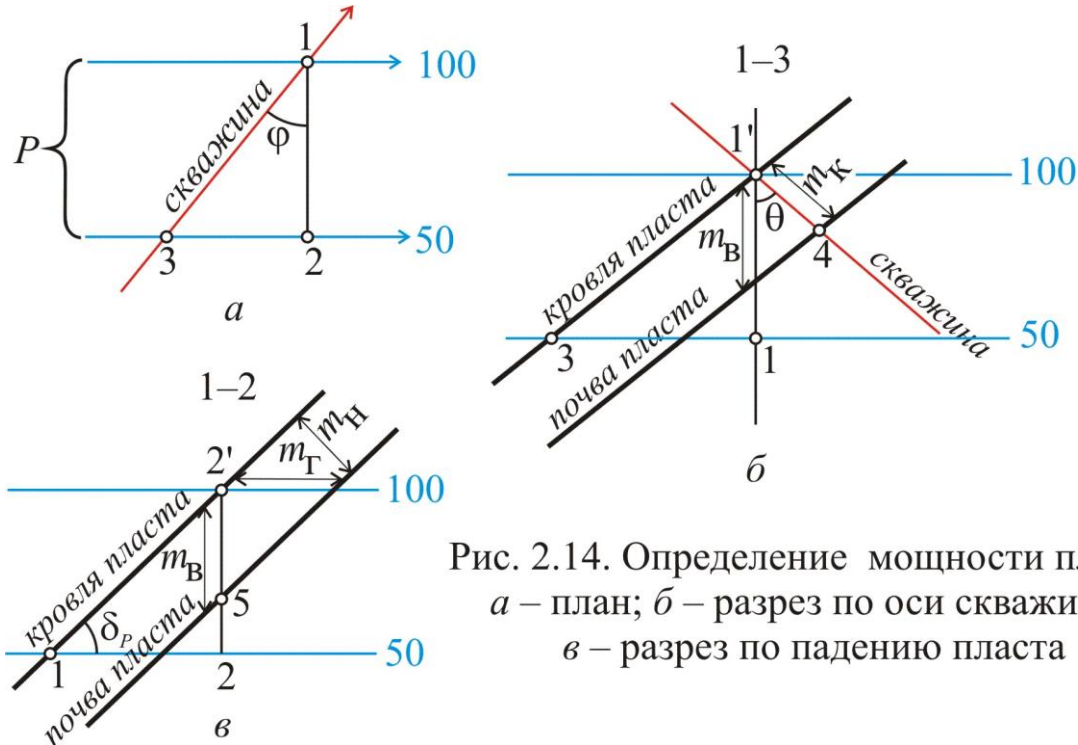


Рис. 2.14. Определение мощности пласта:
а – план; б – разрез по оси скважины;
в – разрез по падению пласта

2. Так как видимая мощность пласта m_K определена по керну, т. е. по оси скважины, то необходимо построить профиль пласта P в разрезе по направлению трассы скважины, т. е. по линии 1–3, изобразив на нем кровлю пласта 1'–3 и под углом θ к вертикали – скважину (рис. 2.14, б).

Точка 1' на разрезе есть точка встречи скважины с кровлей пласта P , т. е. точка входа скважины в пласт. Точка выхода, т. е. точка встречи скважины с почвой пласта, удалена от точки 1' на расстояние мощности по направлению скважины m_K – точка 4. Через точку 4 проводят прямую, параллельную кровли пласта, – его почву.

3. На разрезе определяют мощность пласта m_B , которая, как известно, может быть определена на любом вертикальном разрезе.

4. Нормальная мощность пласта m_H может быть определена только на разрезе по падению пласта. Для этого на разрезе (рис. 2.14, в) от линии горизонта 50 м проводят прямую под углом δ_P – это есть кровля пласта в разрезе.

От произвольной точки кровли пласта (например, 2') откладывают в масштабе значение вертикальной мощности m_B – точка 5 и через нее проводят прямую, параллельную кровле пласта, – почву пласта. Графически с разреза определяют нормальную, а также горизонтальную мощность пласта.

Нормальную и горизонтальную мощности, исходя из вертикальной, можно определить аналитически:

$$m_H = m_B \cos \delta_P; m_T = m_B \operatorname{ctg} \delta_P. \quad (2.4)$$

Задача 9. Запроектировать кратчайшую вентиляционную выработку между двумя наклонными выработками AB и CD , пройденными по параллельным пластам (рис. 2.15).

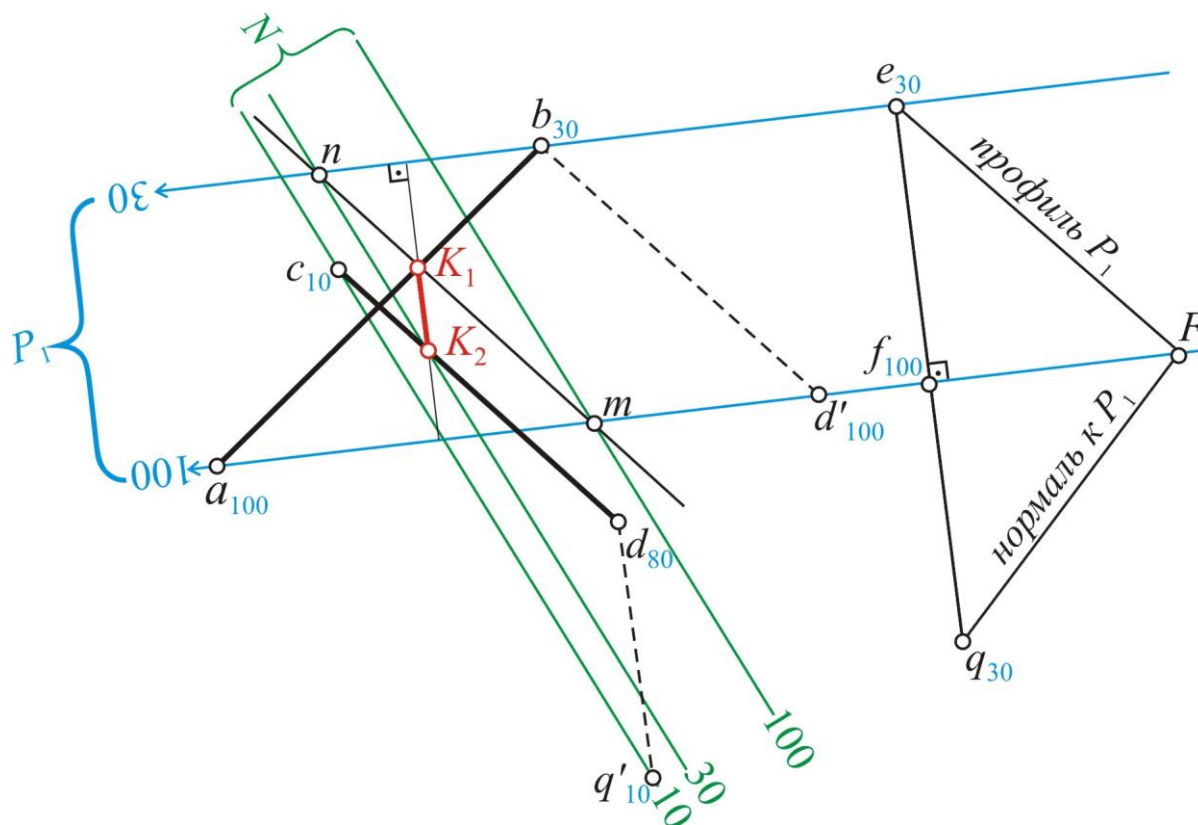


Рис. 2.15. Определение наикратчайшего расстояния между выработками AB и CD

Решение

Запроектировать кратчайшую выработку – это значит, указать на плане на прямых AB и CD точки соответственно k_1 и k_2 , между которыми пройдет эта выработка. Определить дирекционный угол ее наклона, истинную длину и угол наклона.

Через две произвольные прямые в пространстве можно провести две параллельные друг другу плоскости. Кратчайшее расстояние между двумя прямыми (выработки AB и CD) – это расстояние по нормали между двумя параллельными плоскостями, в которых лежат эти прямые.

Таким образом, для решения задачи необходимо через прямые AB и CD провести параллельные плоскости P_1 и P_2 . Решение можно упростить, ограничившись одной плоскостью, при этом ход решения будет следующий.

1. Через прямую $A_{100}B_{30}$ строят плоскость P_1 , параллельную прямой $C_{10}D_{80}$. Для этого проекцию прямой cd переносят параллельно самой себе до совмещения точки c_{10} с точкой b_{30} (прямая $b_{30}d'_{100}$) и по трем точкам a_{100} , b_{30} , d'_{100} строят плоскость P_1 .

2. Через прямую $C_{10}D_{80}$ строят плоскость N , нормальную к плоскости P_1 , т. е. такую плоскость, в которой лежала бы CD и нормаль к плоскости P_1 , для этого:

– строят совмещенный с планом разрез плоскости P_1 по линии наибольшего ската (по линии ef) и определяют нормаль к плоскости P_1 (Fq_{30}) и ее проекцию ($f_{100}q_{30}$);

– проекцию нормали к плоскости $f_{100}q_{30}$ переносят параллельно самой себе до совмещения точки f с точкой d_{80} – прямая $d_{80}q'_{10}$;

– по трем точкам c_{10} , d_{80} , q'_{10} строят горизонталь плоскости N – 30 и 100 (см. рис. 2.15).

3. Определяют линию пересечения плоскостей P_1 и N (прямая mn) и точку пересечения этой линии с прямой (выработка) ab – точку k_1 , которая и является одной из искомых точек.

Так как наикратчайшее расстояние между прямыми есть расстояние по нормали между параллельными плоскостями, в которых лежат эти прямые, то через точку k_1 , которая одновременно принадлежит плоскости P_1 и плоскости N , следует провести прямую, перпендикулярную к плоскости P_1 до пересечения ее с прямой cd .

Для этого через точку k_1 проводят прямую, перпендикулярную горизонталям плоскости P_1 (одно из условий перпендикулярности прямой и плоскости), и определяют точку пересечения k_2 этой прямой с прямой cd . Прямая k_1k_2 и есть проекция искомой наикратчайшей проектной выработки между выработками AB и CD .

Дирекционный угол выработки K_1K_2 определяют на плане. Для определения истинной длины выработки и ее угла наклона путем градуирования прямых ab и cd определяют отметки точек k_1 и k_2 и строят вертикальный разрез по линии k_1k_2 .

Вопросы для самопроверки

1. Каким требованиям должна отвечать маркшейдерская графическая документация?
2. Прокомментируйте условный знак «горная выработка».
3. Какие условные знаки на планах изображают красным цветом?
4. Что такое профиль? Особенности его построения.
5. Порядок построения вертикального разреза.
6. Как в проекциях с числовыми отметками изображается плоскость на плане?
7. Какие исходные данные необходимы для построения плоскости на плане?
8. Какую поверхность называют «поверхность топографического порядка»?
9. Какие масштабы применяют при построении горной графической документации?
10. Решите задачи.
 - 10.1. Из точки $A (0, 0, 250)$, находящейся на земной поверхности, задать направление скважины так, чтобы она подсекла центр пожара, находящийся в точке $B (50, 50, 150)$. Определить дирекционный угол направления и угол наклона скважины, а также ее осевую глубину.
 - 10.2. Пласт подсечен тремя вертикальными скважинами в точках $A (10, 10, 80)$, $B (120, 15, 65)$ и $C (100, 110, 45)$. Построить плоскость пласта, найти элементы его залегания.
 - 10.3. Из точки $D (70, 20, 200)$ пройдена вертикальная скважина. Найти координаты X, Y, Z точки встречи скважины с пластом, элементы залегания которого равны $\alpha = 180^\circ$ и $\delta = 30^\circ$.
 - 10.4. По почве пласта пройден уклон с элементами залегания $\alpha = 150^\circ$ и $\delta = 20^\circ$ и штрек, имеющий азимут простирания $\alpha = 220^\circ$. Определить элементы залегания пласта, считая штрек горизонтальным.
 - 10.5. Можно ли в плоскости пласта, имеющего элементы залегания $\alpha = 150^\circ$, $\delta = 15^\circ$, провести выработку с углом наклона 18° ? Ответ аргументируйте.

ГЛАВА 3. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

3.1. Сущность геометризации и ее значение

Залежь полезного ископаемого обладает рядом физических, химических, горно-геологических, геомеханических и прочих свойств, каждое из которых непосредственно или косвенно может быть определено в той или иной фиксированной точке или объеме. Число, описывающее свойство залежи в данной координированной точке, называется показателем месторождения.

Если выразить числом P любое свойство недр для любого его элементарного объема, то это свойство можно рассматривать как функцию координат точки и времени

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

Если из уравнения (3.1) исключить время, считая, что за период изучения свойство объекта не изменится, то для некоторого плоского сечения, имеющего постоянную отметку z , численные значения функции будут зависеть от изменения аргументов x и y и представлять собой поверхность топографического порядка (геометрически неправильную поверхность, не связанную с геометрическими законами):

$$P_z = F(x, y). \quad (3.2)$$

Применительно к месторождениям полезных ископаемых различают три рода функций размещения показателей:

- топофункции реально существующих поверхностей (например, поверхности кровли и почвы залежи, литологических разностей, земная поверхность);

- топофункции, являющиеся производными от реальных (поверхности мощности залежи, глубины залегания залежи);

- условные топофункции, не связанные с реальными (поверхности, отражающие размещение различных компонентов залежи, изменения физико-механических, горно-геологических и других свойств горных пород).

Процесс восстановления вида топофункции по сети наблюдений называется геометризацией или горно-геометрическим моделированием.

По мнению профессора И. Н. Ушакова, геометризацией месторождения можно называть процесс получения геометрической и эксплуатационной характеристики месторождения путем составления структурных и качественных планов (графиков) и связанных с ними документов.

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

Качественными называются графики, дающие наглядное пространственное представление о характере изменения качественных свойств полезного ископаемого, свойствах и особенностях вмещающих пород.

Последовательность работ при составлении структурных и качественных графиков включает следующие этапы:

– геологические и маркшейдерские съемки и вычисления для определения плановых координат точек x и y измерения изучаемого показателя P ;

– измерение или косвенное определение числовых значений изучаемого показателя для всех точек наблюдений;

– предварительная обработка исходных данных, выбор плоскости проекции и определение высоты сечения изолиний;

– нанесение на план по координатам x и y точек наблюдения с указанием около них числовых значений показателя P ;

– выбор способа и производство интерполирования между соседними точками, построение изолиний.

В зависимости от характера месторождения (залежи) устанавливается соответствующий комплект структурных и качественных графиков. Характерная особенность этих графиков заключается в том, что они по мере накопления геолого-маркшейдерской информации систематически пополняются 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.

3.2. Исходные данные для геометризации недр

Геологическое изучение месторождения сопровождается геометрическими измерениями величин, по которым можно представить и геометрически выразить пространственное положение и форму залежи. К ним относят:

- азимут (дирекционный угол) α направления простирания (или падения) боковой поверхности залежи;
- угол падения залежи δ ;
- мощность залежи;
- глубину залегания залежи.

Углы α и δ называют элементами залегания залежи.

Элементы залегания, мощность залежи и глубину ее залегания, а также качественные характеристики определяют по данным бурения скважин, на обнажениях поверхности почвы и кровли пласта на земной поверхности и в горных выработках. Все указанные данные должны иметь пространственную привязку, т. е. координаты точек, к которым эти данные относятся.

Определение координат точек оси скважины. Проектом задают скважины вертикальные, горизонтальные или наклонные. Практически все скважины искривляются (рис. 3.1).

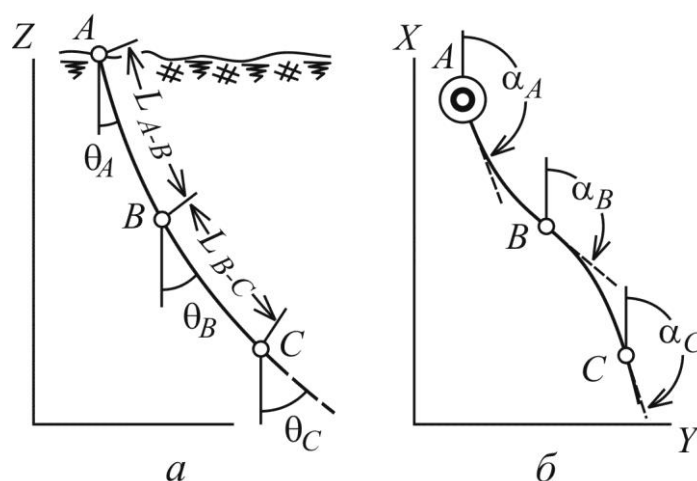


Рис. 3.1. Инклинометрические измерения в скважинах:
a – на вертикальной проекции; *б* – на плане

Для пространственной привязки керна определяют координаты точек оси скважины. Для этого производится инклинометрическая съемка скважин специальными приборами – инклинометрами.

С их помощью в нескольких точках, удаленных друг от друга на расстояние H (измеряемое вдоль оси скважины и называемое осевой глубиной), определяются элементы залегания: зенитный угол θ (угол между вертикалью и осью скважины) и дирекционный угол (или магнитный азимут) направления погружения оси ствола скважины α (см. рис. 3.1).

Обработка результатов съемки может производиться несколькими способами. Для обработки результатов съемки угольных разведочных скважин в качестве метода обработки инклинометрии преимущественно используется метод «средних углов».

Координаты каждой последующей $i + 1$ точки съемки определяются по формулам

$$Z_{i+1} = Z_i - L_{i+1} \cos \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}; \quad (3.3)$$

$$X_{i+1} = X_i + L_{i+1} \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \cos \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}; \quad (3.4)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + L_{i+1} \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}, \quad (3.5)$$

где L_{i+1} – расстояние между замерами i и $i + 1$.

Угол падения и азимут простирания пласта. Угол падения и азимут падения (простирания) пласта измеряют горным компасом на естественных обнажениях поверхностей залежи полезного ископаемого (склонах гор, берегах рек) или в искусственных обнажениях (в разведочных канавах, шурфах, скважинах, откосах уступов на карьерах и в подземных горных выработках).

Определение элементов залегания в скважинах может выполняться методом ориентированного керна (кернометрия) и геофизическими методами (наклонометрия). В условиях угольных месторождений эти методы широкого распространения не имеют.

Определение мощности пласта. В зависимости от направления, по которому измеряется или определяется мощность залежи, различают: истинную или нормальную мощность – m_n , вертикальную – m_v , горизонтальную – m_r и видимую мощность – m_k (рис. 3.2).

Нормальная мощность – кратчайшее расстояние между висющим и лежащим боками залежи. Графически определяется только на вертикальном разрезе вкост простирания залежи.

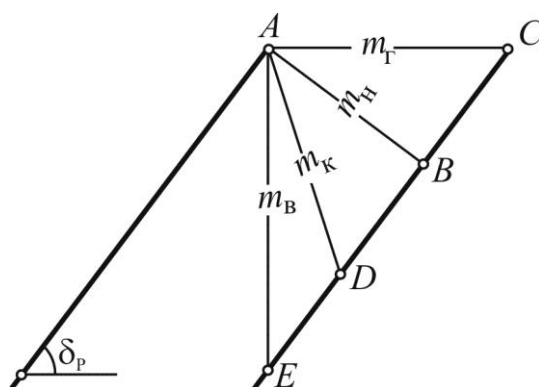


Рис. 3.2. Виды мощностей залежи:

m_n – нормальная (AB); m_b – вертикальная (AE);
 m_g – горизонтальная (AC); m_k – кажущаяся (AD)

Вертикальная мощность – расстояние по вертикали между висячим и лежачим боками залежи. Графически определяется на вертикальном разрезе по любому направлению.

Горизонтальная мощность – кратчайшее расстояние по горизонтали между висячим и лежачим боками залежи. Графически определяется только на вертикальном разрезе вкрест простирания залежи.

Видимая мощность – расстояние между висячим и лежачим боками залежи по какому-то косому направлению, например по направлению ствола разведочной скважины, пересекающей залежь.

Для пластовых месторождений с почти правильными параллельными поверхностями почвы и кровли (см. рис. 3.2) существует определенная связь между различными видами мощностей:

$$\begin{aligned} m_n &= m_b \cos \delta; \quad m_n = m_g \sin \delta; \\ m_b &= m_n \sec \delta; \quad m_g = m_n \operatorname{cosec} \delta, \end{aligned} \quad (3.6)$$

где δ – угол падения залежи.

При разведке месторождений скважинами они могут пересечь залежь в любом направлении, и поэтому видимая мощность m_k по керну скважины является исходной для определения нормальной и вертикальной мощностей. Если наклонная скважина пробурена под зенитным углом θ и ее дирекционный угол равен дирекционному углу линии падения залежи, то, измерив мощность по скважине m_k , можно вычислить нормальную мощность по формуле

$$m_n = m_k \cos(\delta - \theta). \quad (3.7)$$

Глубину залегания измеряют непосредственно от земной поверхности до кровли залежи в вертикальных горных выработках. В остальных случаях ее определяют по разности высот земной поверхности и кровли залежи в точках с одинаковыми плановыми координатами.

3.3. Виды и методы построения горно-геометрических моделей

Существуют три основных вида горно-геометрических моделей: графическая (изменение показателя описывается системой изолиний), цифровая (указываются значения показателя в узлах наброшенной на участок сетки, как правило, правильной прямоугольной формы) и аналитическая (значение признака описывается аналитической функцией).

Каждая из моделей может быть преобразована в другой вид. При использовании компьютерных технологий основное значение имеют цифровые модели, создаваемые путем применения различных технологий интерполяции значений показателя на ее узел.

Наиболее часто, исходя из реальных возможностей маркшейдерских служб горных предприятий, строится (вручную или с использованием программных продуктов) и используется графическая модель

Из аналитических моделей с успехом применяется на практике модель вида

$$P = b = \text{const}, \quad (3.8)$$

где P – значение признака в любой точке пласта; b – среднее значение признака, полученное как среднеарифметическое из представительных и достоверных его определений.

Такие аналитические модели строят как для всего шахтного поля, так и для его частей и в этом случае говорят о блочной аналитической модели.

Существует два метода построения изолиний: метод многогранников и метод ступенчатых отметок (профилей).

Построение модели методом многогранника. В первую очередь перед построением модели должны быть выявлены и оконтурены участки неопределенности в положении изолиний, пример которых представлен на рис. 3.3.

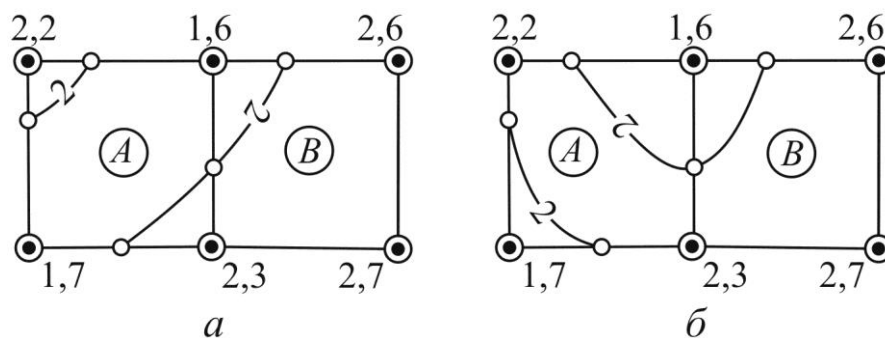


Рис. 3.3. Участок неопределенности в положении изолиний

В контуре скважин, имеющих мощности 2,2; 1,6; 2,3 и 1,7 м (ячейка *A*) изолиния мощности 2 м может быть построена двумя различными способами, в то время как в контуре скважин с мощностями 1,6; 2,6; 2,7 и 2,3 м (ячейка *B*) ее положение однозначно.

Построение изолиний вне участков неопределенности разберем на примере построения изолинии 1,3 м (рис. 3.4).

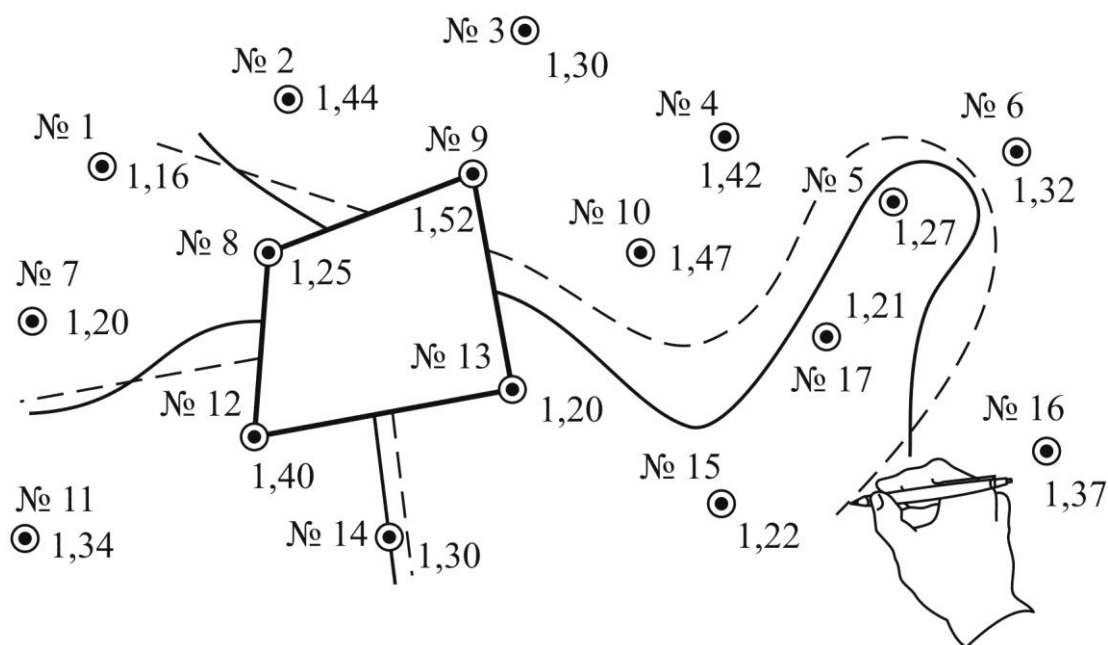


Рис. 3.4. Построение изолиний вне участков неопределенности

Выделяют участок неопределенности (скважины 8, 9, 13 и 12). Схематически намечают положение изолиний (пунктирная линия на участке).

Находят произвольную пару скважин (15 и 16 на рис. 3.4), между которыми проходит отстраиваемая изолиния. Между ними устанавливают карандаш и определяют, с какой стороны от него находятся значения признака, меньшие имени изолинии (слева на рис. 3.4).

Далее движение карандаша продолжают таким образом, чтобы меньшие значения признака всегда находились от него по одну сторону (для примера на рис. 3.4 – слева).

Движение карандаша завершают при подходе к участку неопределенности или границе участка. Отыскивают другую пару замеров, между которыми должна проходить изолиния (например, скважины 7 и 11), и действия повторяют. Положение отстраиваемой изолинии между замерами уточняют с помощью линейной интерполяции, после чего проводят соединяющую полученные точки плавную кривую – собственно изолинию (сплошная линия на рис. 3.4).

В результате выполнения описанных выше операций на графической основе появились изолинии, разорванные на участках неопределенности, для которых принимается один из вариантов, который можно выбрать:

- с помощью проведения дополнительных измерений;
- используя принцип ожидания неприятностей;
- исходя из поведения соседних изолиний.

Построение модели методом ступенчатых отметок. Метод ступенчатых отметок предполагает наличие геологических разрезов или отстроенных специальных сечений показателя. Сущность метода состоит в следующем:

- на разрезах проводят линии горизонтов, соответствующие отстраиваемым изолиниям;
- находят точки пересечения горизонтов с линией, описывающей положение показателя;
- полученные точки переносят на план;
- на плане одноименные точки соединяют, получая положение изолинии.

Например, пусть имеется два разреза I и II (рис. 3.5) с положением почвы пласта, требуется построить на плане изогипсу 100 м.

В этом случае необходимо осуществить построение линии горизонта 100 м на каждом из разрезов и найти точки, соответственно a, b и a', b' , пересечения этого горизонта с почвой пласта.

Точки a, b и a', b' переносят на план. Для этого на разрезе находят горизонтальное расстояние от рассматриваемой точки (a на рис. 3.5, a и a' на рис. 3.5, б) до вертикальной линии, опущенной из устья ближайшей к ней скважины (l_a и $l_{a'}$).

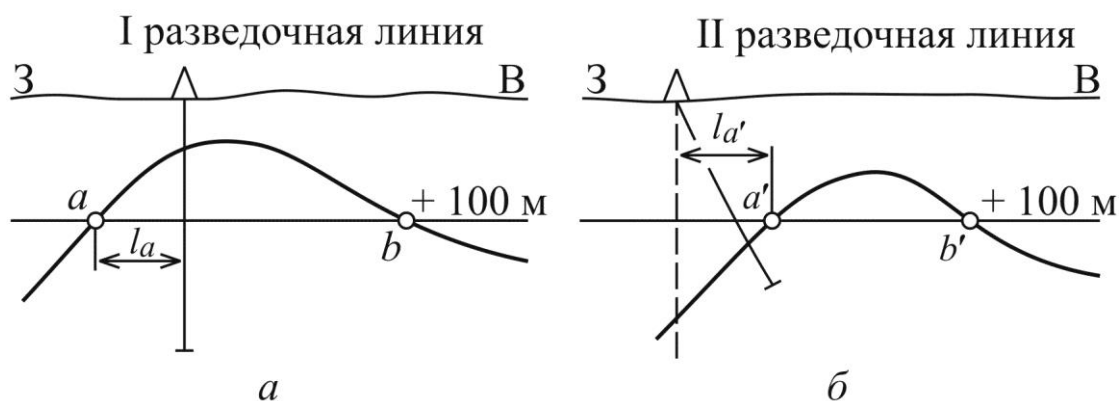


Рис. 3.5. Фрагменты разрезов по разведочным линиям

Это расстояние откладывают уже на плане (рис. 3.6) вдоль направления разведочной линии от устья той же скважины.

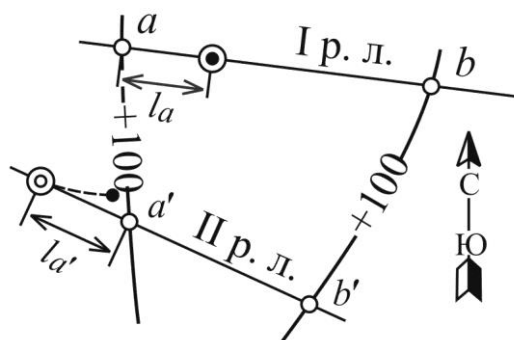


Рис. 3.6. Построение изогипсы между разведочными линиями

Делается это с учетом ориентировки разреза (например, на I разведочной линии оно откладывается на запад от устья скважины, а на II – на восток). В результате на плане возникнут точки a , b и a' , b' , имеющие равные значения высотных отметок, т. е. принадлежащие одноименным изогипсам. Соединив одноименные точки a , b и a' , b' главной кривой, получают положение изогипсы.

В случае моноклинального участка определение одноименных точек не вызывает затруднений, так как каждая разведочная линия обладает только одной точкой с рассматриваемой отметкой. При геометризации пластов, имеющих складчатую структуру, установление одноименных точек более сложная задача. На разрезе может находиться любое как четное, так и нечетное число точек с равными отметками. Поэтому в данном случае на основу гипсометрического плана с разрезов переносят положение всех инвариантных линий – осей складок.

3.4. Геометризация формы и условий залегания залежи

Строение, размеры, форму, взаимное расположение полезного ископаемого и вмещающих пород определяют структурные графики:

- геологические разрезы;
- погоризонтные планы;
- планы выходов пород, залежи под наносы или на поверхность;
- планы изогипс кровли и/или почвы залежи и слоев пород (гипсометрические графики);
- графики изоглубин;
- графики изомощностей и др.

Наличие структурных графиков зависит от конкретных горно-геологических условий и технологии выемки полезного ископаемого. Например, графики изоглубин необходимы только при разработке месторождения открытым способом для определения объемов вскрышных пород и расчета коэффициента вскрыши.

Гипсометрические планы. Поверхность залежи, как и всякую другую поверхность, изображают при помощи изолиний равных абсолютных отметок, т. е. *изогипс*. При изображении залежи, имеющей выдержанную мощность, обычно ограничиваются изображением одного лежачего бока залежи (почвы). При построении плана изогипс используют метод ступенчатых отметок.

Гипсометрические планы характеризуют пространственное положение залежи и дают возможность определять элементы ее залегания. Пользуясь гипсометрическим планом можно решать ряд горно-геометрических задач:

- дирекционный угол линии, касательной к изогипсе в любой точке, характеризует простирание бока залежи в этой точке;
- на вертикальном разрезе по линии падения (перпендикулярной к линии простирания) определяют угол падения залежи;
- при совмещении планов изогипс висячего и лежачего боков залежи или при их совместном вычерчивании на одном плане можно определить вертикальную мощность залежи как разность отметок изогипс висячего и лежачего боков в любой точке плана, горизонтальную мощность в любом направлении как расстояние на плане между однозначными изогипсами висячего и лежачего боков залежи;

– при совмещении топографического плана поверхности земли и плана изогипс висячего бока залежи в любой точке плана можно определить глубину залегания залежи как разность отметок поверхности земли и висячего бока залежи в данной точке;

– гипсометрические планы являются основой для решения технических вопросов вскрытия, подготовки и порядка отработки участка месторождения, определения мест заложения вскрывающих выработок, определения их протяженности;

– гипсометрические планы используют при планировании горных работ: расположение подземных горных выработок или уступов на карьере определяется конфигурацией изогипс;

– на основе гипсометрического плана строят вертикальные разрезы залежи по любому направлению;

– гипсометрические планы пластовых залежей используют при подсчете запасов полезного ископаемого.

При решении ряда задач, связанных с определением мощности залежи, используют специальные структурные графики, которые называют *графиками изолиний мощностей или планами изомощностей*.

При построении графика изомощностей залежи производится замена тела, ограниченного со стороны висячего и лежащего боков топографическими поверхностями, более простым телом (рис. 3.7), ограниченным со стороны висячего бока условной поверхностью, а со стороны лежащего бока – плоскостью.

Последняя является плоскостью проекций, на которую по нормали «осаждается» залежь. При «осаждении» залежи на горизонтальную плоскость используют вертикальные мощности, на вертикальную – горизонтальные мощности.

Практически построение профиля «осажденной» залежи возможно лишь в случае, если разведка залежи или замеры мощностей выполнены по разведочным линиям или горным выработкам. При наличии сечений «осажденной» залежи построение графика изомощностей выполняется методом ступенчатых отметок.

Для угольных месторождений, для которых в скважинах и горных выработках определяют нормальные мощности, планы изомощностей строят методом многогранника. Графики изомощностей широко применяются на практике. На основании этих планов можно оконтуривать залежь полезного ископаемого.

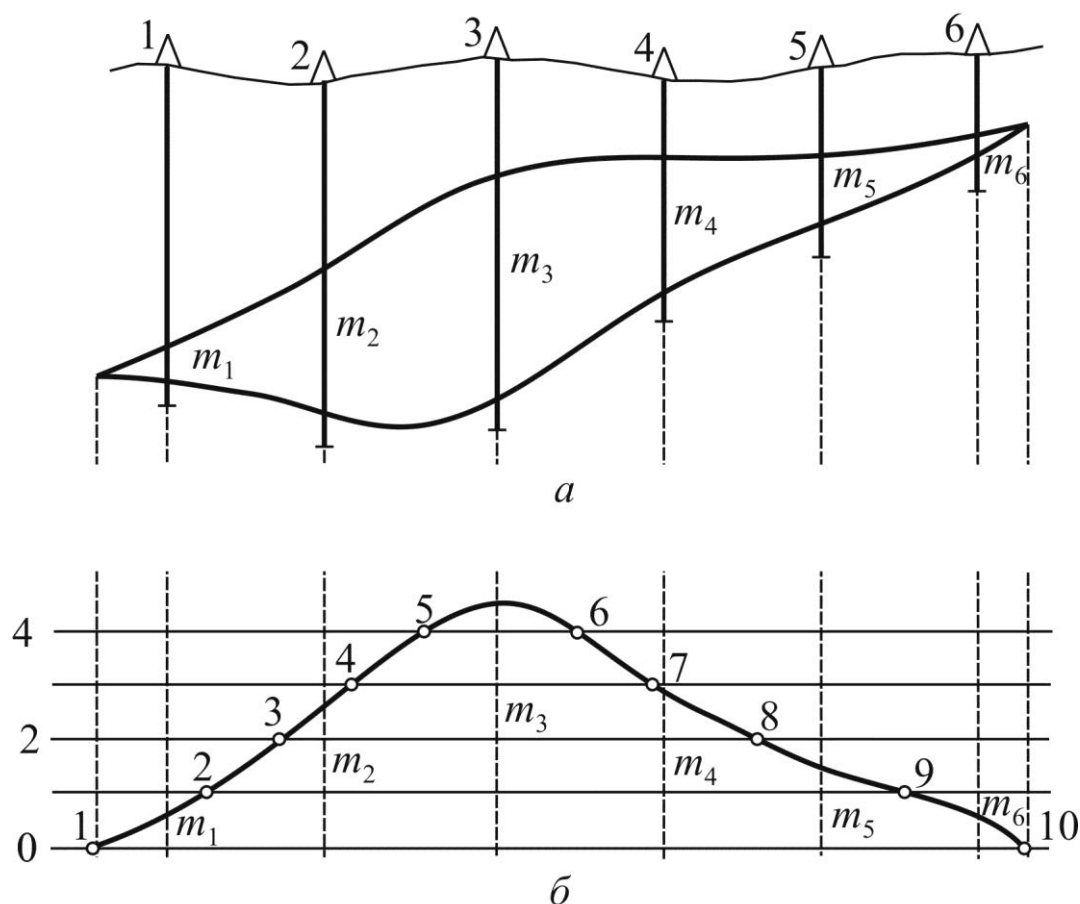


Рис. 3.7. «Осаждение» залежи на горизонтальную плоскость:
 а – вертикальный разрез залежи; б – сечение «осажденной» залежи

Таким контуром залежи может являться изомощность, численное значение которой равно заданной мощности (нулевой мощности, кондиционной и т. д.). Графики изомощностей используют при подсчете запасов, планировании горных работ, учете добычи и потерь полезного ископаемого, а также при выборе системы разработки и средств механизации.

Планы изоглубин залежи. Глубина залегания залежи H – это расстояние по вертикали от земной поверхности до висячего бока залежи в данной точке. Изоглубинами называются линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями глубины залегания залежи. Таким образом, изоглубины можно рассматривать как изолинии мощностей, покрывающих залежь пород. Следовательно, изложенную ранее сущность построения плана изомощностей залежи можно распространить и на построение плана изоглубин, полагая, что планы изоглубин представляют собой графическое изображение «осажденной» на горизонтальную плоскость проекции толщи пород, покрывающей залежь.

Исходные данные для построения плана изоглубин могут быть получены при разведке залежи вертикальными скважинами. Глубины залегания залежи в каждой конкретной скважине определяют из бурового журнала.

Планы изоглубин строят обычно при открытой разработке месторождений полезных ископаемых для определения глубины залегания залежи в любой точке, а также для построения границ участка открытых горных работ. Они могут быть использованы при подсчете объема вскрыши, совместно с планами изомощностей по ним можно определять коэффициент вскрыши.

3.5. Геометризация качественных свойств полезных ископаемых

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

Качественную характеристику месторождения, физические и химические свойства полезного ископаемого, а также количественное размещение в нем полезных и вредных компонентов определяют путем непосредственных или косвенных измерений, опробования и химических анализов проб с последующей статистической обработкой и графическим изображением результатов. Комплексное изучение свойств вещества залежи производят на всех стадиях геологоразведочных и эксплуатационных работ.

Свойства могут быть представлены в виде топоповерхности. Информационной основой качественных свойств являются результаты опробования. На качественных графиках показывают пространственное размещение качественных характеристик, например, для руды – содержание металлов и окислов, для угля – зольности, выхода летучих веществ, толщины пластического слоя и т. д.

Изолинии свойства могут быть построены по единичным (не усредненным) и по сглаженным (усредненным) значениям. По единичным значениям изолинии строят только в том случае, если в изменении показателя по направлению или по площади имеется существенное преобладание закономерности.

Если такая закономерность не подтверждается, то в результате построения плана в изолиниях получают мелкосопочный рельеф, характеризующий случайные изменения показателя (рис. 3.8, а).

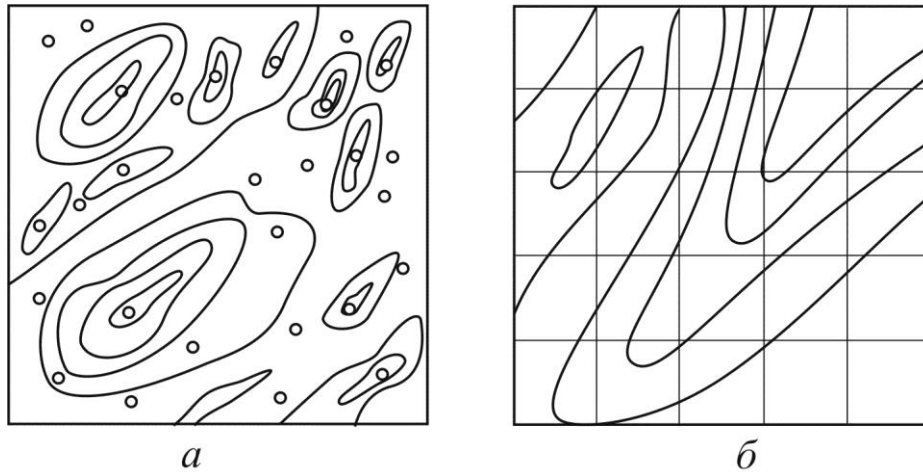


Рис. 3.8. Изолинии содержания компонента:
а – до сглаживания; *б* – после сглаживания

Такие планы затрудняют правильное восприятие закономерностей изменения показателя и являются основным источником ошибок при планировании горных работ. В таких случаях предварительно производят сглаживание показателей. Наиболее распространенным приемом является сглаживание исходных данных скользящим статистическим окном.

Величину окна сглаживания определяют на основе анализа пространственной изменчивости. При плоском сглаживании (по площади) окно представляет собой квадрат или прямоугольник. Окно накладывают на план, определяют среднее значение свойства из всех частных значений, попавших в пределы окна, и относят его к центру окна. Затем окно смещают на половину его ширины и операцию повторяют до противоположной границы площади и в другом направлении.

В результате такого сглаживания исчезают скачкообразные колебания показателей. Вместо них получается разреженная сеть средних групповых отметок, по которым строят изолинии поверхности, отображающей закономерности изменения свойства по площади (рис. 3.8, *б*).

Поэтому изолиниями качественных свойств называют геометрические места центров некоторых элементарных объемов залежи с одинаковыми средними значениями качественных свойств полезного ископаемого.

К качественным графикам относят также *планы изолиний линейных запасов полезного ископаемого q и его компонентов p* – весовое их количество, приходящееся на единицу площади залежи, т. е. это вес руды или металла в призме с высотой, равной мощности залежи (или слоя), и с основанием в 1 м^2 .

Линейный запас ископаемого (т/м^2) вычисляют по формуле

$$q = m \gamma, \quad (3.9)$$

где m – мощность залежи, м; γ – плотность полезного ископаемого, т/м^3 .

Линейный запас на угольных месторождениях называют *производительностью пласта*. Она характеризует массу угля в тоннах, приходящуюся на 1 м^2 площади пласта.

Линейный запас полезного компонента (т/м^2) определяют в зависимости от единицы измерения его содержания c . Например, при содержании металла в руде в процентах:

$$p = \frac{m\gamma c}{100} = \frac{qc}{100}. \quad (3.10)$$

Методика построения планов изолиний линейных запасов не отличается от методики построения структурных и качественных горно-геологических графиков.

Графики изолиний содержания полезных и вредных компонентов, линейных запасов отражают пространственный характер размещения показателя, по ним решают вопросы рациональной отработки залежи:

- проектирование разведочных работ;
- разделение залежи на добычные блоки;
- размещение целиков;
- планирование добычи с заранее заданным содержанием;
- прогнозирование содержания на слаборазведанном участке;
- планирование потерь и разубоживания;
- установление бортового содержания;
- оконтуривание залежи по кондициям.

Планы изолиний линейных запасов могут быть использованы в целях наглядного изображения закономерностей распределения в недрах, для подсчета запасов полезного ископаемого и полезного компонента, при планировании горных работ.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой геометризация месторождений?
2. Приведите последовательность работ при геометризации.
3. Какие структурные графики вы знаете?
4. Что такое элементы залегания пласта?
5. Какой график необходим для определения вертикальной мощности пласта? Нормальной мощности пласта?
6. Как по плану изогипс почвы пласта определить угол падения пласта?
7. Назначение плана изомощностей пласта.
8. В чем преимущества регулярных цифровых моделей?
9. Приведите порядок построения горно-геометрической модели методом многогранника.
10. Какие дополнительные графики необходимы при построении горно-геометрических моделей методом ступенчатых отметок?
11. В чем состоят особенности построения качественных графиков?

ГЛАВА 4. ПОДСЧЕТ И УЧЕТ ЗАПАСОВ, ДОБЫЧИ И ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

4.1. Классификация запасов полезных ископаемых по экономическому значению, степени изученности, готовности к промышленному освоению

Запас полезного ископаемого – весовое или объемное его количество. Все разведанные запасы полезного ископаемого, которые могут служить сырьевой базой, утверждает Государственная или Территориальная комиссия по запасам (ГКЗ, ТКЗ). Количество запасов выражается в единицах массы (уголь, железные руды – тыс. т; золото – кг, т; алмазы – карат) или единицах объема (газ – м³).

Основным нормативным документом, регламентирующим классификацию запасов, является Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (действующая версия утверждена в 2006 году). Для каждого вида полезного ископаемого разработаны Методические рекомендации по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов.

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых подлежат разделению на две группы: балансовые и забалансовые.

К балансовым (экономическим) запасам относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К забалансовым (потенциально экономическим) относятся запасы, разработка которых на момент оценки экономически не эффективна (убыточна) в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий добычи.

К ним же относятся и запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невозможно в связи с расположением в пределах водоохранных зон, населенных пунктов, сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры.

Разделение запасов по балансовой принадлежности осуществляется по значениям натуральных показателей, именуемых параметрами кондиций. Например, для подсчета запасов месторождений углей устанавливаются следующие основные параметры разведочных кондиций:

- минимальная истинная мощность пластов угля в пластопересечении, определяемая по сумме мощностей вынимаемых совместно угольных слоев, внутрипластовых породных прослоев и непосредственно залегающих в почве или кровле углистых пород, а при необходимости дополнительной присечки других пород – с включением мощностей присекаемых пород;

- максимальная истинная мощность внутрипластовых породных прослоев или разубоженных интервалов разреза угольных пластов, включаемая в пластопересечение;

- минимальная истинная мощность породных прослоев, разделяющих пласты угля в зонах расщепления на объекты самостоятельной разработки и промышленной оценки;

- максимальная зольность угля по пластопересечению (минимальная теплота сгорания сланца по бомбе) с учетом засорения вынимаемыми совместно с углем породами внутрипластовых и прикровельных (припочвенных) слоев;

- максимальная зольность угля, по которой при наличии в разрезе пласта слоев высокозольного угля, постепенно переходящих в углистые породы, выделяются интервалы для подсчета запасов угля в недрах;

- границы подсчета запасов углей: глубина подсчета, предельный коэффициент вскрыши или требования, обуславливающие проведение подсчета запасов в установленных ТЭО кондиций контурах разработки (границах карьера); границы участков, намеченных к первоочередной отработке;

- границы и основные параметры для подсчета запасов углей за намеченным ТЭО контуром разработки.

Кондиции по каждому месторождению устанавливаются на основе технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций для подсчета запасов, подтвержденных государственной экспертизой.

По степени достоверности (геологической изученности) запасы подразделяются на категории: А, В, С₁, С₂. Общее представление о классификации дает таблица (табл. 4.1).

Для целей разведки все месторождения подразделяются на четыре группы сложности геологического строения.

1-я группа – месторождения простого геологического строения с весьма крупными, крупными и средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством. На них выделяются запасы категорий А, В, С₁ и С₂.

2-я группа – месторождения сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением либо невыдержанным качеством полезного ископаемого. К ней относятся также месторождения углей простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки. На них выделяются запасы категорий В, С₁ и С₂.

3-я группа – месторождения очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого. На них выделяются запасы категорий С₁ и С₂.

4-я группа – месторождения с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Особенности строения определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий С₂. На угольных месторождениях не выделяется.

Таблица 4.1

Принципиальная схема классификации запасов по степени достоверности

Параметры	Категория запасов				C ₂
	A	B	C ₁	C ₂	
Размеры, форма и условия залегания	установлены	установлены размеры и основные особенности и изменчивость	выяснены размеры и характерные формы тел и основные особенности условий залегания	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Морфология и внутреннее строение	изучены	установлены основные особенности и изменчивость	выяснены основные особенности внутреннего строения	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Внутренние безрудные и некондиционные участки	выделены и оконтурены	установлены основные особенности и изменчивость	оценены изменчивость и возможная прерывистость тел	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Разрывные нарушения	установлены положения и амплитуды	установлены положения и амплитуды крупных нарушений, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений	выяснено наличие площадей развития малоамплитудных нарушений	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Природные разновидности, типы и сорта	выделены и оконтурены	выделены, оконтурены или установлены закономерности пространственного распределения и количественные соотношения	определены разновидности и их количественные соотношения	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Качество и сортов	охарактеризовано по промышленным параметрам	охарактеризовано по параметрам кондиций	охарактеризовано по параметрам кондиций	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием
Ценные и вредные компоненты	изучены	определены минеральные формы	определены минеральные формы	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием	оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием

Параметры	Категория запасов			С ₂
	А	В	С ₁	
Контур запасов полезного ископаемого определен	по результатам детального опробования скважин и горных выработок	по результатам опробования скважин и горных выработок	по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований	на основании опробования ограниченного количества скважин, выработок, обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений

Примечание

Запасы категории А выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического строения.

Запасы категории В выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности.

Запасы категории С₁ составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности.

Запасы категорий А, В и С₁ составляют группу разведанных запасов.

Запасы категории С₂, которые часто именуют предварительно оцененными запасами, выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку.

При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя должны использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Месторождения полезных ископаемых по степени их изученности подразделяются на *разведанные и оцененные*.

К *разведанным* относятся участки недр, по которым обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение.

К *оцененным* относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки, должна обеспечиваться возможность квалификации всех или большей части их запасов по категории C_2 .

Достоверность запасов есть элемент безопасности бизнеса и промышленной безопасности.

4.2. Оконтуривание месторождений полезных ископаемых

По данным горных и геологоразведочных работ определяют тот или иной контур полезного ископаемого, в пределах которого и подсчитывают его запасы.

В одних случаях таким контуром будет естественная граница распространения полезного ископаемого, в других – граница, в пределах которой полезное ископаемое имеет мощность или содержание того или иного компонента в определенных промышленных пределах.

Техника установления на плане и разрезе этого контура называется *оконтуриванием месторождения*.

Для месторождений или отдельных залежей, имеющих тенденцию к выклиниванию, различают два вида контуров: внутренний и внешний.

Внутренним называют контур, проходящий по граничным выработкам, обнаружившим полезное ископаемое (рис. 4.1); *внешним* – контур, проходящий по естественной границе распространения полезного ископаемого. Участок залежи между внутренним и внешним контурами называется *межконтурной полосой*.

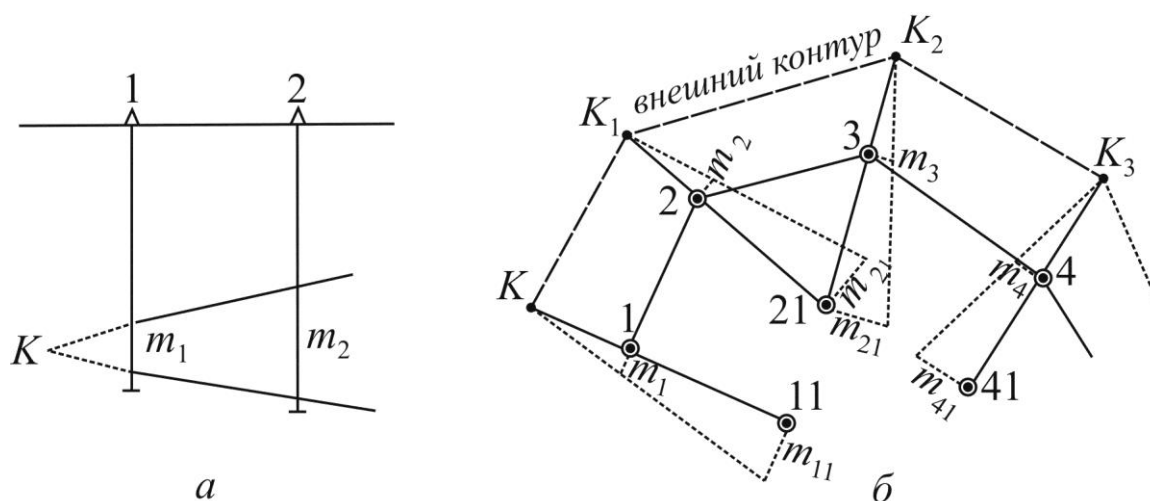


Рис. 4.1. Построение внешнего и внутреннего контуров залежи

Простейшим способом построения *внешнего* контура является способ интерполирования на середину, т. е. полагают, что граница выклинивания залежи проходит посередине между рудными и безрудными выработками (скважинами).

При наличии закономерностей в изменении показателей внешний контур определяют с помощью вертикальных разрезов (рис. 4.1, а) или с учетом угла выклинивания залежи (рис. 4.1, б). В последнем случае на плане скважину A , расположенную на внутреннем контуре, соединяют прямой с ближайшей скважиной B внутри него.

В точках A и B перпендикулярно проведенной линии откладывают мощности залежи m_A и m_B в произвольном, но одинаковом масштабе. Через концы полученных отрезков проводят прямую до пересечения ее с продолжением отрезка AB в точке K , которая и определяет точку выклинивания залежи в данном направлении. Произведя аналогичные построения по другим выработкам, проводят на плане внешний контур залежи.

Внешний контур легко определяется на плане изомощностей. Изолиния с нулевой мощностью залежи представляет собой именно этот контур. В пределах межконтурной полосы, как правило, располагается контур балансовых запасов (рабочий контур).

Построение контура балансовых запасов является ответственной операцией, основанной на учете всех разведочных данных, выявленных геологических закономерностей и на технико-экономических расчетах.

При наличии кондиционных требований, предъявляемых к рабочему контуру, последний строится по минимальной промышленной мощности с учетом бортового содержания полезного (или вредного) компонента. Для этого используются планы изомощностей залежи и планы изолиний содержания полезного и вредного компонентов. Границей балансовых запасов в таких случаях будет контур, в пределах которого будут выполняться все указанные требования одновременно. Для этого строят контуры по минимальной рабочей мощности (контур 1 на рис. 4.2), по минимальному содержанию полезного компонента (контур 2) и максимальному содержанию вредного компонента (контур 3). Контуром балансовых запасов или контуром подсчета будет линия, ограничивающая внутренние участки указанных выше контуров (рис. 4.2).

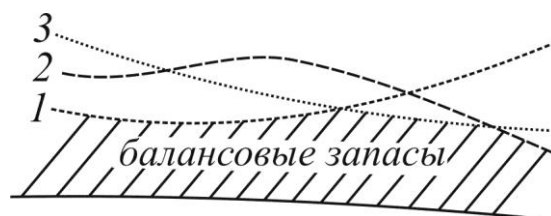


Рис. 4.2. Построение контура балансовых запасов залежи

4.3. Параметры подсчета запасов и способы их определения

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в весовых единицах (т) по формуле

$$Q = V d = S m d, \quad (4.1)$$

где V – объем залежи, м^3 ; d – средняя плотность полезного ископаемого в массиве, $\text{т}/\text{м}^3$; S – площадь залежи или ее части в пределах контура подсчета, м^2 ; m – средняя нормальная к плоскости проекции мощность залежи, м.

Запас полезного компонента P , например металла в руде, определяют по формулам

$$P = Qc/100 \text{ или } P = Qc'/1000, \quad (4.2)$$

где c , c' – значение среднего содержания компонента соответственно в процентах и в граммах на единицу веса полезного ископаемого; P – соответственно в тоннах и килограммах.

Величины S , m , d и c являются основными параметрами, которые необходимо знать при подсчете запасов.

Определение площади. Площади на планах (разрезах) в пределах установленных контуров могут быть определены одним из следующих способов:

- механическим – при помощи планиметра;
- геометрическим – путем разбивки измеряемой площади на простейшие фигуры;
- аналитическим – по координатам вершин полигональных фигур.

Определение полярным планиметром площади относительно небольших криволинейных фигур, изображенных на чертеже, производят с установкой полюса вне фигуры. Площадь фигуры вычисляют по формуле

$$S = q(n_2 - n_1), \quad (4.3)$$

где n_1 , n_2 – отсчеты по счетчику планиметра при установке обводного шпилья в одной из точек контура до и после его обвода.

Цену деления планиметра q (м²/дел.) для данной длины обводного рычага и масштаба чертежа определяют по формуле

$$q = S_0 / (n_2 - n_1), \quad (4.4)$$

где S_0 – известная площадь, м².

Каждый контур обводят планиметром не менее двух раз при одном и том же положении полюса. Разность отсчетов двух обведений одной и той же площади не должна превышать 1/200 измеряемой площади.

Геометрический способ заключается в разбивке измеряемой площади на простейшие фигуры – треугольники, трапеции, прямоугольники, площади которых с учетом масштаба чертежа вычисляют по известным формулам. Сумма площадей элементарных фигур составит общую площадь рассматриваемого многоугольника.

Аналитический способ основан на использовании координат вершин замкнутых полигонов (рис. 4.3). Если известны координаты (x_i и y_i) n точек контура, то площадь, ограниченную им, определяют по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} + y_i)}{2}; \quad S = \sum_{i=1}^n \frac{(x_{i+1} + x_i)(y_{i+1} - y_i)}{2}. \quad (4.5)$$

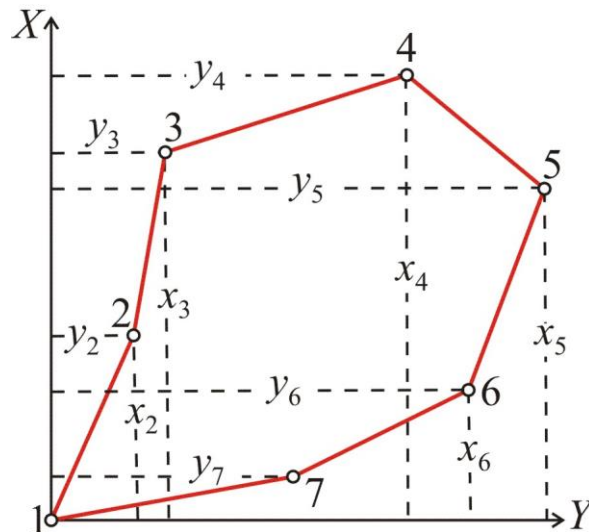


Рис. 4.3. Схема к определению площади аналитическим способом

Аналитический способ определения площадей реализуется в компьютерных программах.

Истинные площади могут быть определены:

- способом В. И. Баумана с помощью гипсометрических планов (по изогипсам);
- способом П. К. Соболевского по изосекансам;
- расчетом по формулам

$$S_{\text{и}} = S \sec \delta \text{ или } S_{\text{и}} = S \operatorname{cosec} \delta, \quad (4.6)$$

если площадь S определена в проекции соответственно на горизонтальную и вертикальную плоскость.

Определение средней мощности. Среднюю мощность тела полезного ископаемого при сравнительно равномерном распределении точек замера мощностей определяют как среднее арифметическое по формуле

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (4.7)$$

где m_i – значение мощности в отдельной точке замера; n – число замеров мощности.

При неравномерном распределении замеров мощности или при наличии плавного выклинивания залежи среднюю мощность определяют как средневзвешанное по интервалам a_i или площадям влияния каждого замера S_i :

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}; \quad \bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}. \quad (4.8)$$

Значения a_i , S_i определяют исходя из того, что влияние показателя в данной точке замера распространяется на половину расстояния между соседними точками замера.

Определение среднего содержания компонента. При незначительном колебании мощности и равномерном распределении точек опробования содержание определяют по формуле

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^n C_i / n, \quad (4.9)$$

где C_i – численное значение содержания в различных точках опробования; n – общее число точек опробования.

Во всех других случаях содержание компонента по серии имеющихся наблюдений устанавливают с учетом для каждого из них веса наблюдения P по формуле

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^n C_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i. \quad (4.10)$$

В качестве веса наблюдения P обычно принимают мощность m_i (при равномерном распределении точек опробования и значительном колебании мощности), площадь S_i (при неравномерном распределении точек опробования и незначительном колебании мощности) и др.

При подсчете запасов используется плотность d , определяемая с учетом пор образца: для угля – кажущаяся плотность; для руд – действительная плотность. Изменчивость плотности, как правило, незначительна, поэтому плотность устанавливается в целом для пласта (залежи) или рассчитывается по выявленным корреляционным зависимостям от других параметров, таких как содержание полезного компонента в рудах или зольность для угля. Многочисленными работами по исследованию качества углей Кузбасса установлена практически линейная зависимость кажущейся плотности угля от его зольности.

4.4. Способы подсчета запасов месторождений полезных ископаемых

Подсчет запасов – процесс определения их количества. Исходными данными для подсчета запасов являются результаты геометризации формы и качественных свойств полезного ископаемого.

Геометризация выполняется в геологоразведочных организациях в ограниченном объеме (т. е. отстраиваются, как правило, только изолинии показателей кондиций). Данные наносят на планы подсчета запасов или на вертикальную проекцию подсчета запасов.

На подсчетном плане показывают изогипсы пласта (залежи), его структурные элементы (нарушения – дизъюнктивы, оси складок). При этом принятые сечения изогипс должны обеспечивать возможность определения элементов залегания пласта. В некоторых случаях готовятся два плана: структурный (где изогипсы проведены с необходимой плотностью) и подсчетный план (где изогипсы разрежены). В настоящее время они, как правило, совмещаются. Масштаб планов от 1 : 1000 до 1 : 10000 (для угольных месторождений обычно 1 : 5000).

Подсчет запасов производится в единицах массы или объема по единицам учета (подсчетным блокам), характеризующимся выдержанными в недрах условиями залегания и близкими по степени разведанности и качеству полезного ископаемого запасами, без учета потерь и разубоживания при добыче, обогащении и переработке.

Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным и характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество минерального сырья и горно-геологические условия его разработки;

- однородностью геологического строения или примерно одинаковой близостью изменчивости мощности, строения, вещественного состава полезного ископаемого и основных показателей качества и технологических свойств сырья;

- выдержанностью условий залегания, определяемой приуроченностью блока к единому структурному элементу месторождения (крылу или замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями и т. д.);

- общностью горнотехнических условий разработки.

Контур блока должен ограничиваться линиями, проходящими через разведочные или горные выработки, по которым получены необходимые для оценки запасов данные, или линиями интерполяции (экстраполяции)

Размер и форма блока должны обеспечивать необходимую точность планиметрирования.

На подсчетных планах сторона блока должна иметь длину не менее 50 мм; следует также избегать выделения блоков излишне вытянутой или остроугольной формы. При определении площадей с помощью графических редакторов это требование не актуально.

Выделению подсчетных блоков предшествуют:

– разделение пласта на участки с близкими углами падения (в первую очередь – до 6° , где поправка на угол падения не вводится, остальная часть площади разбивается на участки с различием углов падения на $2-3^\circ$);

– разделение пласта на участки, близкие по мощности, строению и выдержанности;

– разделение пласта на участки, значительно отличающиеся по технологическим и качественным свойствам;

– разделение пласта на участки с запасами разных категорий;

– разделение пласта на участки с запасами разных марок.

Границами блоков могут быть контуры распространения балансовых и забалансовых запасов и их категорий, линии обреза пласта нарушениями, оси складок, границы изменения углов падения, мощности пласта, показателей качества. Иногда для спрямления контуров или удобства определения площади за границу блоков принимают разведочные линии и эксплуатационные горизонты.

На подсчетных планах показывают границы блоков (стрелками), их номера, категорию разведанности запасов, средние мощности, зольности и углы падения (рис. 4.4).

Количество запасов в границах подсчетного блока может определяться различными способами.

Способ среднего арифметического. Тела сложной формы в пределах подсчетного блока приравниваются к залежи с постоянной мощностью (\bar{m}).

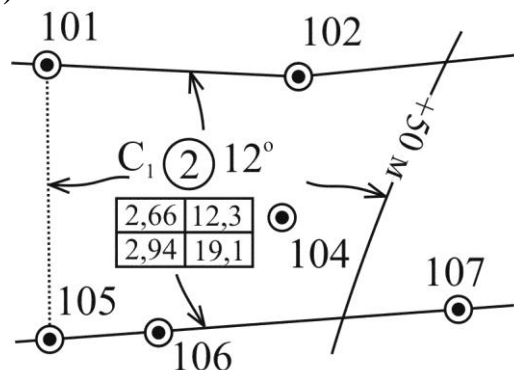


Рис. 4.4. Геологический блок на плане подсчета запасов

Запасы Q в пределах площади блока S определяют по формуле

$$Q = S \bar{m} \bar{d}, \quad (4.11)$$

где S – истинная площадь блока, определяемая при горизонтальных проекциях умножением площади проекции на значение секанса угла падения, а при вертикальных – на значение косеканса; \bar{d} – средняя плотность полезного ископаемого.

Расчет средних мощностей пласта делают поблочно, реже для нескольких соседних блоков, в которых мощность и разведанность примерно одинаковы.

Способ вертикальных сечений. Применяется в мощных пластах с невыдержанной мощностью и сложными условиями залегания. В зависимости от величины и подобия площадей сечений, ограничивающих блок, для вычисления его объема используются следующие формулы:

– когда площади ограничивающих сечений равновелики, а сечения почти параллельны, применяется формула призмы

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} l, \quad (4.12)$$

где S_1 и S_2 – площади сечений, ограничивающих блок; l – расстояние между сечениями;

– если площади сечений подобны, но отличаются более чем на 40 %, применяется формула усеченной пирамиды

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} l; \quad (4.13)$$

– для крайних блоков, которые опираются только на одно сечение, в зависимости от характера выклинивания пласта применяются формулы соответственно клина или конуса

$$V = S_1 l_1 / 2, \quad V = S_1 l_1 / 3, \quad (4.14)$$

где l_1 – расстояние от плоскости сечения до точки выклинивания пласта.

Для непараллельных сечений применяют способы А. П. Прокофьева или А. С. Золотарева.

При способе А. П. Прокофьева (рис. 4.5, а) объем между двумя сечениями определяют по формуле

$$V = B_1 \frac{S_1}{H_1} + B_2 \frac{S_2}{H_2}, \quad (4.15)$$

где S_1 и S_2 – площади сечений блока; B_1 и B_2 – площади влияния сечений; H_1 и H_2 – «длина» сечений.

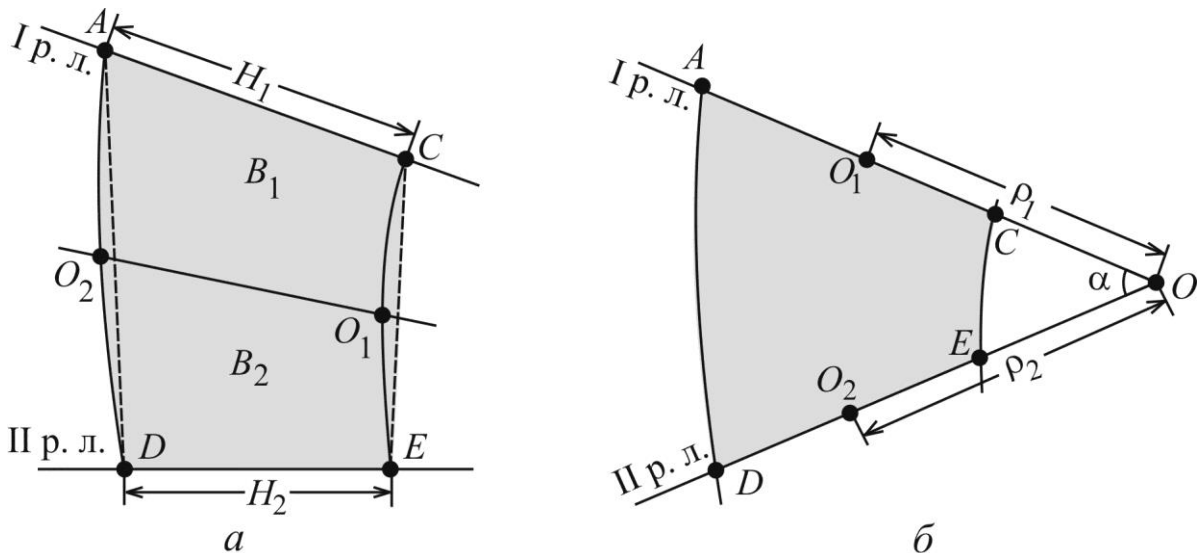


Рис. 4.5. Подсчет запасов способом А. П. Прокофьева

При способе А. С. Золотарева (рис. 4.5, б) объем между двумя сечениями определяют по формуле

$$V = \frac{\alpha}{6} [\rho_1(2S_1 + S_2) + \rho_2(S_1 + 2S_2)], \quad (4.16)$$

где α – угол между разрезами в радианах; ρ – расстояние от вершины угла (O) до центра тяжести сечения (O_1, O_2).

Способ изолиний проф. П. К. Соболевского. Основан на использовании плана изомощностей залежи. Сущность способа заключается в том, что тело полезного ископаемого при помощи квадратной палетки расчленяется на ряд вертикальных косоусеченных призм с одинаковым квадратным основанием.

Объем каждой призмы определяется как произведение площади указанного основания призмы на ее среднюю высоту (мощность залежи в центре призмы). Подсчет объема производится в следующем порядке.

На прозрачной бумаге вычерчивают палетку, представляющую собой правильную сетку точек, расположенных на принятом расстоянии (1–2 см). Палетку накладывают на план в произвольном положении (рис. 4.6) и в каждой ее точке, в пределах контура подсчета залежи, путем интерполирования по изомощностям, определяют значения мощности и записывают их в формуляр подсчета. Подсчитывают суммы мощностей по всем строкам и для контроля по колонкам и вычисляют общую сумму мощностей.

Вычисляют объем полезного ископаемого по формуле

$$V = S_0 \sum m_i, \quad (4.17)$$

где S_0 – площадь основания палетки в масштабе плана.

Запас полезного ископаемого определяют по формуле $Q = V d$.

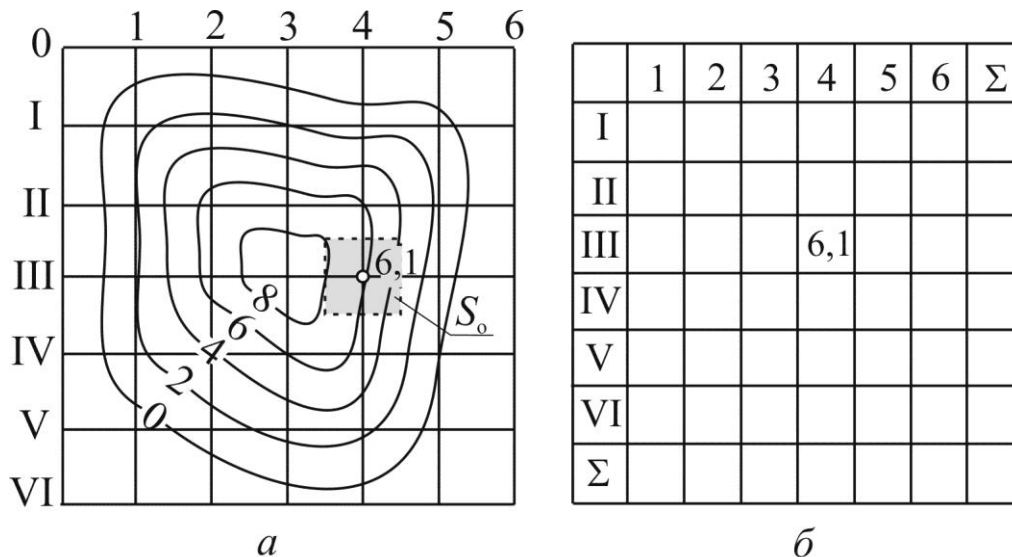


Рис. 4.6. К подсчету запасов способом объемной палетки: *a* – план изомощностей с наложенной палеткой; *б* – формуляр подсчета

4.5. Учет состояния и движения запасов

На каждом предприятии ведется учет движения запасов, который представляет собой периодическое определение количества запасов, числящихся на балансе горного предприятия. Задачами учета состояния и движения балансовых (забалансовых) запасов и расчета промышленных запасов угля является:

– контроль обеспеченности шахт и разрезов балансовыми запасами, установление количества промышленных запасов и распределения их по степени готовности к выемке;

– установление в процессе эксплуатации месторождений изменений запасов в результате доразведки, переоценки, изменения технических границ шахтных полей, добычи, потерь при добыче, выявления некондиционных запасов и нецелесообразных для отработки по технико-экономическим причинам и т. д.;

– систематизация материалов по запасам для планирования разведочных и горных работ, строительства предприятия и его реконструкции.

Учетом отражаются:

- исходные балансовые запасы предприятия;
- изменение исходных балансовых запасов;
- промышленные запасы в целом и по степени их готовности к выемке;
- забалансовые запасы и их изменение.

Учет запасов производится по подсчетным единицам (блокам или фигурам), принятым государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ). Подсчет запасов и учет их движения по видам производится на основе маркшейдерско-геологической документации масштаба 1 : 2000. Учет ведется маркшейдерско-геологической службой, ответственность несет директор шахты.

Изменения исходных балансовых запасов угля могут происходить за счет:

- добычи;
- потерь при добыче;
- утраты промышленного значения запасов в связи с их оставлением в предохранительных целиках под объектами на поверхности;
- утраты промышленного значения запасов вследствие выявления нецелесообразности отработки запасов в результате выявления усложнений горно-геологических, гидрогеологических, экологических и других природных условий или при невозможности обеспечения безопасного ведения горных работ;
- возникновения необходимости восстановления на балансе ранее списанных либо отнесенных в потери запасов сырья в связи с изменением техники и технологии добычи;
- неподтверждения запасов за счет выявленных в ходе эксплуатации отклонений фактических параметров подсчета запасов и показателей их качества от параметров принятых при подсчете.

Добыча сопровождается потерями – часть балансовых запасов, безвозвратно оставленных в недрах при разработке. К потерям относится уголь, попавший в отвалы вместе с породой.

Изменение запасов за счет уточнения подсчетных параметров обосновывают материалами геологической документации горных выработок и учитывают либо путем включения «+», либо списания «–» с баланса предприятия (неподтвердившиеся запасы).

К запасам, нецелесообразным к отработке, относят:

– на изолированных участках малой площади; на небольших участках, расположенных между тектоническими нарушениями, переход которых сопряжен с проведением в значительном объеме горных выработок по породе;

– на сильно нарушенных участках со сложными условиями разработки, где в результате нарушения вмещающие породы неустойчивы;

– на сильно обводненных участках, где осушение невозможно или невыгодно.

Эти запасы подлежат списанию с баланса предприятия без отнесения их в потери.

Списание запасов (за исключением добычи и потерь при добыче) производится по результатам государственной геологической экспертизы.

Учет запасов на предприятии ведется по форме № 5-гр.

Промышленные запасы – часть балансовых запасов, подлежащая извлечению из недр. Расчет промышленных запасов производится ежегодно (форма 25-тп – для подземных и 26-то – для открытых работ) и отражает состояние запасов по пластам, горизонтам, уступам. Для расчета промышленных запасов необходимо из балансовых запасов исключить проектные общешахтные потери, эксплуатационные потери и запасы, нецелесообразные к отработке.

По степени готовности к промышленному освоению промышленные запасы делят на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.

Вскрытыми запасами являются промышленные запасы, для извлечения которых пройдены вскрывающие выработки (шахтные стволы, штольни, капитальные квершлагги, уклоны, капитальные траншеи, съезды и пр.) и проходка дополнительных капитальных горных выработок, углубка и расширение пройденных не требуется.

Подготовленными при подземном способе разработки являются запасы из числа вскрытых, для разработки которых пройдены все подготавливающие выработки, определяющие очистные работы по принятой системе разработки.

Подготовленными при открытом способе разработки являются все обнаженные от вскрышных пород вскрытые запасы, выемка которых возможна по принятой технологии с соблюдением ПБ, ПТЭ.

Готовыми к выемке запасами при подземном способе разработки являются подготовленные запасы, для выемки которых проведены все подготовительные выработки, позволяющие обеспечить после монтажа оборудования добычу.

Готовые к выемке запасы при открытом способе разработки это часть подготовленных запасов, выемка которых возможна без нарушения технологического цикла вскрышных и добычных работ.

Вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы полезного ископаемого нормируют. Нормативы запасов выражают в месяцах работы предприятия. Нормирование запасов по степени готовности к добыче производят с целью обеспечения ритмичной работы предприятия по добыче полезного ископаемого.

4.6. Учет потерь и разубоживания полезного ископаемого

Потери делят на два класса: общешахтные (общерудничные, общекарьерные) и эксплуатационные.

К общешахтным потерям относят:

- целики для охраны капитальных горных выработок;
- предохранительные целики под объектами на поверхности;
- междушахтные (междукарьерные) барьерные целики.

Эксплуатационные потери обусловлены системой разработки, способом отработки запасов, применяемой техникой и технологией. Их делят на потери:

– по площади – в целиках, оставляемых у подготовительных выработок, в очистном пространстве, у границ выемочных участков, у геологических нарушений;

– по мощности – в пачках, оставляемых в почве или кровле пластов, между слоями, а также потери отбитого полезного ископаемого.

Кроме фактических потерь выделяются нормативные потери.

Нормативы потерь при добыче рассчитываются по конкретным местам образования потерь при проектировании горных работ и утверждаются недропользователем в составе проектной документации. Сведения об утвержденных нормативах потерь с протоколом согласования проектной документации недропользователь направляет в территориальный орган Федеральной налоговой службы, в котором он состоит на налоговом учете.

Нормативы потерь уточняются при подготовке годовых планов развития горных работ (годовых программ работ). Для месторождений, срок разработки которых не превышает 5 лет (без учета периода подготовки месторождения к промышленной эксплуатации), нормативы потерь полезных ископаемых при их добыче включаются в состав технического проекта на разработку месторождения на весь период разработки месторождения и впоследствии не уточняются.

Нормативы потерь, не превышающие по величине нормативы, утвержденные в составе проектной документации, ежегодно утверждаются недропользователем. Нормативы, превышающие по величине нормативы, утвержденные в составе проектной документации, утверждаются недропользователем после их согласования с Федеральной службой по надзору в сфере природопользования.

В настоящее время применяют два способа определения фактической добычи и потерь:

– прямой, когда их количество определяют посредством применения измерительных средств и устройств, в том числе непосредственным замером целиков, пачек или отбитого полезного ископаемого;

– косвенный, по данным о содержании добытого полезного ископаемого (отходов, потерь) в извлекаемом из недр минеральном сырье и основанный на разности между балансовыми запасами и количеством добытого из погашенных запасов полезного ископаемого.

Косвенный метод применяется в случае, если использование прямого метода невозможно. Применяемый метод определения количества добытого полезного ископаемого и потерь подлежит утверждению в учетной политике налогоплательщика для целей налогообложения и применяется налогоплательщиком в течение всей деятельности по добыче полезного ископаемого.

В ходе ведения горных работ на планах фиксируют все целики (по замерам), идущие в потери. Одновременно производят замеры полной полезной и вынимаемой полезной мощности пласта (по обнажениям кровли и почвы или по данным бурения).

Определение площадей целиков в пределах отработанного за отчетный период контура запасов производится по планам масштаба 1 : 2000 и крупнее. Результаты замера целиков и мощности оставляемых пачек заносятся в журнал первичного учета потерь, пополняемый ежемесячно.

По результатам маркшейдерских замеров размер эксплуатационных потерь по площади и мощности определяют как произведение площади целиков ($S_{ц}$) или пачек ($S_{п}$), их мощности ($m_{ц}$ или $m_{п}$) и плотности (d):

$$\Pi_{ц} = S_{ц} m_{ц} d; \quad \Pi_{п} = S_{п} m_{п} d. \quad (4.18)$$

Потери характеризуются относительной величиной в долях единицы к погашенным запасам (коэффициент потерь $K_{п}$) или в процентах (Π'):

$$K_{п} = \frac{\Pi}{B} \quad \text{или} \quad \Pi' = \frac{\Pi}{B} 100, \% , \quad (4.19)$$

потери эксплуатационные и общешахтные соответственно равны

$$\Pi'_{э} = \frac{\Pi_{э}}{\Pi_{э} + D} 100, \% ; \quad \Pi'_{ош} = \frac{\Pi_{ош}}{\Pi_{э} + \Pi_{ош} + D} 100, \% , \quad (4.20)$$

где D – количество добытого угля; B – количество погашенных при добыче балансовых запасов.

При косвенном способе потери вычисляют по формуле

$$\Pi = B - D. \quad (4.21)$$

Полнота и качество извлечения запасов характеризуются коэффициентом извлечения полезного ископаемого из недр, коэффициентом изменения качества, коэффициентом потерь и коэффициентом разубоживания. Для угольных месторождений коэффициент извлечения угля из недр $K_{и}$ и коэффициент изменения качества $K_{к}$ соответственно равны:

$$K_{и} = \frac{D}{B} K_{к}; \quad K_{к} = \frac{A_{п}^c - A_{д}^c}{A_{п}^c - A_{б}^c}, \quad (4.22)$$

где $A_{\text{п}}^{\text{с}}$, $A_{\text{д}}^{\text{с}}$ и $A_{\text{б}}^{\text{с}}$ – зольность соответственно породы, засоряющей уголь, добытого угля и балансовых запасов.

Разубоживание (потери качества полезного ископаемого) – снижение содержания полезного компонента или полезной составляющей в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в массиве (балансовых запасах) вследствие примешивания к нему пород или некондиционного полезного ископаемого. Разубоживание характеризуется коэффициентом разубоживания, который, например, для угля, определяется по формуле

$$p = (A_{\text{д}}^{\text{с}} - A_{\text{б}}^{\text{с}}) / (A_{\text{п}}^{\text{с}} - A_{\text{б}}^{\text{с}}). \quad (4.23)$$

Разубоживание руды устанавливают по снижению содержания полезных компонентов в добытой руде a по сравнению с содержанием c в погашенных балансовых запасах:

$$p = (c - a) / (c - b), \quad (4.24)$$

где b – содержание полезных компонентов в примешиваемых породах.

Ежегодно составляется отчет о потерях полезных ископаемых в недрах. К отчету прилагается краткая информация с указанием причин возникновения потерь и эффективности выполнения мер по их снижению, сверхнормативных потерь по каждому выемочному участку, допустившему эти потери, и других факторов, влияющих на уровень потерь в недрах при его добыче.

4.7. Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи

На каждом горном предприятии учет добычи осуществляется оперативным или статистическим учетом, на основе которого определяется выполнение ежесменного и ежедневного плана работ по отдельным бригадам, участкам и по предприятию в целом. Учет полезного ископаемого осуществляется путем взвешивания его на пунктах доставки или путем учета количества и массы транспортных средств. Маркшейдерская служба горного предприятия осуществляет обязательный ежемесячный контроль оперативного учета путем замеров выработанного пространства и остатков полезного ископаемого на складах.

В этом случае добычу в тоннах по предприятию определяют по формуле

$$Q = Q_1 + Q_3 - Q_2, \quad (4.25)$$

где Q_1 – количество полезного ископаемого, отправленного по данным бухгалтерского учета потребителям (в том числе израсходованного на собственные производственно-технические и бытовые нужды); Q_2 и Q_3 – остатки полезного ископаемого соответственно на начало и конец отчетного периода на складах, в бункерах, а также в вагонах, погруженных, но не проведенных по расходу.

В зависимости от сложности формы отвалов полезного ископаемого на складах их объем определяется по результатам рулеточного замера или инструментальной съемки. Рулеточным замером определяются объемы отвалов сравнительно правильной геометрической формы, объемы таких отвалов подсчитываются по формулам объемов геометрически правильных тел.

Для определения объемов отвалов со сложными поверхностями выполняют, как правило, тахеометрическую съемку электронно-оптическими тахеометрами.

Тахеометрическую съемку производят с пунктов съемочной сети, закрепленных вокруг склада. Рейку ставят в характерных местах поверхности отвала. Расстояния между пикетами при этом не должны превышать 10 м на отвалах объемом до 100 тыс. м³ и 15 м – при больших объемах отвалов. По результатам съемки составляют план отвала в масштабе 1 : 1000 или 1 : 500 с высотой сечения 0,5 м. Объемы отвалов по данным съемки подсчитываются способами вертикальных или горизонтальных сечений или другими способами.

4.8. Маркшейдерский учет добычи по замерам горных выработок

Ведение учета движения запасов, подсчет количества добытого полезного ископаемого и определение объемов выполненных горных работ производят по результатам маркшейдерских замеров горных выработок и съемочных работ.

Маркшейдерские замеры выполняют для:

- нанесения ситуации на план горных выработок;
- осуществления контроля проведения горных выработок в соответствии с паспортом крепления;

– установления объема выполненных работ, подлежащих оплате;

– для замеров мощности полезного ископаемого, положения тектонических нарушений, особенностей геологического строения, установления соответствия данных геологоразведочных работ фактическим;

– для контроля оперативного учета добычи.

При ведении подземных горных работ замеры делятся на замеры очистных выработок и замеры подготовительных выработок.

Замеры подготовительных выработок производят рулетками: измеряют расстояние от ближайшего пункта маркшейдерской сети до забоя выработки. Подвигание L выработки вычисляют как разность расстояний от маркшейдерского пункта на конец L_k и на начало L_n отчетного периода (рис. 4.7):

$$L = L_k - L_n. \quad (4.26)$$

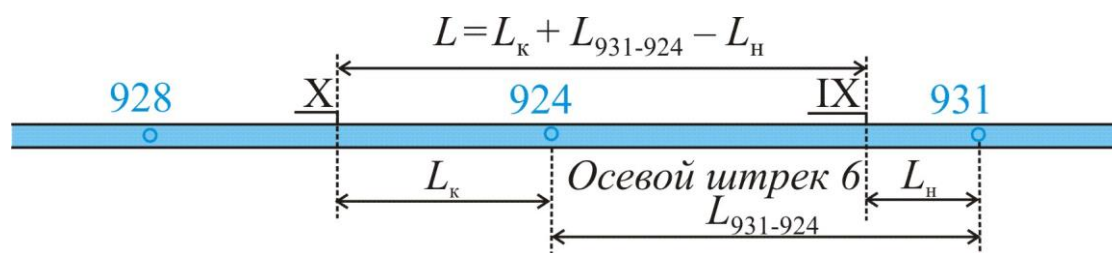


Рис. 4.7. Маркшейдерские замеры в подготовительной выработке

Объем выемки полезного ископаемого за месяц определяют по формуле

$$V = L \bar{S}, \quad (4.27)$$

где \bar{S} – площадь полезного ископаемого в сечении выработки, для определения которой используют зарисовки.

Замеры очистных выработок. Замер очистной выработки правильной геометрической формы производят рулеткой. «Привязывают» верх и низ выработки к ближайшим пунктам маркшейдерской сети. Подвигание за месяц определяют как среднее значение из подвигания «по верху» и «по низу».

Каждое из этих подвиганий определяют как подвигание подготовительной выработки (рис. 4.8). Площадь выемки находят как произведение длины лавы и ее среднего подвигания.

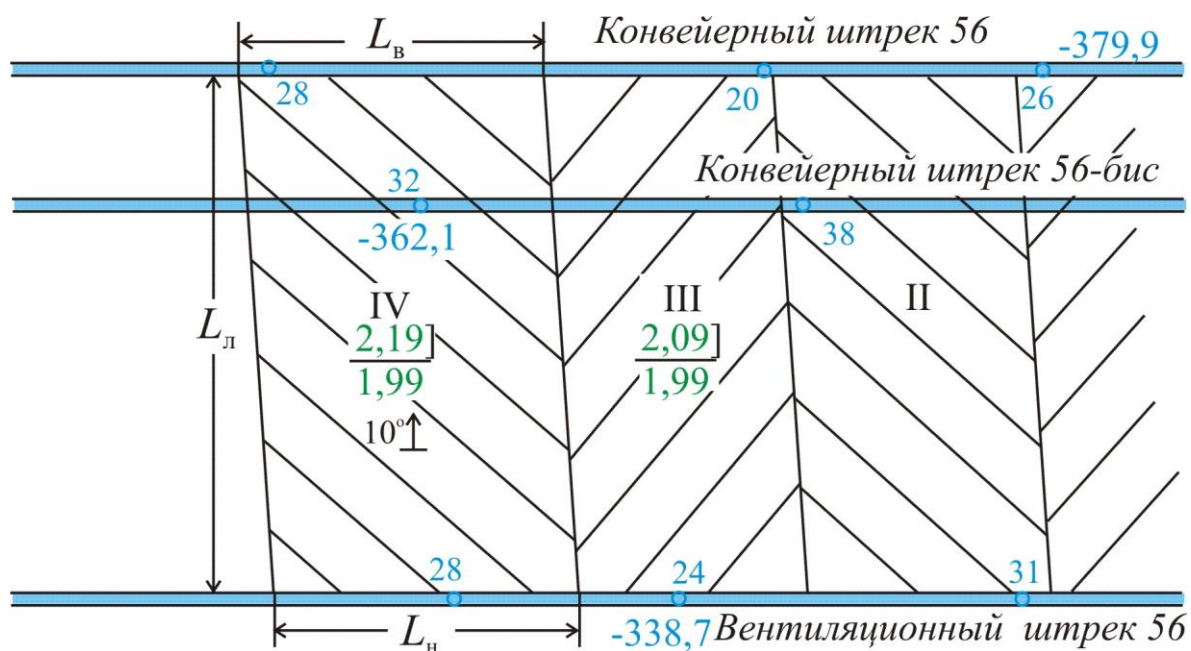


Рис. 4.8. Маркшейдерские замеры в очистной выработке

Съемку искривленных лав производят инструментально и по ее результатам наносят забой на план.

Объем в очистных выработках получают умножением площади выемки (S) на среднюю вынимаемую полезную мощность залежи из замеров ее вдоль очистного забоя:

$$V = S m / \cos \delta. \quad (4.28)$$

Весовое количество добытого за отчетный период полезного ископаемого по выработке определяют с учетом плотности полезного ископаемого.

При ведении открытых горных работ вынутые объемы горной массы, полезного ископаемого и вскрыши определяют по данным тахеометрической или фотограмметрической съемок способами среднего арифметического, горизонтальных и вертикальных сечений, объемной палетки и др.

В большинстве способов объемы подсчитывают способом вертикальных сечений (рис. 4.9) по формуле

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} a_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} a_2 + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} a_{n-1}, \quad (4.29)$$

где S_1 и S_n – площади сечений на границах вынутой заходки, м^2 ; S_2, S_3, \dots, S_{n-1} – площади промежуточных сечений; a_1, a_2, \dots, a_{n-1} – расстояния между сечениями.

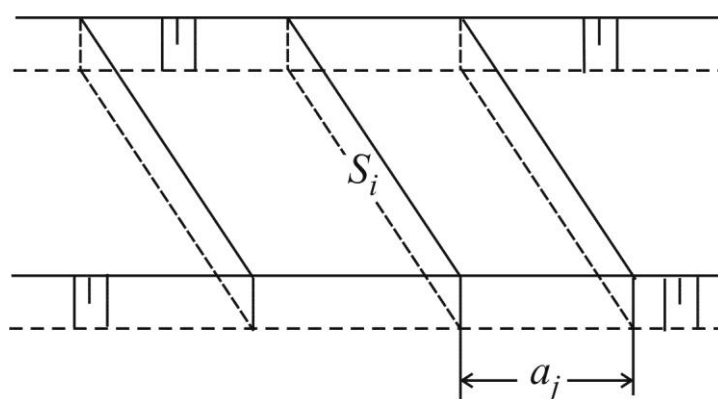


Рис. 4.9. Определение объема вынутых пород способом вертикальных параллельных сечений

Если расстояния между сечениями одинаковые, формула имеет вид

$$V = a \left(\frac{S_1 + S_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} S_i \right), \quad (4.30)$$

где a – расстояние между сечениями; S_i – площади промежуточных сечений; n – число сечений.

Если сечения не параллельны, для расчета объемов могут быть использованы формулы (4.15) и (4.16). Объем крайнего блока рассчитывается по формуле (4.14).

Автоматизированный подсчет объемов горных пород выполняются с помощью программных продуктов, обеспечивающих необходимую точность.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается отличие балансовых и забалансовых запасов?
2. Приведите примеры параметров разведочных кондиций для подсчета запасов угля.
3. При каких условиях месторождение признается разведанным?
4. Каким образом оконтуриваются рудные месторождения?
5. Назовите параметры подсчета запасов угольных месторождений.
6. Что собой представляет подсчетный план?
7. Какие требования предъявляются к подсчетному блоку?

8. Какому способу подсчета запасов следует отдать предпочтение для месторождения с крутым залеганием мощных угольных пластов?

9. Какой график необходим при подсчете запасов способом изолиний?

10. За счет чего происходит изменение балансовых запасов? Как и кем ведется их учет?

11. Какие запасы являются подготовленными при открытой добыче угля?

12. Какие запасы готовы к выемке при подземной добыче угля?

13. Расскажите о причинах и местах возникновения эксплуатационных потерь при открытой геотехнологии.

14. Какие потери относят к общешахтным?

15. Что такое разубоживание?

16. Как рассчитывается коэффициент извлечения угля из недр?

17. В чем заключается маркшейдерский контроль оперативного учета добычи?

18. С какой целью выполняют замеры в подготовительных выработках при подземной разработке?

19. Как определяют объем выемки из очистной выработки угольной шахты?

20. Как определяют объемы угля и вскрыши при открытой геотехнологии?

ГЛАВА 5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ И СЪЕМКИ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Виды и назначение маркшейдерских съемок

Маркшейдерской съемкой называется совокупность пространственно-геометрических измерений и вычислений, цель которых:

- получение координат пунктов, закрепленных в горных выработках, и точек, характеризующих форму и условия залегания месторождения, места взятия проб, характеризующих качество полезного ископаемого и процессы, происходящие в недрах;

- графическое изображение рельефа земной поверхности, природных объектов и сооружений на ней;

- графическое изображение горных выработок, проводимых в недрах, формы залегания полезного ископаемого и геометрии размещения его свойств;

- решение различных геометрических задач, возникающих при разведке, строительстве горного предприятия и эксплуатации месторождения.

При производстве маркшейдерских съемок должны быть соблюдены следующие основные принципы:

- съемка должна вестись по принципу «от общего к частному», для этого на земной поверхности и в горных выработках создается сеть плановых и высотных опорных пунктов, на их основе развиваются съемочные сети, от которых производится съемка подробностей (в этом случае происходит наименьшее накопление погрешностей);

- съемочные работы должны выполняться с необходимой точностью, обусловленной запросами горного производства и регламентированной Инструкцией по производству маркшейдерских работ [2];

- все измерения и вычисления должны сопровождаться надежным и объективным контролем.

Маркшейдерские съемки подразделяются на следующие виды:

- съемки горизонтальных сетей (опорные и съемочные сети) на земной поверхности и в подземных и открытых горных выработках;

- съемки вертикальных сетей (опорные и съемочные сети) на земной поверхности и в подземных и открытых горных выработках;

- соединительные съемки (между земной поверхностью и подземными горизонтами, горизонтальные и вертикальные);

- съемки подробностей, в том числе замеры горных выработок.

5.2. Сведения об опорных и съемочных маркшейдерских сетях на земной поверхности

Для производства любой съемки необходимо иметь обоснование, которое представляет собой сеть пунктов с известными координатами x , y , z , закрепленных на местности временно или постоянно.

Маркшейдерские съемки выполняются в более крупных масштабах и охватывают меньшие территории, чем геодезические, территории, как правило, застроенные, поэтому сеть маркшейдерских пунктов должна быть более густой, пункты должны располагаться в местах, обеспечивающих их сохранность и удобство пользования. Плотность пунктов плановой сети должна быть в застроенной части не менее четырех пунктов на 1 км^2 , в незастроенной части – не менее одного пункта на 1 км^2 . Поскольку геодезические сети не обеспечивают такую плотность, производят их сгущение.

Маркшейдерская служба горного предприятия имеет право создавать государственные сети 4 класса, сети сгущения (1 и 2 разряд) и съемочные сети. Методы создания сетей – триангуляция, полигонометрия, трилатерация. Для высотных сетей применяют геометрическое и тригонометрическое нивелирование [2].

Маркшейдерскую съемочную сеть создают на основе опорной сети вставкой отдельных пунктов или цепочек треугольников или прокладкой теодолитных ходов. На пункты тригонометрическим или геометрическим нивелированием передают высотную отметку. Плановое и высотное положение пунктов опорной и съемочной сети можно определять спутниковой аппаратурой.

5.3. Объекты съемки открытых горных работ

Планово-высотная съемка открытых горных выработок, а также других объектов карьера и прилегающей территории осуществляется периодически в целях графического изображения и систематического учета работ, проводимых на горнодобывающем предприятии. При ведении открытых горных работ объектами съемок являются:

– на поверхности: рельеф поверхности, устья разведочных и дренажных скважин, транспортные сооружения, высоковольтные

линии, линии связи, здания и сооружения на промышленной площадке, водоотводные каналы, водоводы, пульповоды, постоянные и временные породные отвалы, склады полезного ископаемого, производительного почвенного слоя, естественные обнажения полезного ископаемого, места взятия проб и др.;

– в горных выработках: верхние и нижние бровки уступов, капитальных и разрезных траншей и съездов, автомобильные и железные дороги, конвейерные линии, трубопроводы, высоковольтные линии, устья и трассы разведочных, взрывных, дренажных скважин и выработок, контакты пород вскрыши и полезного ископаемого, зоны тектонических нарушений, границы опасных зон (очаги пожаров, участки оползней, обрушений, затопленные горные выработки).

Периодичность съемок устанавливают, исходя из производственной необходимости, но не реже одного раза в квартал. Для определения объемов горных и строительных работ в целях оплаты работ за экскавацию и транспортирование горной массы съемку выполняют один раз в месяц.

Съемку карьеров выполняют в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000, внешних отвалов – 1 : 2000 или 1 : 5000. Съемка может быть выполнена ординатным, тахеометрическим способом, наземной или аэрофотосъемкой, с использованием навигационных систем (GNSS), лазерных сканирующих систем.

Съемку земной поверхности производят с целью создания топоосновы для ведения производственно-хозяйственной деятельности горных предприятий тахеометрическим способом или аэрофотосъемкой в масштабе 1 : 500 – 1 : 5000 с высотой сечения рельефа от 0,5 до 2,0 м. Съемка промышленных площадок выполняется в масштабе 1 : 500. Пополнение или обновление планов земной поверхности производят по мере изменения застроенности и рельефа, но не реже одного раза в пять лет [2].

5.4. Способы съемок земной поверхности и объектов открытых горных выработок

Наиболее распространенными в настоящее время способами съемки являются: тахеометрическая; аэрофотосъемка; съемка с использованием навигационных приборов; лазерного сканирования.

Выбор способа съемки и обработки результатов измерений зависит от назначения съемки, точности, периодичности и ряда других факторов.

Тахеометрический способ съемки является универсальным и может применяться в любых условиях. В настоящее время при производстве тахеометрической съемки используют в основном электронные тахеометры, объединяющие в себе возможности нескольких приборов: электронного теодолита, электронного дальномера и компьютера. Прибор снабжен памятью для сохранения результатов полевых измерений. Все результаты измерений (отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругу, измеренное расстояние) и вычислений (горизонтальное проложение, превышение, координаты и др.) высвечиваются на экране. Электронный тахеометр может измерять расстояние до отражателя или до визируемого объекта (безотражательные тахеометры). Накопленные в памяти инструмента данные можно передавать в компьютер для дальнейшей обработки или анализа.

По сравнению с оптическим прибором электронные тахеометры имеют существенные преимущества:

- увеличивается производительность полевых работ и сокращается время на камеральные работы почти вдвое;
- все результаты хранятся в памяти прибора, поэтому можно отказаться от ведения полевого журнала;
- за счет встроенного программного обеспечения многие задачи решаются в полевых условиях;
- повышается безопасность работ в опасных зонах за счет выполнения съемки в безотражательном режиме.

Определять и графически изображать форму, размеры и пространственное положение земной поверхности и объектов, расположенных на ней, позволяет по фотографическим снимкам стереофотограмметрия.

Стереофотограмметрическая съемка – комплекс работ по отображению ситуации на земной поверхности с помощью фотографического изображения. Такая съемка может быть наземной и воздушной.

Аэрофотосъемка выполняется с воздушного судна (самолета, вертолета), управляемого человеком или беспилотным летательным аппаратом (БЛА).

Основными достоинствами этого метода съемки являются исследование объекта дистанционно, что обеспечивает безопасность выполнения полевых работ, высокая производительность, обеспечивающая оперативность решения маркшейдерских и технологических задач. Недостатки: высокая стоимость, зависимость от погодных условий.

С применением воздушной съемки появляется новый источник информации – аэрофотоснимок. Изготовленные из аэрофотоснимков фотопланы и фотосхемы обладают метрическими свойствами, подробно отражают ситуацию на земной поверхности, в том числе состояние работ в карьере на определенную дату и поэтому могут быть эффективно использованы для оперативного планирования и руководства горными работами.

Основная задача маркшейдерской съемки открытых горных работ ежемесячное пополнение маркшейдерских планов. Эта работа привязана к строго определенной дате, при этом план должен быть пополнен в течение не более пяти дней. Поэтому для выполнения работ с такой оперативностью аэрофотосъемку карьеров производят регулярно силами специализированных подразделений.

В настоящее время основным исполнителем аэрофотосъемки по Кемеровской области является ООО «Геоинформация». Эта организация сотрудничает с 83 угольными предприятиями, среди которых такие компании, как «СДС-Уголь», «СУЭК-Кузбасс», «Кузбассразрезуголь», «Южный Кузбасс», «Стройсервис» и др.

Для регулярной съемки участков местности площадью до 10 км² или при периодическом мониторинге ведения открытых горных работ эффективным методом является аэрофотосъемка с использованием легких *беспилотных летательных аппаратов* (БПЛА, беспилотник, дрон) массой менее 10 кг.

В отличие от пилотируемой авиации аппаратам данного класса не требуется специального аэродрома. Достаточным условием для взлета и посадки является открытая площадка размером 50 × 70 м. Технические возможности современных БПЛА-комплексов (фотоаппаратура, системы навигации, управления и связи) обеспечивают большую оперативность получения результата в сравнении со спутниковой съемкой, минимальную зависимость от погодных условий.

При работе с БПЛА от оператора не требуется специальных навыков пилотирования и длительного обучения, благодаря полной автоматизации управления комплексом. Для выполнения регулярной съемки всех объектов горнодобывающего предприятия достаточно одного-двух сотрудников. Производительность комплекса последнего поколения позволяет в течение одного светового дня выполнить аэрофотосъемку площади до 70 км².

Главные минусы способа – большая подверженность влиянию погодных условий, ограничение по высоте полета, грузоподъемности (что не позволяет использовать большую камеру). Зато этот способ достаточно мобилен, в некоторых регионах его широко используют для решения маркшейдерских задач. Однако для решения задач картографирования и определения объемов горных работ при аэрофотосъемке с применением БПЛА необходима высокая точность геодезической привязки фотоматериалов.

Беспилотные летательные аппараты – это передовик производственного прогресса, они постоянно совершенствуются и модернизируются.

Применение современных навигационных приборов GPS-приемников для выполнения съемок объектов открытых горных работ значительно сокращает время и трудоемкость работ. В данном методе вместо привычных неподвижных пунктов государственной геодезической сети используются подвижные спутники, координаты которых можно вычислить на любой интересующий момент времени.

Принцип работы спутникового метода измерения заключается в определении расстояния от GPS-приемника до спутника. Спутниковые измерения возможно производить в нескольких режимах, которые делятся на две группы: статические и кинематические.

Статические методы измерения являются более точными, но и требуют наибольших временных затрат. Время на одном определяемом пункте может колебаться от 30 минут до нескольких часов, в зависимости от необходимой точности и внешних условий. При данной методике измерений все GPS-приемники стоят неподвижно на точках с известными координатами и на определяемых точках. Статические методы измерения обычно используются при создании опорных и съемочных сетей.

Кинематические методы измерения менее точны, чем статические, и используются в основном для производства ситуационной съемки. Время производства измерений на одном определяемом пункте в среднем будет занимать не более минуты. При данной методике измерений один GPS-приемник (базовый) стоит на точке с известными координатами, а второй (ровер) – передвигается от точки к точке. Если на оба приемника, базу и ровер, установить радиомодем или GSM-модем, то появится возможность использовать режим кинематики в реальном времени, который позволяет получить координаты и приращения координат непосредственно в момент измерения с высокой точностью. При этом время стояния приемника на точке занимает несколько секунд.

Преимущества спутниковых методов измерения:

- сокращение времени и трудоемкости производства работ;
- мобильность GPS-измерений;
- возможность производства работ без прямой видимости между GPS-приемниками;
- возможность использования приемников на больших расстояниях (до 30 км).

Наземное лазерное сканирование хорошо себя зарекомендовало на карьерах и разрезах. При составлении проекта съемки определяются места установки сканера (сканпозиции). При этом сам сканер может устанавливаться как на штативе, так и на транспортном средстве.

Прибор не требует центрирования и горизонтирования, как тахеометр. Его привязка к системе координат производится через марки, устанавливаемые на расстоянии 20–30 м от прибора, которые в свою очередь координируются с помощью электронного тахеометра или GPS-ГЛОНСС-приемника. Прилагаемое к сканеру программное обеспечение позволяет «сшивать» облака точек с разных сканпозиций, получая единую модель. Одновременно со сканированием ведется фотосъемка, которая выполняет функцию абриса и дает возможность дешифровать съемку в камеральных условиях. У лазерного сканирования имеются недостатки. Процесс очень зависит от погодных условий. Ему мешают осадки и высокая влажность, низкая облачность и дымка.

Лазерные сканеры нашли свое место и в подземных условиях при съемках:

- вертикальных стволов (взамен их профилирования);
- капитальных горных выработок, включающих их геометрию, состояние рельсового пути и коммуникаций;
- недоступных подземных пространств и др.

Первичная обработка данных наблюдений с помощью электронных тахеометров, GPS-приемников, лазерных сканеров производится в сопутствующем программном обеспечении, таком как Magnet Office Tools (Topcon), Leica Geo Office, Trimble Business Center и т. д.

Вышеуказанные программные средства предоставляют большой выбор опций для работы с результатами измерений, среди которых комплексная обработка данных, импорт и экспорт, двумерная и трехмерная визуализация, формирование документации, работы по преобразованию координат, создание трехмерных цифровых моделей рельефа и др.

5.5. Маркшейдерское обеспечение открытых горных работ

Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ (БВР). При БВР маркшейдерская служба обеспечивает:

- подготовку материалов для составления проекта взрыва, т. е. проведение съемки и составление плана участка взрывания;
- разбивочные работы по вынесению в натуру проектной сетки скважин;
- съемку фактического положения пробуренных скважин с определением их глубины и величины перебура, положения трасс скважин относительно верхней и нижней бровок откоса уступа;
- съемку результата взрывания, составление графической и отчетной документации;
- подсчет объемов взорванной массы и качественную оценку взрыва.

Маркшейдерские работы при проведении траншей. Маркшейдерские работы при проведении выездных и разрезных траншей и съездов включают:

- перенесение в натуру проектной оси, верхней и нижней бровок траншеи, ее поперечных сечений и высотных отметок (профиля почвы выработки);

- контроль правильности проведения выработок по заданному направлению, сечению и высотным отметкам;

- определение подлежащих выемке и фактически вынутых объемов пород.

Для выполнения указанных работ маркшейдер использует следующие проектные материалы: план траншеи, на котором должны быть указаны числовые значения координат X , Y , Z устья (точки врезки) траншеи; дирекционный угол начального направления траншеи; углы поворота и расстояния между ними; радиусы закруглений; высотные отметки почвы траншеи или начальная отметка и руководящий уклон; поперечные сечения траншеи.

Вынос в натуру точки врезки траншеи A производится от ближайших на местности маркшейдерских опорных пунктов. Для этого на плане устанавливают наиболее удобно расположенные опорные пункты I , II (рис. 5.1), координаты которых известны.

Из решения обратной геодезической задачи определяют дирекционный угол направления (α_{I-A}) и расстояние S_{I-A} :

$$\operatorname{tg} \alpha_{I-A} = \frac{Y_A - Y_I}{X_A - X_I}; \quad (5.1)$$

$$S_{I-A} = \sqrt{(Y_A - Y_I)^2 + (X_A - X_I)^2}. \quad (5.2)$$

По разности дирекционных углов α_{I-A} и α_{I-II} определяют угол поворота β_I для выноса в натуру точки A полярным способом (рис. 5.1).

$$\beta_I = \alpha_{I-A} + 360^\circ - \alpha_{I-II}. \quad (5.3)$$

После закрепления точки A на местности в натуру выносят начальное направление траншеи $A-B$, дирекционный угол которого (α_{A-B}) задан в проекте. Для этого вычисляют угол поворота β_A аналогично углу β_I .

Для задания направления в горизонтальной и вертикальной плоскостях (с учетом уклона подошвы траншеи) для проведения участка траншеи AC составляют схемы (рис. 5.2, рис. 5.3).

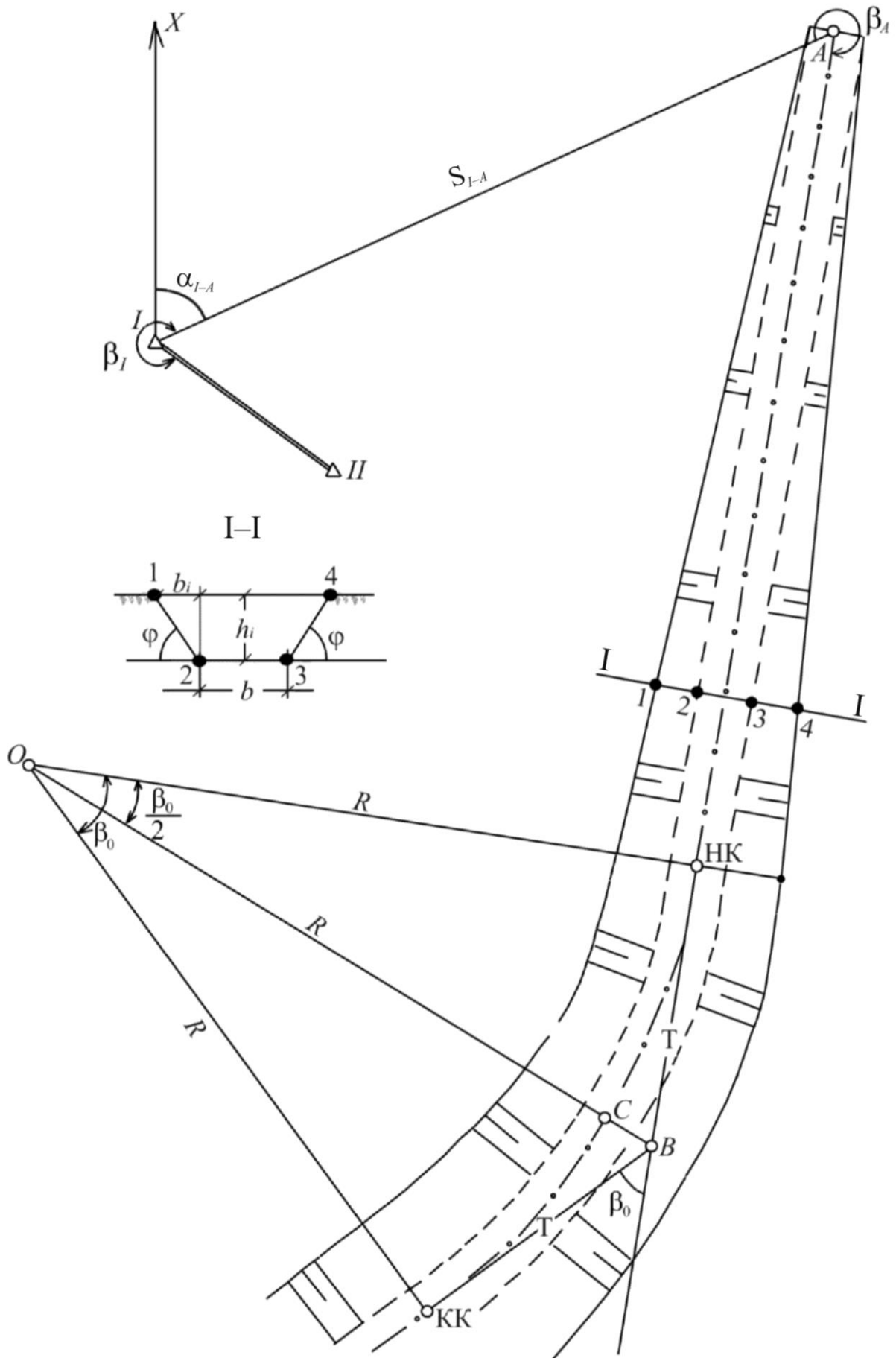


Рис. 5.1. План-проект траншеи

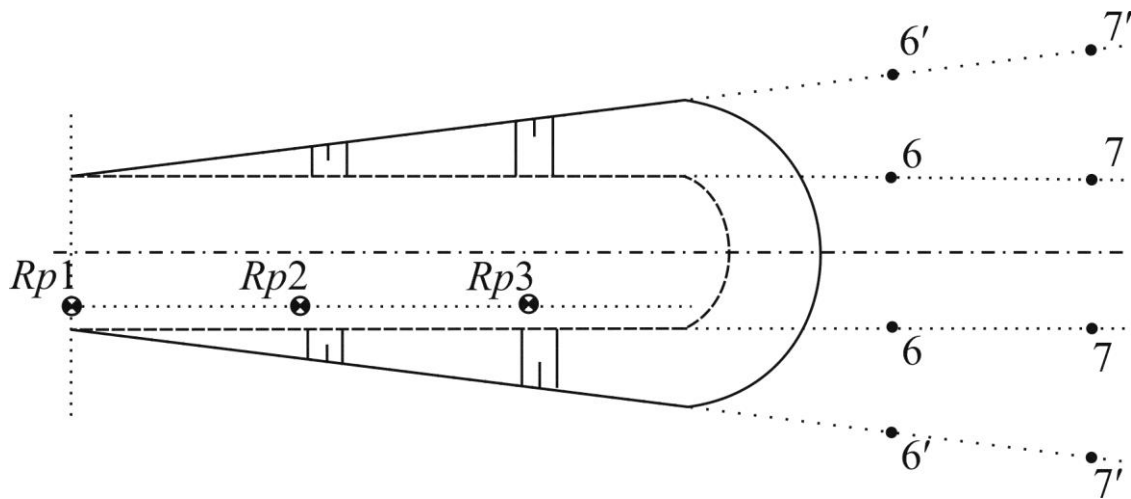


Рис. 5.2. Задание направления траншеи в плане

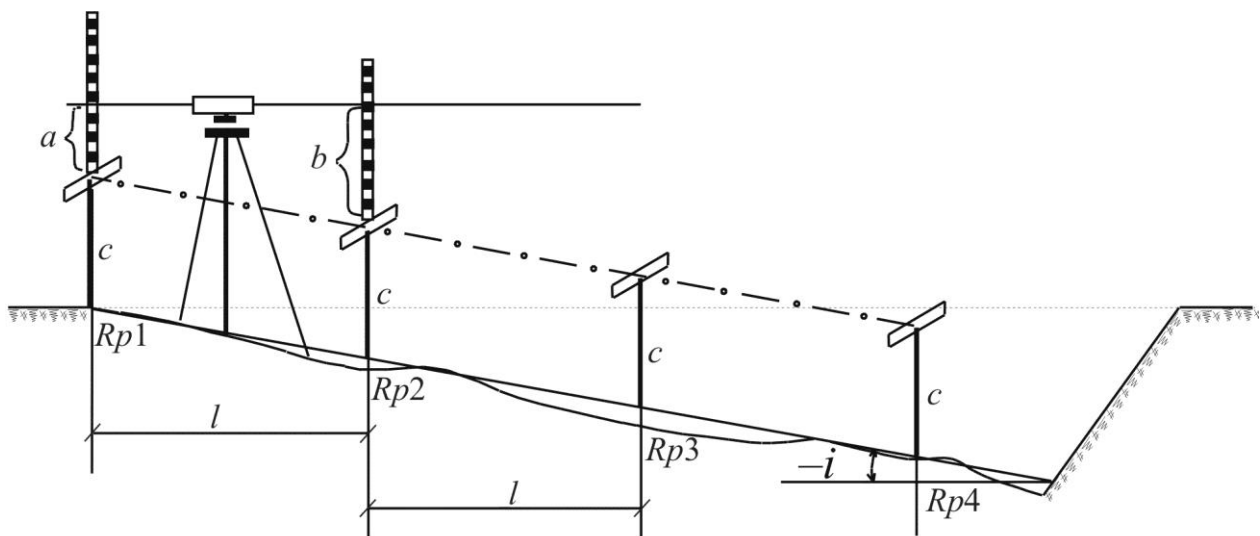


Рис. 5.3. Задание уклона подошве траншеи

Зная расстояния между вершинами углов поворота траншеи и углы поворота, полярным способом или способом проектного полигона выносят в натуру и закрепляют на местности все характерные точки траншеи (см. рис. 5.1) – начало (НК), конец (КК) и точки поворота траншеи (С). В местах поворота трассы ось ее должна проходить по круговой кривой, заданной в проекте углом поворота трассы β_0 и радиусом закругления R .

После разбивки продольной оси траншеи проводят нивелировку по пикетам через 20 или 50 м, а также детальную тахеометрическую съемку всей полосы, захватываемую траншеей, или поперечную нивелировку.

По данным нивелирования и съемки составляют рабочий проект – план и поперечные сечения траншеи.

Высотные отметки почвы траншеи задают вслед подвиганию забоя грунтовыми реперами через 20–30 м. В целях удобства пользования реперами их следует располагать с некоторым смещением относительно оси траншеи по линии хода одной из гусениц экскаватора.

Реперы выставляют с помощью нивелира таким образом, чтобы плоскость, проходящая через верхние торцы Т-образных визирок, была параллельна проектному положению подошвы траншеи и отстояла от нее на постоянную величину c (рис. 5.3). Величину скобы c обычно принимают равной 1 м или высоте гусеницы экскаватора. При выставлении реперов последующий (передний) отсчет по рейке, установленной на репере $Rp2$, относительно предыдущего (заднего) на $Rp1$ должен быть равен

$$b = a - l_i, \quad (5.4)$$

где a – отсчет по рейке, установленной на заднем репере; l – расстояние между реперами, м; i – заданный уклон (–), подъем (+).

Репер углубляют до тех пор, пока отсчет по рейке, установленной на нем, не будет равен вычисленному отсчету b .

Объем земляных работ при проходке участка траншеи AC без учета откоса со стороны забоя в точке C может быть вычислен по формуле

$$V = h_C S_{A-C} \left(\frac{b}{2} + \frac{1}{3} h_C \operatorname{ctg} \varphi \right), \quad (5.5)$$

где b – ширина подошвы траншеи, м; φ – угол откоса бортов траншеи, град; h_C – глубина траншеи в точке C , м.

$$h_C = S_{A-C} i, \quad (5.6)$$

где i – уклон траншеи; S_{A-C} – длина участка траншеи, м.

$$S_{A-C} = S_{A-B} + \frac{\pi R}{2} \frac{\beta_0}{180} - T, \quad (5.7)$$

где β_0 – угол поворота трассы, град; T – тангенс кривой, м.

Маркшейдерские работы при проведении транспортных путей и коммуникаций. При строительстве и эксплуатации карьеров маркшейдеру приходится осуществлять разбивку различных транспортных путей (железнодорожных, автомобильных, конвейерных) и коммуникаций (промышленных трубопроводов, кабелей, высоковольтных линий). Основными исходными проектными материалами, на основе которых производится разбивка трассы вышеназванных объектов, являются:

– план трассы с координатами точек примыкания ее оси, дирекционного угла начального направления, расстояния между вершинами углов поворота, углы поворота и радиусы сопрягающих кривых;

– продольный и поперечный профили трассы с указанием фактических и проектных отметок, а также проектных уклонов и др.

Вынос в натуру точки примыкания и оси трассы осуществляют полярным способом, геодезическими засечками или способом проектного полигона, т. е. последовательно откладывая на местности проектные углы поворота и длины линий, как было рассмотрено ранее при выносе в натуру оси траншеи. Элементы криволинейных участков пути определяют по известному углу поворота трассы β_0 и заданному радиусу закругления R .

Разбивка круговой кривой состоит из двух этапов: разбивка главных точек и детальная разбивка кривой. К главным точкам кривой относятся: начало кривой НК, середина кривой C и конец кривой КК. Для выноса в натуру точек НК и КК (рис. 5.4, *a*) необходимо из вершины поворота трассы точки B по направлению сторон угла поворота отложить отрезки, так называемые тангенсы кривой – T , определяемые по формуле

$$T = R \operatorname{tg}(\beta_0 / 2), \quad (5.8)$$

где R – радиус закругления кривой; β_0 – угол поворота трассы в точке B .

Середину кривой – точку C выносят в натуру путем откладывания из вершины поворота точки B по биссектрисе центрального угла расстояния $BC = Б$, называемого биссектрисой кривой, которая определяется по формуле

$$Б = R \left(\sec \frac{\beta_0}{2} - 1 \right). \quad (5.9)$$

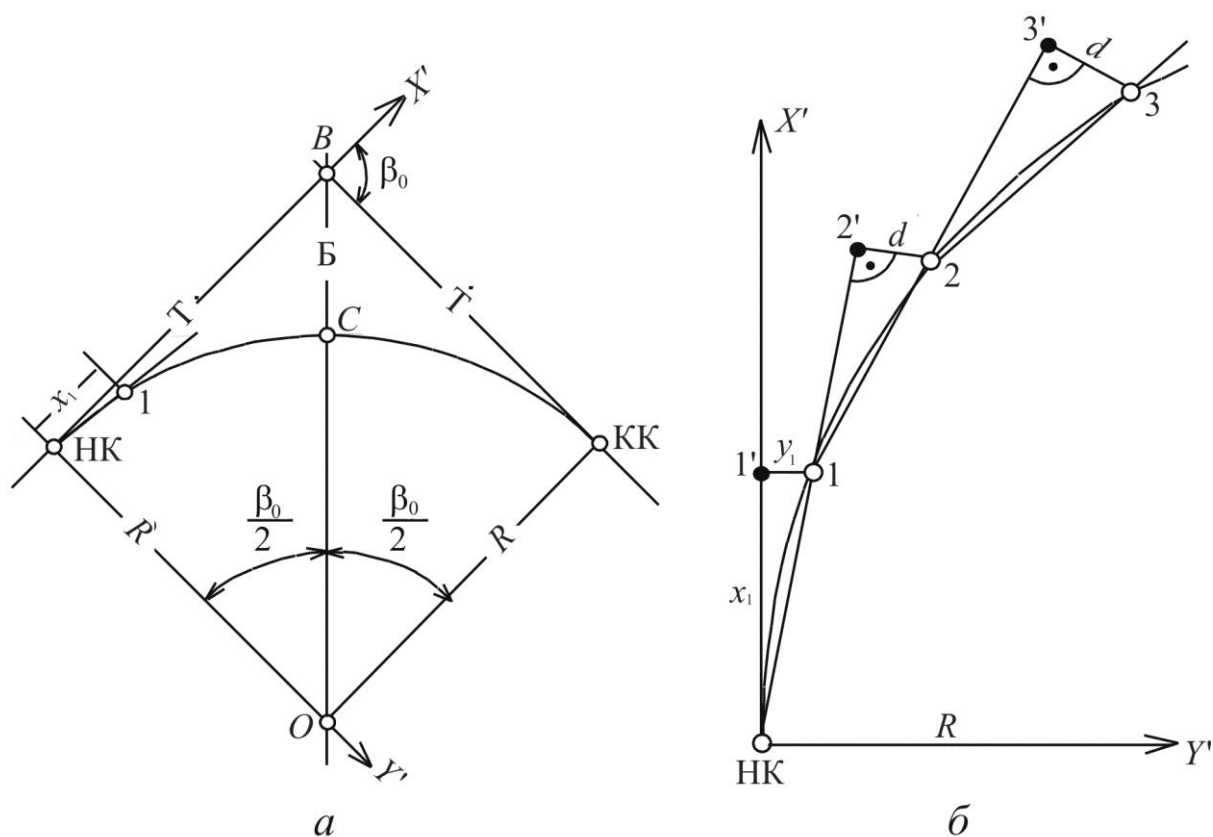


Рис. 5.4. Разбивка круговой кривой:
а – разбивка главных точек кривой;
б – детальная разбивка кривой способом продолженных хорд

Детальная разбивка кривой может быть выполнена способом продолженных хорд (рис. 5.4, *б*). Разбивка производится отдельно от начала (НК) и конца кривой (КК) до середины (С) кривой. Расстояние между точками детальной разбивки кривой l принимают равным 10 м или 20 м. Первую точку детальной разбивки кривой (1) выносят способом координат, при этом принимают

$$x_1 = l; \quad y_1 = l^2 / (2R). \quad (5.10)$$

Для выноса точки 2 необходимо через НК провести хорду НК–1 и на продолжении этой хорды от точки 1 отложить отрезок l – получают точку 2'. Из точки 2' перпендикулярно хорде откладывают отрезок $d = l^2 / R$ – получают точку 2. Построение остальных точек производят аналогично.

Маркшейдерские работы при формировании породных отвалов включают:

- расчет приемной способности и фронта разгрузки породных отвалов;
- трассирование, разбивка и профилирование транспортных путей;
- планово-высотная съемка;
- наблюдения за деформациями породных отвалов;
- определение мощности и объемов удаляемого почвенного слоя на площадях, отведенных под внешние отвалы, и определение объемов работ по складированию вскрышных пород в отвалы.

Маркшейдерскую съемку как внутренних, так и внешних отвалов проводят на основе существующей опорной маркшейдерской сети пунктов карьера. Элементами съемки породных отвалов являются верхние и нижние бровки отвальных уступов (ярусов), поверхность отвалов, железнодорожные пути и стрелочные переводы или автомобильные дороги, а также деформированные участки отвалов (оползни, оплывины, просадки и др.). Съемку породных отвалов можно производить теми же способами, что и съемку уступов: тахеометрическим, ординатным, наземным стереофотограмметрическим, аэрофотограмметрическим, а также способом лазерного сканирования. Для съемки отвалов возможно использование GPS-приемников.

На породных отвалах не реже двух раз в год производят нивелирование железнодорожных путей, а при автомобильном транспорте – дорог. Профиль железнодорожных путей на отвалах проверяют техническим нивелированием.

Маркшейдерские работы при рекультивации земель. Выполнение работ по рекультивации маркшейдерская служба обеспечивает на стадиях проектирования, эксплуатации и консервации (ликвидации) горных предприятий.

До начала рекультивации выполняют съемку нарушенных площадей земной поверхности с целью составления проектных чертежей по выполнению технического этапа рекультивации.

На этапе реализации проектных решений съемку выполняют для составления графического материала, а также определения объемов выполненных работ по рекультивации на этапе грубой и чистой планировки поверхности.

После завершения работ по рекультивации маркшейдерская съемка обеспечивает контроль исполнения проектных решений и составление графических материалов рекультивированной территории.

Съемочные работы выполняют теми же способами (тахеометрический, ординатный, аэрофотосъемка, лазерное сканирование, GPS-съемка), которые применяют при ведении открытых горных работ.

Вопросы для самопроверки

1. Основные принципы маркшейдерских съемок.
2. С какой целью выполняют маркшейдерские съемки?
3. Что представляют собой опорные маркшейдерские сети?
4. Перечислите объекты съемки при ведении открытых горных работ.
5. С какой периодичностью производят съемку земной поверхности горных отводов добывающих предприятий? Масштабы съемок.
6. В чем достоинства аэрофотосъемки? В чем недостатки?
7. В чем заключается универсальность тахеометрической съемки? Какими маркшейдерскими и геодезическими инструментами она выполняется?
8. Что в современных условиях препятствует применению беспилотных летательных аппаратов при маркшейдерских съемках?
9. Возможно ли применение лазерных сканеров при ведении подземных горных работ?
10. Какие виды работ выполняет маркшейдер при буровзрывных работах на карьерах?
11. Как выполняют вынос в натуру точки врезки траншеи?
12. Как задается направление траншеи в вертикальной плоскости?
13. Что является элементами съемки породных отвалов?
14. Какие виды работ выполняет маркшейдер при рекультивации земель?
15. Назовите известные вам способы съемок объектов открытых горных выработок.

ГЛАВА 6. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

6.1. Горизонтальные соединительные съемки

Съемки земной поверхности и съемки подземных горных выработок выполняют в одной системе координат. Это позволяет по планам и разрезам, на которых нанесены поверхность и выработки, решать различные инженерные задачи.

Для того чтобы съемка подземных выработок производилась в системе координат, принятой на поверхности, необходимо на исходные пункты подземной опорной сети, заложенные в выработках, имеющих выход на поверхность, передать с пунктов поверхности координаты и дирекционный угол.

Съемка, в результате которой определяют координаты пункта и дирекционный угол стороны подземной сети, называется *ориентирно-соединительной съемкой* или ориентировкой. Передача координат называется центрированием, а передача дирекционного угла – ориентированием подземной сети.

Передачу плановых координат при геометрических способах ориентирования производят совместно с передачей дирекционного угла, при физических – отдельно.

Геометрическое ориентирование может выполняться:

- через любую выработку, имеющую выход на поверхность (штольню или наклонный ствол), прокладыванием полигонометрического хода с поверхности на ориентируемый горизонт;
- один вертикальный ствол;
- два вертикальных ствола.

К физическим способам относится гироскопическое ориентирование.

При геометрическом ориентировании через один вертикальный шахтный ствол ствол перекрывают предохранительным полком и опускают до ориентируемого горизонта два отвеса A и B так, чтобы они не касались элементов армировки ствола и образовывали с подходным пунктом C треугольник, по возможности, вытянутой формы ($\alpha \leq 178^\circ$, $\beta \geq 2^\circ$, $a / c \leq 3$). На ориентируемом горизонте отвесы A и B также должны образовывать с пунктом C' треугольник вытянутой формы (рис. 6.1).

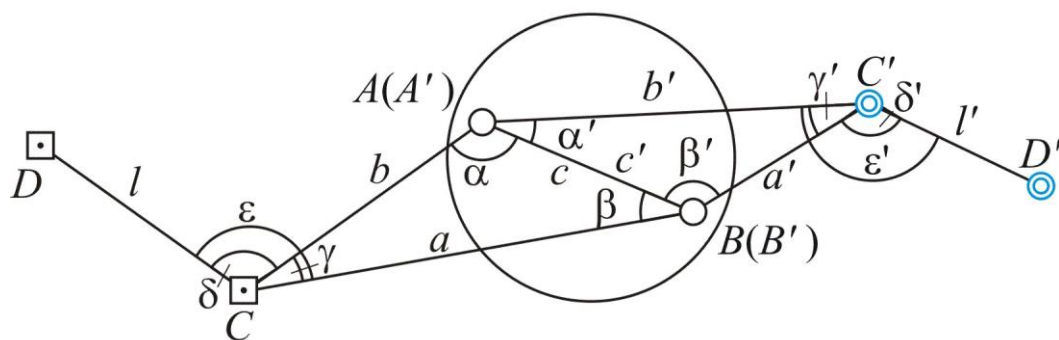


Рис. 6.1. Схема ориентирования через один вертикальный ствол с примыканием способом соединительного треугольника

Можно считать, что координаты каждого отвеса на ориентируемом горизонте равны его координатам на поверхности, дирекционный угол створа отвесов с глубиной также не меняется. Поэтому необходимо примкнуть к створу отвесов на поверхности, чтобы передать на него дирекционный угол, затем примкнуть на ориентируемом горизонте, чтобы передать дирекционный угол со створа отвесов на выходную сторону.

Примыкание производится способом треугольника. В натуре измеряют три стороны a , b , c треугольника, угол γ , примычный угол δ , а также для контроля угол ϵ . Аналогичные измерения производят на ориентируемом горизонте – a' , b' , c' , γ' , δ' , ϵ' .

Углы при отвесах вычисляют по формулам

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma; \quad \sin \alpha' = \frac{a'}{c'} \sin \gamma'; \quad \sin \beta' = \frac{b'}{c'} \sin \gamma'. \quad (6.1)$$

Теперь в полигонах $D-C-B-A-C'-D'$ и $D-C-A-B-C'-D'$ имеются координаты точки C , дирекционный угол (DC) , все углы и длины, необходимые для вычисления координат точки C' и дирекционного угла $(C'D')$. Вычисляют оба указанных полигона (один для контроля). Из двух полученных значений за окончательный результат принимают среднеарифметическое.

Ориентирование через два ствола более надежно, чем через один ствол. В каждый ствол опускают по одному отвесу, между ними прокладывают полигонометрические ходы $A-I-II-B$ на поверхности и $A-1-2-3-4-5-6-B$ в горных выработках (рис. 6.2).

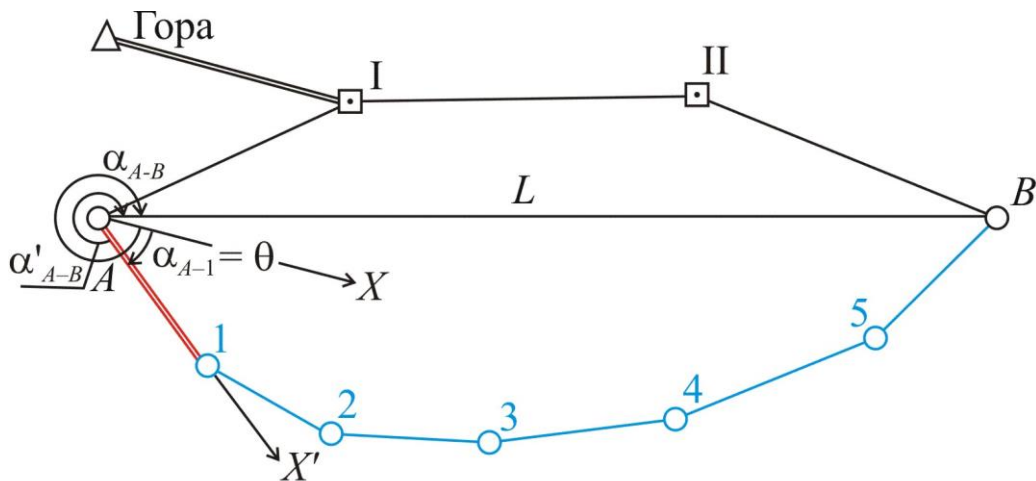


Рис. 6.2. Схема ориентирования через два вертикальных ствола

Из полигона на поверхности определяют координаты отвесов. По ним решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционный угол створа отвесов (α_{A-B}).

Для подземного полигона принимают условную систему координат ($x_{A'} = 0$; $y_{A'} = 0$; $\alpha_{A-1}' = 0$). Вычислив условные координаты отвеса B , находят решением обратной геодезической задачи значение α'_{A-B} . Разность $(\alpha_{A-B} - \alpha'_{A-B}) = \theta$ дает угловую поправку, которую надо ввести в условные дирекционные углы всех сторон подземного полигона, чтобы получить истинные дирекционные углы.

Перевычисляя подземный полигон в истинной системе, получают истинные координаты всех его пунктов.

Гироскопическое ориентирование позволяет ориентировать любую сторону подземного полигона, независимо от удаленности ее от стволов. Ориентирование производят гиротеодолитом (гирокомпасом) – инструментом, соединяющим в своей конструкции угломерное приспособление с гироблоком. Гироблок позволяет ориентировать угломерное приспособление по направлению географического (истинного) меридиана.

Ориентирование любой стороны $C'-D'$ подземного полигона производят таким образом (рис. 6.3).

Выбирают на поверхности какое-либо направление $C-D$ с известным дирекционным углом α_0 . После установки гиротеодолита на пункте C определяют гироскопический азимут A_0 направления $C-D$. Разность $\alpha_0 - A_0 = \theta$ используют как угловую поправку. После установки гиротеодолита на точке C' определяют гироскопический азимут A направления $C'-D'$.

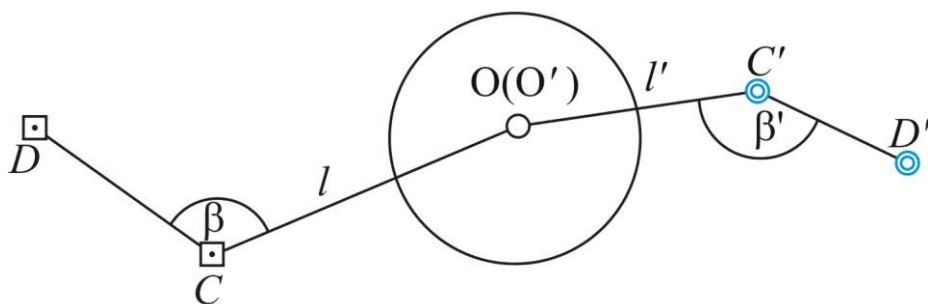


Рис. 6.3. Схема передачи координат через вертикальный ствол

Введя в него поправку θ , вычисляют дирекционный угол α направления $C'-D'$: $\alpha = A + \theta$. После этого для контроля вновь определяют величину θ на пункте C . Для контроля определяют два дирекционных угла – $(C'-D')$ и $(D'-C')$.

В результате гироскопического ориентирования в горную выработку передают лишь дирекционный угол. Для определения плановых координат пункта C' на ориентированном горизонте в ствол шахты опускают отвес O (см. рис. 6.3).

На земной поверхности определяют координаты отвеса x_O, y_O . В шахте, измерив расстояние l' и примычный угол β' , определяют вначале дирекционный угол стороны $C'-D'$ гироскопическим способом, а затем вычисляют координаты пункта C' по формулам

$$\begin{aligned} x_{C'} &= x_O + l' \cos \alpha_{C'D'}; \\ y_{C'} &= y_O + l' \sin \alpha_{C'D'}. \end{aligned} \quad (6.2)$$

Независимо от того, каким способом произведено ориентирование (геометрическим, гироскопическим), разность между значениями дирекционного угла одной и той же стороны, полученными из двух независимых ориентирований, не должна быть более $3'$.

6.2. Вертикальные соединительные съемки

Передачу высот в подземные горные выработки производят через горизонтальные горные выработки – геометрическим, через наклонные – тригонометрическим нивелированием, через вертикальные выработки – при помощи проволоки, рулетки или длиннымера. При любой передаче высотной отметки в шахту превышение между поверхностным и подземным реперами определяют дважды.

Допустимое расхождение между двумя независимыми передачами высот по вертикальным выработкам в соответствии с инструкцией не должно превышать

$$\Delta h = 0,0003H, \text{ м} \quad (6.3)$$

где H – глубина шахтного ствола, м.

При передаче высотной отметки через вертикальную выработку отметку репера в шахте (рис. 6.4) определяют по формуле

$$Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} - (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}) - (a_{\text{п}} - a_{\text{ш}}), \quad (6.4)$$

где $N_{\text{п}}, N_{\text{ш}}, a_{\text{п}}, a_{\text{ш}}$ – отсчеты по рулетке и рейке соответственно на поверхности и в шахте; $Z_{\text{ш}}, Z_{\text{п}}$ – отметка репера в шахте и на поверхности.

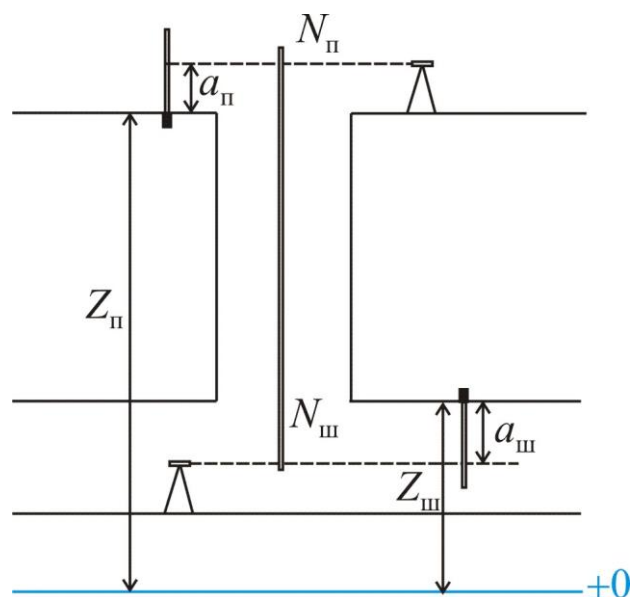


Рис. 6.4. Схема передачи высот рулеткой

6.3. Горизонтальные опорные и съемочные сети. Съемка подробностей

По точности угловых и линейных измерений подземные маркшейдерские сети делятся на опорные и съемочные. Основой для развития съемочных сетей являются опорные сети, основой для развития опорных подземных сетей – опорные маркшейдерские сети на земной поверхности. Первые пункты опорной сети закладывают в выработках околоствольного двора, затем – во всех вскрывающих и подготовительных выработках по мере их проведения.

Опорная сеть состоит из постоянных и временных пунктов. Постоянные пункты закладывают в устойчивых вмещающих породах группами (не менее трех в группе). Расстояние между группами 300–500 м. Передачу координат от пунктов одной группы к другой производят прокладыванием полигонометрических ходов. Вершины ходов закрепляют временными пунктами, не требующими длительного сохранения.

Наиболее существенными отличиями подземной полигонометрии от наземной являются:

- преобладающее закрепление пунктов в кровле выработок (теодолит в таком случае центрируют не над, а под точкой);
- запыленность и загазованность шахтной атмосферы;
- плохая освещенность; стесненность рабочего пространства;
- помехи во время работы транспорта и выполнения различных технологических процессов (взрывания, проветривания, погрузки и т. д.);
- повышенные требования к надежности съемки, так как на основании ее результатов решают различные горнотехнические задачи.

Углы в опорных сетях измеряются со средней квадратической погрешностью не более 20", длина сторон – с относительной погрешностью 1 : 3000.

Для того чтобы не накапливались угловые погрешности, примерно каждую двадцатую сторону полигонов ориентируют гироскопическим способом.

Углы измеряют теодолитами (можно технической точности). Горизонтальные левые по ходу углы измеряют способом приемов или повторений. Прежде чем измерить новый угол, устанавливают теодолит в вершине последнего измеренного ранее угла и измеряют его вновь, чтобы убедиться в неизменности положения закрепленных ранее пунктов.

Измерение длин линий производят металлическими 30- или 50-метровыми рулетками на весу с натяжением от руки. Если измеряемая длина больше длины рулетки, то ее предварительно проверяют промежуточными отвесами. Каждый интервал измеряют дважды со смещением рулетки на 5–10 см. Всю линию измеряют в прямом и обратном направлениях. Угол наклона каждой стороны хода измеряют теодолитом дважды.

Все чаще в шахтах и рудниках применяют электронные тахеометры, позволяющие измерять горизонтальные и вертикальные углы, длины сторон и вычислять координаты x , y , z пунктов стояния инструмента. На угольных шахтах Кузбасса используют только приборы во взрывобезопасном исполнении. Электронный тахеометр, отвечающий этому условию, – взрывозащищенный тахеометр Leica FlexLine TS06plus позволяет измерять углы и длины с погрешностями соответственно 5" и $(1,5 + 2D^{-6})$ мм на отражатель (где D – длина стороны в миллиметрах).

Камеральную обработку хода производят так же как наземного в геодезии. Поскольку измерены левые по ходу углы, то дирекционный угол последующей стороны α_n вычисляют по дирекционному углу предыдущей стороны α_{n-1} и углу поворота β_i по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_i \pm 180^\circ. \quad (6.5)$$

Плановые координаты i -го пункта определяют по формулам

$$x_i = x_{i-1} + l_n \cos \alpha_n; \quad y_i = y_{i-1} + l_n \sin \alpha_n, \quad (6.6)$$

где l_n – горизонтальное проложение измеренной наклонной длины L ; x_{i-1} , y_{i-1} – координаты предыдущего пункта хода.

6.4. Вертикальные сети и съемки

Для определения высотных отметок маркшейдерских пунктов выполняют тригонометрическое нивелирование, обычно совместно с прокладыванием полигонометрического хода. Для этого измеряют вертикальный угол δ и наклонное расстояние между двумя пунктами L , а также расстояния от центров пунктов соответственно до оси вращения теодолита и точки визирования (высоту инструмента i и высоту визирования сигнала v). При расположении пункта в кровле величинам i , v приписывают знак «–».

Превышение между пунктами определяют по формуле

$$h = L \sin \delta + i - v. \quad (6.7)$$

Висячие ходы тригонометрического нивелирования прокладывают дважды – в прямом и обратном направлениях, допустимую невязку в этом случае рассчитывают по формуле $100\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км.

Тригонометрическое нивелирование выполняют по выработкам, имеющим угол наклона более 5° .

В выработках с углами наклона до 5° выполняют геометрическое нивелирование с помощью нивелиров технической точности. Нивелирование производят «из середины», рейку подставляют к центру нулем независимо от расположения его в почве или в кровле. Если пункт расположен в кровле, отсчет считается отрицательным. Превышение определяют по формуле

$$h = a - b, \quad (6.8)$$

где a – отсчет по задней рейке; b – отсчет по передней рейке.

Невязки ходов геометрического нивелирования допускаются не более $50\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км.

Съемочные сети являются основой для съемки горных выработок и состоят из теодолитных ходов, прокладываемых для съемки подготовительных выработок. Теодолитные ходы опираются на пункты опорной сети. Углы и длины измеряются соответственно с погрешностями $40''$ и $1 : 1000$. Высоты передают тригонометрическим нивелированием одновременно с проложением теодолитных ходов. Допустимая невязка хода в миллиметрах – $120\sqrt{L}$, где L – длина хода, км.

Подземные маркшейдерские съемки. Подземные маркшейдерские съемки производят для того, чтобы установить пространственное положение объектов съемки и нанести их на планы, профили, разрезы.

Объектами съемки являются:

- все горные выработки – подготовительные и очистные, разведочные, гидрогеологические, технические скважины, камеры, транспортные пути;

- целики полезного ископаемого, оставляемые у подготовительных выработок и под охраняемыми объектами, бутовые полосы, границы закладки;

- перемычки;

- водоотливные и вентиляционные устройства;

- места горных ударов, внезапных выбросов газа или пыли; места пожаров, суффлярных выделений газа, прорыва воды, плывунов, купола вывалов.

Съемка горных выработок для пополнения планов должна проводиться не реже одного раза в месяц.

Съемку подробностей выполняют одновременно с прокладкой теодолитных ходов. Ее проводят ординатным способом: положение любой пикетной (съемочной) точки определяют измерением двух длин: ординаты (перпендикуляра, опущенного из этой точки на сторону хода) и абсциссы (отрезка стороны хода от основания перпендикуляра до ближайшего пункта хода).

Таким образом, фиксируют места сопряжения данной выработки с другими, места изменения сечения или вида крепи выработки, проявления различных геологических особенностей, места отбора проб и т. д. Длины измеряют рулеткой, беря отсчеты с точностью до 5 см, перпендикуляры восстанавливают на глаз. Все объекты зарисовывают в полевой книжке и снабжают пространственными привязками.

Пополнение графической документации производят в такой последовательности: по координатам наносят на план пункты полигонометрического хода; откладывают от каждого пункта вправо и влево измеренные расстояния, намечают стенки выработки; соединяя эти точки, чертят выработку; наносят подробности, используя схемы и привязки.

Объектами высотной съемки являются почва и кровля выработок, рельсовые пути, элементы оборудования и геологического строения месторождения.

Маркшейдерская служба не реже одного раза в год производит *нивелирование откаточных путей* в каждой поддерживаемой выработке.

Полевые работы выполняют в такой последовательности: разбивка пикетажа через 10 или 20 м, измерение превышений между связующими точками, нивелирование промежуточных точек (пикетов).

При нивелировании рейку устанавливают на рельс и к кровле выработки напротив размеченных пикетов (ПК). Нивелир устанавливают примерно посередине между связующими точками, берут отсчеты по черным и красным сторонам реек, вычисляют превышения. При расхождении в превышениях по черной и красной сторонам не более 5 см нивелируют промежуточные пикеты, беря отсчеты только по черной стороне реек.

При камеральной обработке вычисляют отметки всех пикетов и вычерчивают профиль рельсовых путей.

Вертикальный масштаб принимают в 10 раз крупнее горизонтального. Красной тушью показывают линию проектного профиля (рис. 6.5).

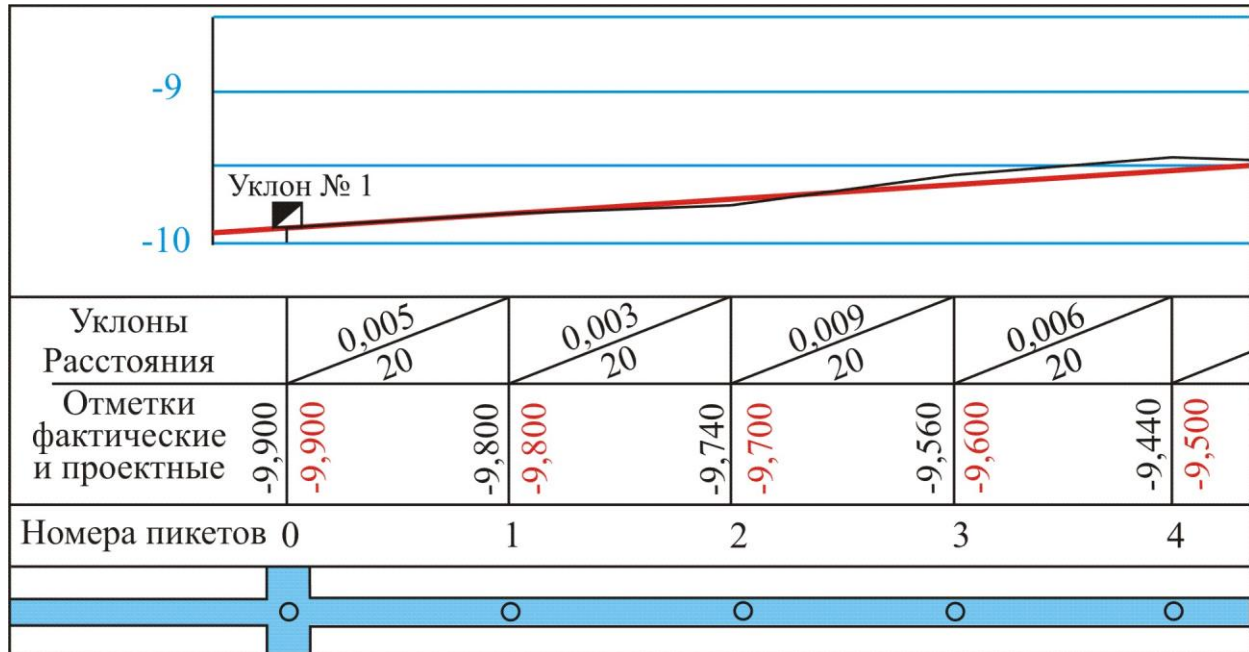


Рис. 6.5. Фрагмент профиля откаточных путей горной выработки

6.5. Маркшейдерские работы при проведении горных выработок

Определение и вынесение в натуру места заложения горной выработки. Выработка, проводимая с земной поверхности (ствол, шурф, скважина), задается координатами центра ее устья. Для вынесения его в натуру используют полярный метод, угловую или линейную засечку. Если ближайшие пункты опорной сети находятся на значительном расстоянии, то на плане проектируют полигон к устью выработки, прокладывают полигон в натуре и с его последнего пункта полярным способом выносят центр выработки.

Подземная выработка задается из другой выработки. Например, пусть в штреке надо определить место заложения ходка, который в соответствии с планом развития горных работ должен быть на расстоянии L от уклона. На плане (рис. 6.6, а) на расстоянии L от уклона наносят ходок, определяют расстояние l , задавая тем самым центр устья.

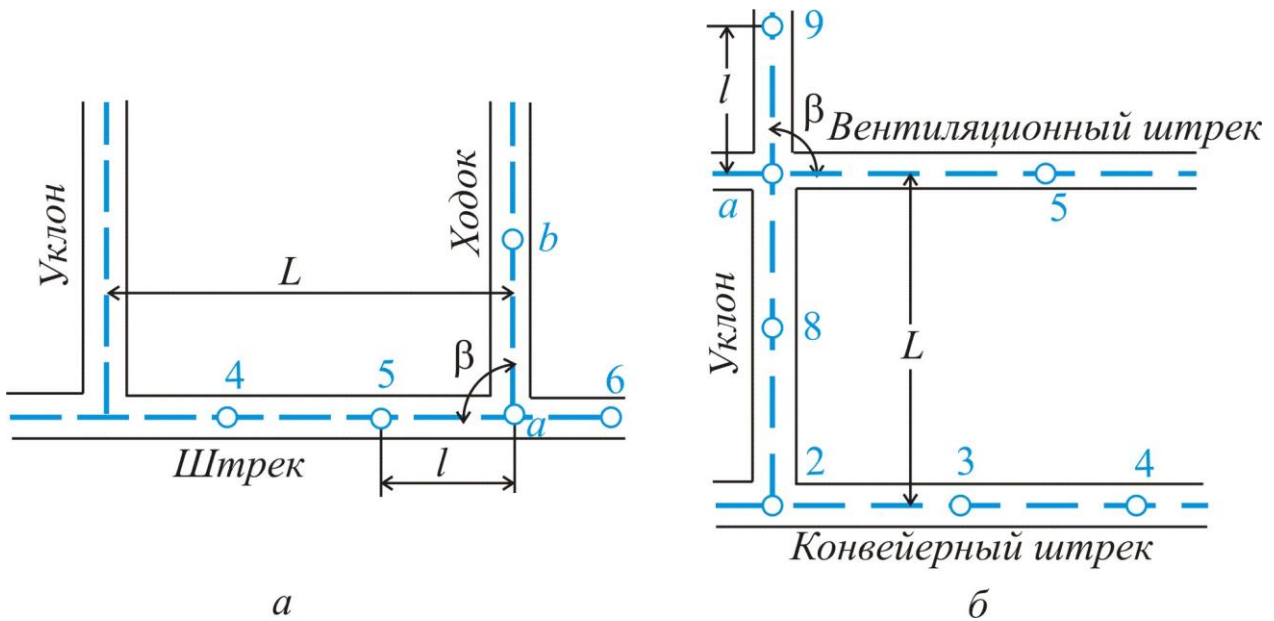


Рис. 6.6. Вынесение в натуру устья подземной выработки:
а – из горизонтальной; *б* – из наклонной

При определении места заложения выработки из наклонной выработки (рис. 6.6, *б*) необходимо учитывать угол падения пласта.

Если вентиляционный штрек находится на расстоянии L от конвейерного, тогда определяют проекцию L расстояния L' :

$$L = L' \cos \delta, \quad (6.9)$$

где δ – угол падения пласта.

По горизонтальному расстоянию L наносят на план вентиляционный штрек и графически определяют расстояние l от ближайшей маркшейдерской точки 9 до устья штрека. В точке 9 устанавливают теодолит, его трубу устанавливают под углом δ к горизонту и по направлению визирного луча от точки 9 к точке 8 отмеряют наклонное расстояние l' , вычисляемое из выражения

$$l' = l / \cos \delta. \quad (6.10)$$

Задание направления выработкам. Выработкам может задаваться направление в горизонтальной и вертикальных плоскостях. Для закрепления направления необходимо, чтобы выработка была пройдена на несколько метров. Это нужно, чтобы разместить отвесы или указатель направления. Поэтому при вынесении устья выработки направление ей задают упрощенными способами. Направление закрепляют двумя отвесами.

Направление в вертикальной плоскости – ватерпасом. Направление в горизонтальной плоскости задают теодолитом.

Для того чтобы задать направление выработке, необходимо иметь проектный дирекционный угол оси выработки и расположенные поблизости пункты опорной или съемочной сети.

После установки теодолита в точке a (см. рис. 6.6) откладывают от направления $a-5$ угол β , который вычисляют по разности дирекционных углов выработок:

$$\beta = \alpha_{(a-b)} - \alpha_{(a-5)}. \quad (6.11)$$

Отложив угол β , в створе визирного луча на расстоянии 5–6 м от теодолита закрепляют отвес b . После измерения полным приемом угла $5-a-b$ убеждаются в том, что он равен углу β (когда не равен, подбивают отвес в ту или иную сторону), и в створе ba на расстоянии 1–1,5 м от точки b в направлении точки a закрепляют еще два отвеса через 1–1,5 м. Повесив отвесы, убеждаются, что все они лежат в одной плоскости, проходящей через проектную ось выработки. Направление задано и закреплено.

Проверку положения забоя относительно заданного направления производят два человека. Один подставляет лампу к верхняку ближней к забою рамы и направляет ее луч к отвесам, второй, стоя у дальнего (от забоя) отвеса, освещает створ отвесов и указывает первому, куда нужно передвинуть его лампу, чтобы она попала в створ отвесов. Когда лампа попадает в створ отвесов, от нее измеряют расстояния вправо и влево до стенок выработки.

Отвесы, обозначающие направление, могут быть простыми шнуровыми, грузом которых могут служить даже куски породы, или светящимися. Имеются лазерные указатели, которые используются при проведении прямолинейных выработок большой протяженности. Удаление от забоя шнуровых отвесов, указывающих направление, не должно быть более 40 м, светящихся – 80 м, лазерных – 300 м.

Направление в вертикальной плоскости, т. е. уклон или угол наклона выработки, задают ватерпасом, боковыми или осевыми реперами.

Проходческий ватерпас (рис. 6.7) является приспособлением для настилки рельсовых путей под заданным уклоном.

По его длине l и высоте меньшей колодки h_1 можно определить длину большей колодки h_2 так, чтобы соблюдался проектный уклон выработки:

$$i = (h_1 - h_2)l, \quad (6.12)$$

тогда

$$h_1 = h_2 + il. \quad (6.13)$$

Во время настилки путей ватерпас устанавливают на рельс, поднимают или опускают ближний к забою конец рельса до тех пор, пока отвес ватерпаса совпадет с нанесенной на его стойке риску.

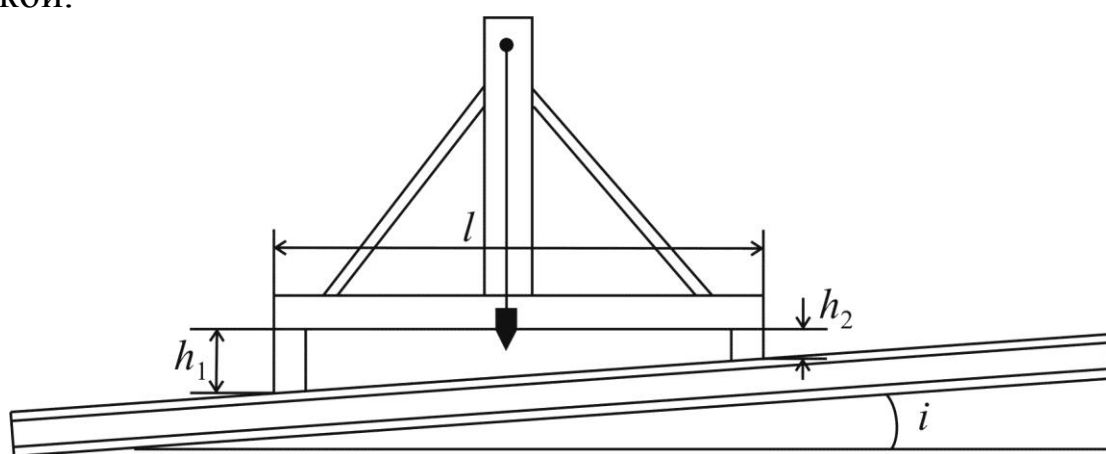


Рис. 6.7. Проходческий ватерпас

Задание направления осевыми реперами производят теодолитом, который устанавливают над рельсом, трубу ставят в направлении дирекционного угла и угла наклона, в створе визирного луча закрепляют в кровле выработки не менее трех осевых реперов. Вешают на них отвесы так, чтобы их головки находились в створе визирного луча (в горизонтальной и вертикальной плоскостях). Измеряют расстояния h_1 , h_2 , h_3 от точки подвеса каждого отвеса до его головки, а также вертикальное расстояние a от оси вращения трубы теодолита до рельса. Направление в вертикальной плоскости задано.

Для пользования направлением проходчики вешают отвесы на осевые реперы так, чтобы длина их нитей от точки подвеса до головки отвеса составляла соответственно h_1 , h_2 , h_3 . При настилке рельс опускают или поднимают до тех пор, пока вертикальное расстояние от рельса до визирного луча, проходящего через головки всех трех отвесов, будет равняться величине a .

Боковые реперы задают в наклонных горных выработках теодолитом, в горизонтальных – нивелиром (рис. 6.8).

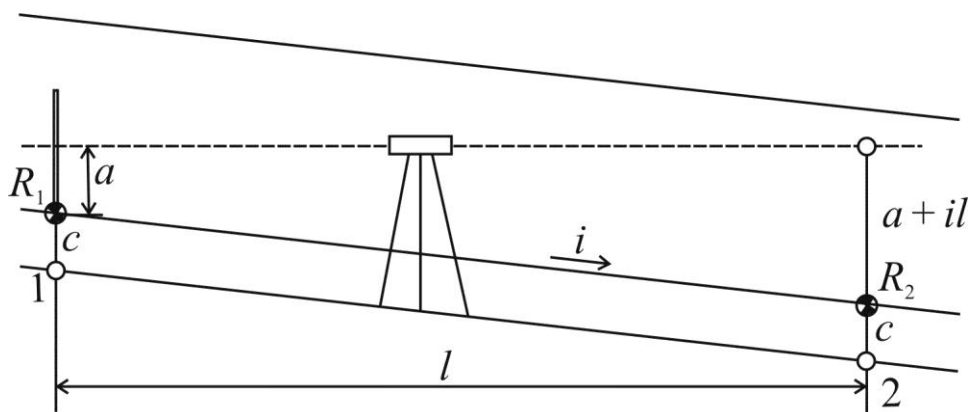


Рис. 6.8. Задание направления выработке в вертикальной плоскости боковыми реперами

В горизонтальной выработке устанавливают нивелир, на стенках выработки закрепляют три пары реперов. Реперы в паре должны быть на одной отметке. Превышение h между двумя соседними парами, находящимися на расстоянии l , должно составлять

$$h = il, \quad (6.14)$$

где i – проектный уклон выработки.

Все три натянутые между реперами нити должны лежать в одной плоскости, имеющей уклон i . Расстояние от этой плоскости до головок рельсов является постоянной величиной. Оно задается маркшейдером. Проходчики изготавливают деревянный жезл, длина которого равна указанному расстоянию. При настилке пути жезл ставят на рельс, который опускают или поднимают до тех пор, пока верхний торец жезла окажется в плоскости боковых реперов.

Если выработку проводят по проводнику, то ей задают направление лишь в одной плоскости. Так, вентиляционному штреку задают направление только в горизонтальной плоскости. Штрек проводят по почве пласта с подрывкой или без нее, поэтому в вертикальной плоскости он повторяет складки пласта (рис. 6.9).

Откаточному штреку задают направление лишь в вертикальной плоскости и определяют величину b подрывки почвы пласта (рис. 6.10). Так как величина подрывки постоянна, штрек на плане проходит почти параллельно изогипсам пласта, повторяя их изгибы.

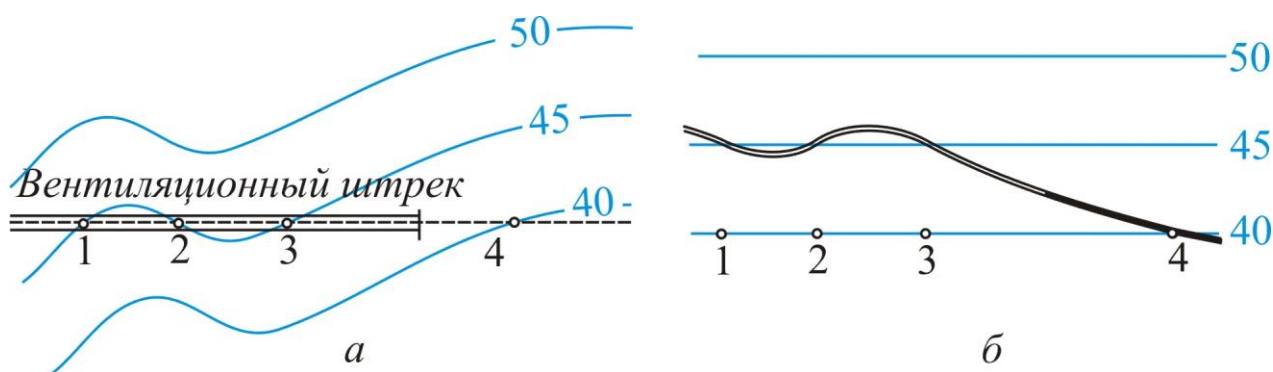


Рис. 6.9. Схема задания направления вентиляционному штреху:
а – гипсометрический план; *б* – вертикальный разрез

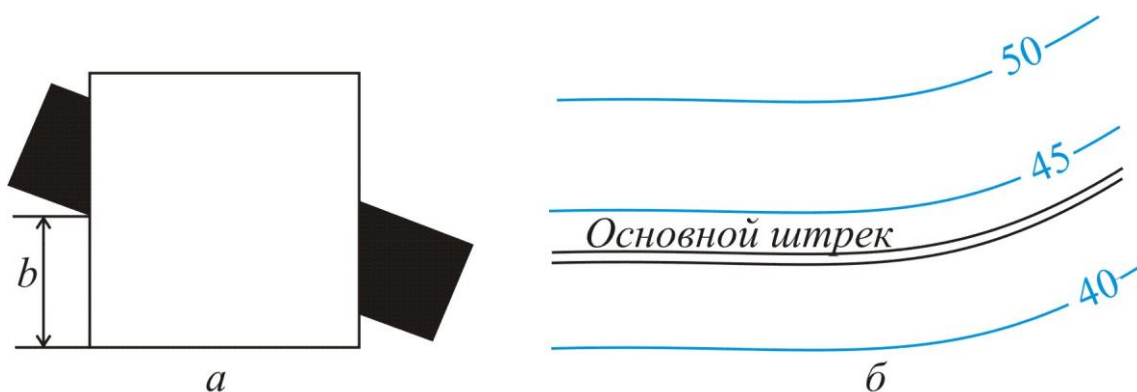


Рис. 6.10. Схема задания направления откаточному штреху:
а – поперечный разрез; *б* – гипсометрический план

Задание направления криволинейной части выработки *AB* с радиусом закругления *R* и углом поворота φ осуществляют по направлениям вписанных в нее хорд одинаковых длин (рис. 6.11, *а*).

Выбрав минимально возможное число хорд *n*, находят значение центрального угла для одной хорды ($\varphi : n$). Длина хорды определится из формулы

$$l = 2R \sin \frac{\varphi}{2n}. \quad (6.15)$$

Внутренние углы при начальной *A* и конечной *B* точках кривой β_A и β_B и углы β_1 и β_2 при промежуточных точках 1 и 2 вычисляют по формулам

$$\beta_A = \beta_B = 180^\circ - \varphi / (2n); \quad \beta_1 = \beta_2 = 180^\circ - \varphi / n. \quad (6.16)$$

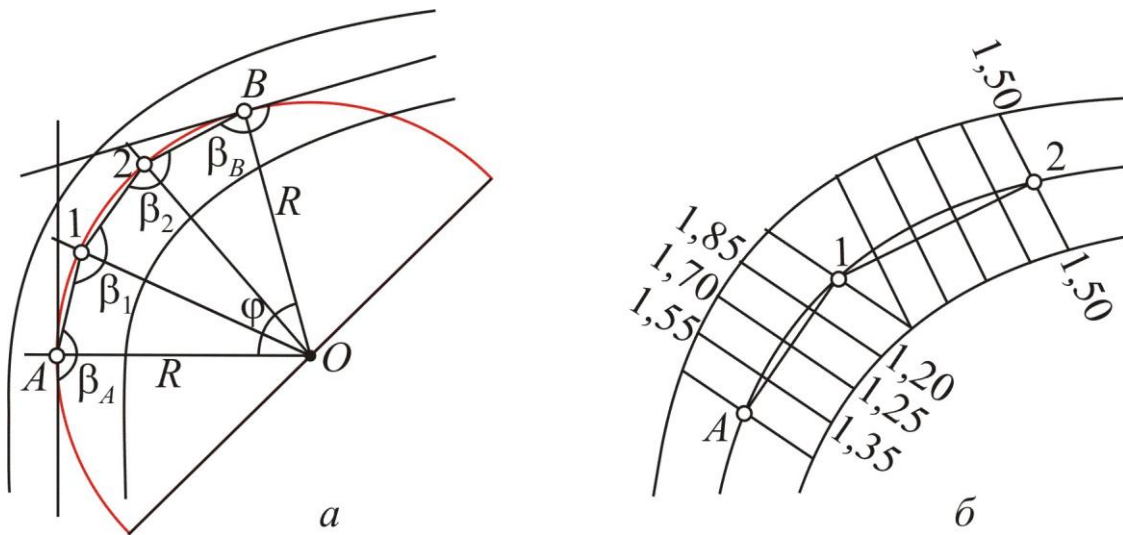


Рис. 6.11. Задание направления криволинейной части выработки в горизонтальной плоскости:

- а* – замена криволинейной части выработки хордами;
- б* – определение положения стенок выработки способом перпендикуляров (ординат)

Таким образом, задание направления криволинейной выработки в горизонтальной плоскости осуществляют, используя прямолинейные направления отдельных хорд $A-1$, $1-2$ и $2-B$.

Для соблюдения заданного проектом положения контуров криволинейной выработки относительно хорд маркшейдером составляется схема проведения в крупном масштабе (1 : 20, 1 : 50), изображенная на рис. 6.11, *б*. На этой схеме наносят проектное положение контуров проектной криволинейной выработки, по вычисленным значениям длин хорд l и горизонтальным углам β_1 и β_2 между ними строится многоугольник $A-1-2-B$ и через определенные расстояния (1–2 м) к его сторонам (хордам) восстанавливают 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 β_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 β_2 и задает направление второй хорде $1-2$. Далее работы выполняются по той же схеме.

Маркшейдерский контроль проведения горных выработок. Маркшейдерскому контролю при проведении горной выработки подлежит соблюдение проектного сечения, паспорта крепления, направления в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Криволинейное сечение горной выработки контролируют способом линейных засечек или полярным способом.

Если на каком-либо участке выработки не соблюдено одно из перечисленных требований, то участок бракуют. Работу по проведению выработки на этом участке оплачивают только после полного исключения обнаруженных маркшейдером отступлений от проекта, паспорта крепления или направления.

6.6. Маркшейдерские работы при проведении выработок встречными забоями

Проведение выработок встречными забоями – сбойками – позволяет расширить фронт проходческих работ, что способствует ускорению ввода их в эксплуатацию.

При сбойке выработку проходят не менее чем двумя забоями. Забои движутся навстречу друг другу по заданному направлению и должны встретиться в одной точке. Задачей маркшейдера при этом является обеспечение требуемой точности смыкания оси сбиваемой выработки.

Допустимое расхождение встречных забоев определяют, исходя из назначения сбиваемой выработки и технологии ее проведения. Основным фактором, определяющим необходимую точность сбоек, является вид подземного транспорта, причем наиболее жесткие требования предъявляет конвейерный транспорт.

При проведении горных выработок шахты допустимая погрешность смыкания осей встречных выработок в плане обычно находится в диапазоне 0,3–0,7 м.

Чтобы определить ее значение, следует учесть размеры транспорта и оборудования, размещаемого в данной выработке, а также минимальные зазоры и сопоставить с шириной выработки.

Пример определения допустимой погрешности сбойки конвейерного штрека приведен на рис. 6.12.

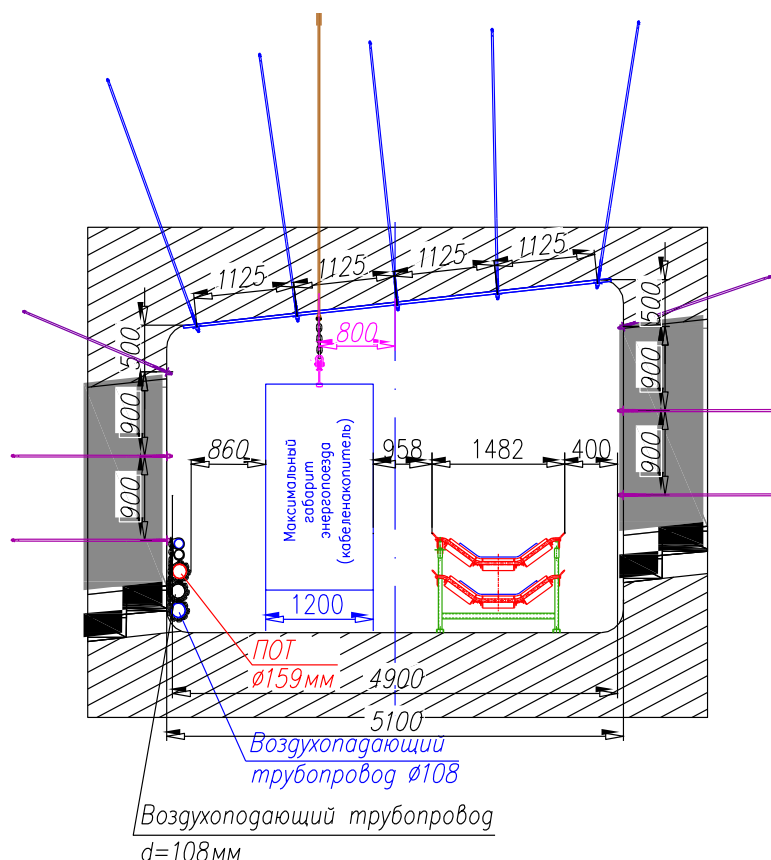


Рис. 6.12. Сечение конвейерного штрека

Согласно паспорту проведения конвейерного штрека размеры оборудования составляют:

- ширина конвейера 2ЛТ-100У – 1,482 м;
- габариты дизелевоза – 1,2 м;
- минимальный зазор между крепью и дизелевозом – 0,86 м;
- минимальный зазор между конвейером и дизелевозом – 0,4 м;
- минимальный зазор между крепью и конвейером – 0,4 м.

В сумме все размеры составляют 4,342 м.

Следовательно, максимальная погрешность сбойки может составлять: $4,900 - 4,342 = 0,558$ м, то есть разницу между проектной (4,900 м) и минимально возможной шириной выработки (4,342 м).

Задача сбойки решается в несколько этапов.

Составляют проектный полигон по сбиваемой и прилегающим выработкам с таким расчетом, чтобы полигон связал оба забоя выработки. Намечают на плане примерное расположение пунктов полигона, точку смыкания забоев. Принимая определенные методы и инструменты для измерения углов и длин, производят предрасчет погрешности смыкания забоев.

Ожидаемая погрешность должна быть меньше допуска. Если погрешность превосходит допуск, то изменяют методы измерений или выбирают более точные инструменты и вновь предусчитывают погрешность смыкания забоев.

Подобрав, таким образом, надлежащие инструменты и методы измерений, составляют проект сбойки. Проект подписывает главный маркшейдер и утверждает главный инженер предприятия. После утверждения проекта производят расчет разбивочных элементов и выполняют полевые работы по определению мест заложения забоев и заданию направлений.

Пусть, например, между точками A и B штреков необходимо встречными забоями пройти квершлаг (рис. 6.13). Для задания направления квершлагоу надо определить разбивочные углы β_A и β_B , а также уклон i .

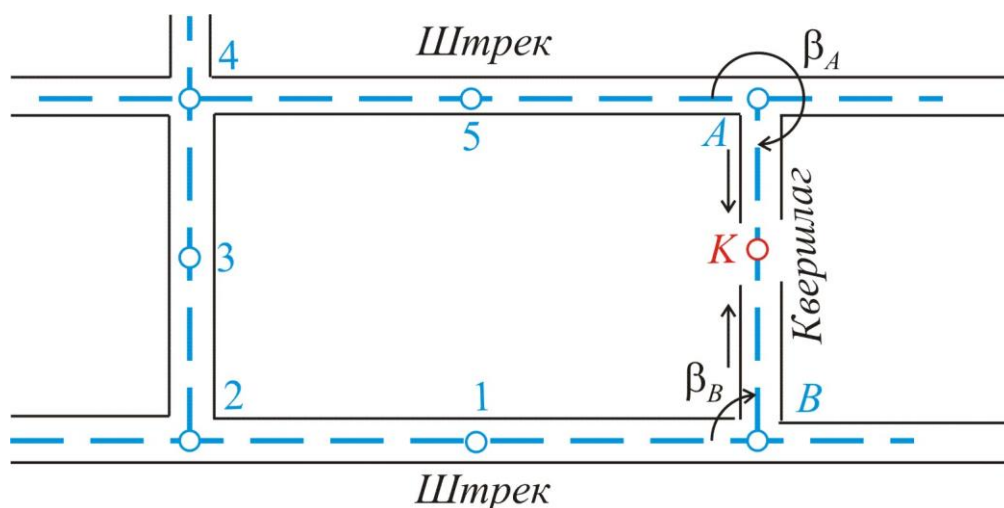


Рис. 6.13. Схема сбойки выработок

Решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционный угол сбойки (AB) и горизонтальное расстояние $AB = l_{AB}$:

$$\operatorname{tg}(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad (6.17)$$

$$l_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin(AB)} = \frac{x_B - x_A}{\cos(AB)} = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}. \quad (6.18)$$

По разности дирекционных углов определяют разбивочные углы β_A и β_B :

$$\beta_A = (AB) - (A1); \quad \beta_B = (BA) - (B5). \quad (6.19)$$

Уклон оси выработки AB вычисляют по формуле

$$i_{AB} = (Z_B - Z_A) / l_{AB}. \quad (6.20)$$

Производят вынос оси сбойки в шахте. Для этого в точке A откладывают горизонтальный угол β_A , а в точке B – горизонтальный угол β_B , по которым задают проводимой выработке с обоих концов направления в горизонтальной плоскости. Контроль правильности проведения выработки в вертикальной плоскости осуществляют по вычисленному уклону i_{AB} .

Когда забои сбиваемой выработки достаточно близко подходят друг к другу, работу в одном из них прекращают, людей выводят и выработку временно (до сбойки) закрывают. При расстоянии между забоями 20–30 м главный маркшейдер обязан в письменном виде поставить в известность об этом главного инженера предприятия и начальников участков, ведущих проходку.

После смыкания забоев оценивается полученное расхождение в положении оси выработки. Данные о результатах сбойки заносят в журнал вычисления координат.

Вопросы для самопроверки

1. Поясните необходимость соединительной съемки.
2. Через какие горные выработки можно передать дирекционный угол на подземный горизонт?
3. В чем преимущество гироскопического ориентирования?
4. Как выполняется тригонометрическое нивелирование по подземным горным выработкам?
5. Назовите наиболее существенные отличия маркшейдерских сетей и съемок в подземных условиях.
6. Можно ли применять электронные тахеометры в подземных условиях?
7. Как объект (например, перемычка) «появляется» на плане?
8. Как маркшейдер задает направление горной выработке в горизонтальной плоскости? В вертикальной плоскости?
9. Что контролирует маркшейдер при проведении подготовительной горной выработки?
10. Как определяется допуск на сбойку?
11. Как действует маркшейдер при подходе встречных забоев на близкое расстояние друг к другу?

ГЛАВА 7. СДВИЖЕНИЕ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК

7.1. Зоны и параметры сдвижения

В результате ведения горных работ в недрах образуются пустоты. При определенных размерах выработанного пространства процесс сдвижения достигает земной поверхности, которая проседает, образуя пологую впадину, называемую мульдой сдвижения.

Часть пространства недр, внутри которого горные породы испытывают деформации и сдвижение, вызванные подработкой, представляет собой зону сдвижения (рис. 7.1).

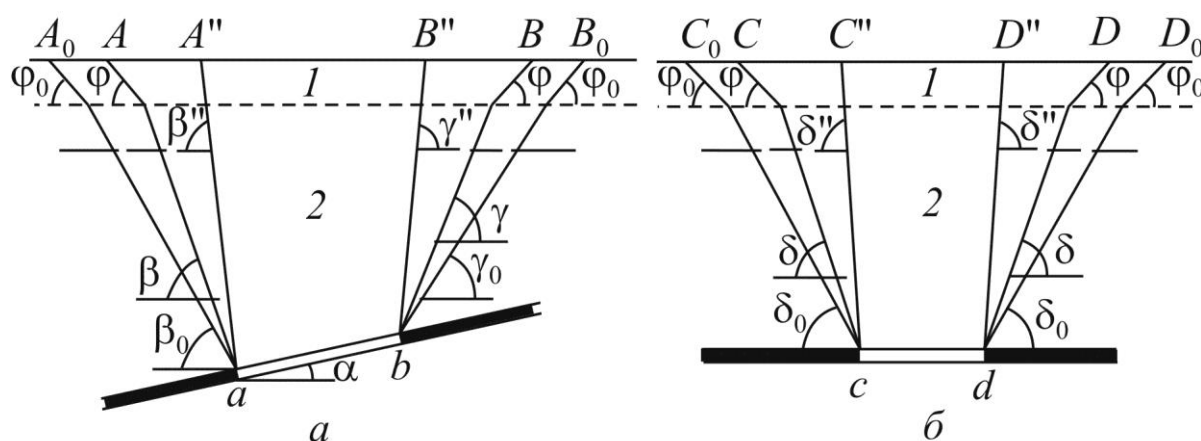


Рис. 7.1. Зоны влияния очистной выработки $abcd$:
 a – на вертикальном разрезе вкрест простирания пласта;
 $б$ – на вертикальном разрезе по простиранию пласта;
 $A_0B_0C_0D_0$ – зона влияния очистной выработки;
 $ABCD$ – зона опасного влияния; $A''B''C''D''$ – зона трещин;
 1 – наносы; 2 – коренные породы

Зона сдвижения в недрах определяется граничными углами:

- φ_0 – в наносах;
- $\beta_0, \gamma_0, \delta_0$ – в коренных породах.

По результатам наблюдения при определении границы мульды сдвижения приняты значения деформаций земной поверхности: наклоны $i = 0,5 \cdot 10^{-3}$, растяжение $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$.

В пределах зоны влияния подземных разработок выделяют зону опасного влияния.

Границы зоны опасного влияния определяются углами сдвига:

- φ – в наносах;
- β, γ, δ – в коренных породах.

Для определения границы зоны опасного влияния приняты следующие значения деформаций земной поверхности:

- наклоны $i = 4 \cdot 10^{-3}$;
- кривизна $K = 0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/м;
- растяжение $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$.

На разрезе вкрест простирания границу опасной зоны сдвига определяют с помощью углов сдвига β и γ , а на разрезе по простиранию – с помощью угла δ .

Они имеют постоянные общепринятые обозначения: на разрезе вкрест простирания β – в сторону падения; γ – в сторону восстания; на разрезе по простиранию δ – в обе стороны. Углы β, γ и δ не равны друг другу, оба угла δ одинаковы. Углы сдвига в наносах φ равны на любом вертикальном разрезе.

Граничные углы и углы сдвига в наносах и коренных породах для Кузнецкого бассейна и приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Граничные углы и углы сдвига для условий
Кузнецкого бассейна

Угол падения пласта α , град	Граничные углы, град			
	φ_0	δ_0	γ_0	β_0
0–50	45	70	70	$75 - 0,9\alpha$
	Углы сдвига, град			
	φ	δ	γ	β
	55	80	80	$82 - \alpha$

7.2. Основные факторы, определяющие характер сдвига горных пород

На продолжительность процесса сдвига, величину углов сдвига, форму и глубину мульды сдвига влияют горно-геологические и горнотехнические факторы.

1. Глубина залегания пласта H и вынимаемая мощность t являются наиболее важными факторами.

Величина $K = H / m$ называется кратностью. С увеличением кратности K , т. е. с увеличением глубины H и уменьшением мощности m , уменьшаются деформации и оседания земной поверхности. Глубина, при которой горные работы практически не влияют на состояние объектов, находящихся на земной поверхности, называется безопасной глубиной разработки.

2. Физико-механические свойства и чередуемость коренных пород оказывают влияние на процесс сдвижения, на величину углов сдвижения и на характер деформаций земной поверхности. В слабых породах процесс сдвижения протекает более плавно и быстро. Крепкие породы прогибаются, зависят и затем резко обрушаются. В слабых породах углы сдвижения положе, чем в крепких.

3. Угол α падения пласта влияет на величину углов сдвижения в коренных породах и на характер деформаций земной поверхности. В большинстве случаев угол β является дополнением угла α до 90° .

4. Мощность наносов влияет на характер деформаций земной поверхности. Наносы представляют собой рыхлые отложения, частицы в них слабо сцементированы. Поэтому процесс сдвижения в наносах отличается плавностью и равномерностью.

Наносы смягчают сдвижение, уменьшают деформации, вызываемые сдвижением коренных пород. Чем больше мощность наносов, тем меньше трещин возникает на земной поверхности и тем более плавным являются борта мульды сдвижения.

5. Степень нарушенности пород влияет на скорость процесса сдвижения, величину углов сдвижения, характер деформаций земной поверхности. Трещины отдельностей, кливаж, поверхности смещения дизъюнктивных нарушений, поверхности напластования в замковых частях складок являются поверхностями ослабления массива. Они ускоряют процесс сдвижения, выполаживают углы сдвижения. При интенсивной нарушенности массива в процессе сдвижения преобладает обрушение.

6. Гидрогеологические условия оказывают влияние на величину углов сдвижения в слабых породах. При большой обводненности углы сдвижения в слабых породах выполаживаются.

Обводненность может оказывать существенное влияние на устойчивость бортов карьеров (разрезов), особенно при наличии тектонических нарушений.

7. Горнотехнические факторы – система разработки, способ управления горным давлением, полнота выемки, направление и скорость подвигания очистных забоев – влияют на скорость и равномерность процесса сдвижения, характер деформаций и сдвижения земной поверхности и находящихся на ней объектов.

Применение системы разработки с обрушением кровли, особенно с выемкой от границ к центру шахтного поля без оставления целиков, способствует плавному течению процесса сдвижения и оседания земной поверхности. Оставление целиков вызывает неравномерность сдвижения и неблагоприятно сказывается на подрабатываемых объектах. В случае закладки выработанного пространства сдвижение происходит только из-за усадки закладочного материала. При небольшой глубине разработки скорость сдвижения находится в прямой зависимости от скорости подвигания забоя.

7.3. Наблюдения за сдвижением. Наблюдательные станции

Процесс сдвижения изучают методами натуральных наблюдений, моделирования и теоретических исследований. Цель изучения – это количественная оценка влияния различных факторов на характер и продолжительность процесса сдвижения, установление величины углов сдвижения.

Наблюдения за сдвижением земной поверхности обязательны:

- при выемке угля под охраняемыми объектами с применением горных мер охраны;

- когда подрабатываемые объекты расположены над выходами сместителей дизъюнктивных нарушений или над осевыми поверхностями синклиналиных складок;

- по требованию организации, эксплуатирующей подрабатываемый ответственный или уникальный объект;

- когда подрабатываемые объекты – железная дорога, водные объекты, дамбы, плотины, леса, подкрановые пути, сварные трубопроводы.

Натурные инструментальные наблюдения производят на наблюдательных станциях. Наблюдательная станция представляет собой систему реперов, расположенных по профильным линиям. Профильные линии ориентируют по простиранию и вкрест простирания пласта (рис. 7.2, а) или вдоль объекта (рис. 7.2, б).

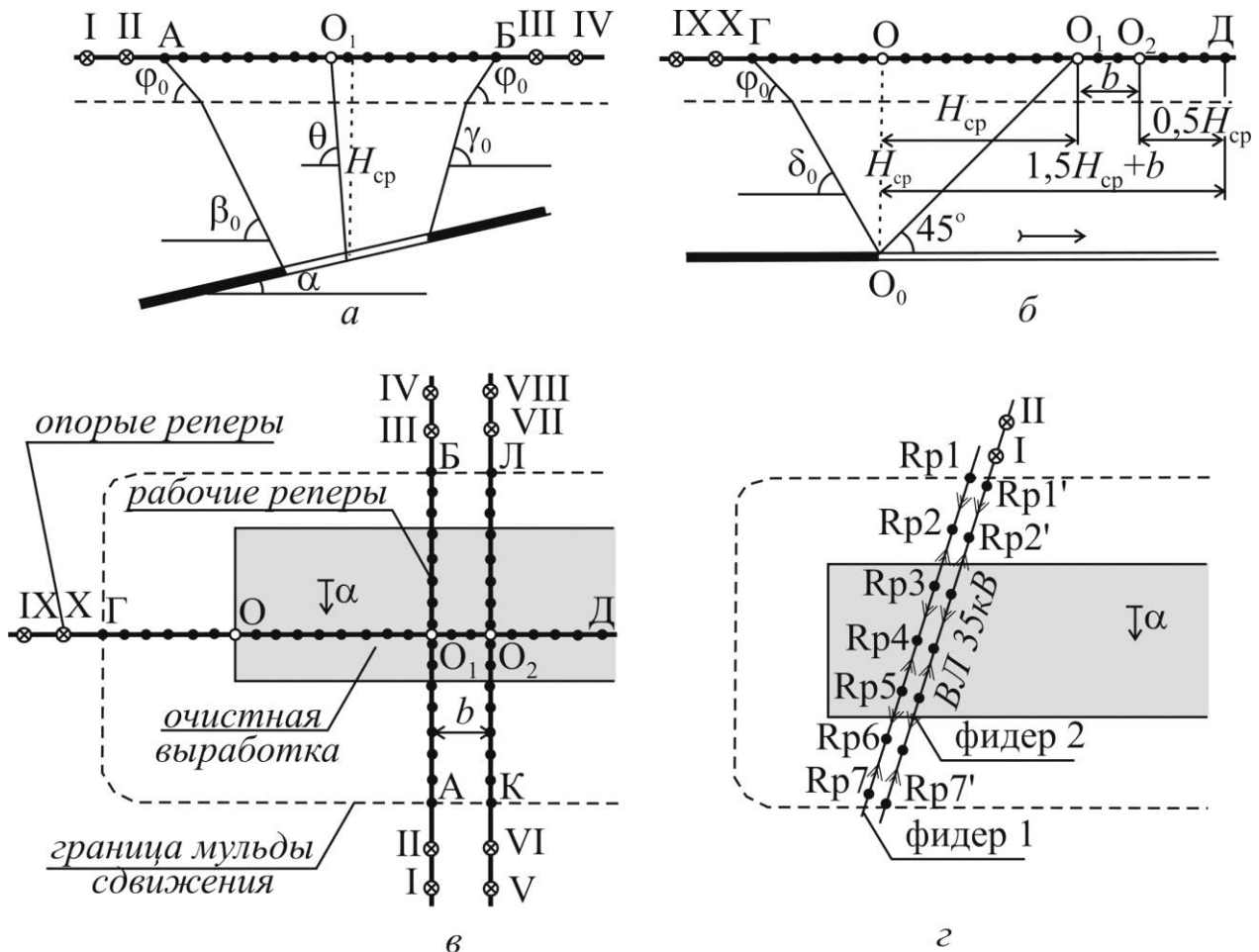


Рис. 7.2. Схема расположения профильных линий наблюдательной станции: *a* – вкрест простирания; *б* – по простиранию; *в* – на плане; *г* – на плане вдоль подрабатываемого объекта (ВЛ)

Глубина заложения бетонных реперов больше глубины сезонного промерзания (оттаивания) грунтов.

В пределах мульды сдвижения располагают рабочие реперы. Смещение рабочих реперов измеряют относительно опорных, находящихся вне зоны подработки.

Для определения горизонтальных смещений измеряют расстояния между реперами металлической компарированной рулеткой. При помощи теодолита определяют смещение реперов относительно створов профильных линий. Вертикальное смещение (оседания) устанавливают геометрическим нивелированием реперов. Во время наблюдений производят зарисовки трещин, разломов, провалов, устанавливают их положение относительно реперов ординатной или тахеометрической съемкой. При производстве каждого наблюдения фиксируют положение очистного забоя.

Наблюдения производят периодически до полного прекращения процесса сдвижения. Периодичность наблюдений находится в прямой зависимости от скорости протекания процесса сдвижения.

Для определения величины углов сдвижения строят вертикальные разрезы по простиранию и вкрест простирания (рис. 7.3). По горизонтальным расстояниям и абсолютным отметкам наносят точки 1–25, показывающие положение реперов до подработки, и точки 1'–25', показывающие положение тех же реперов после подработки. Соединяя точки, получают профиль земной поверхности до подработки и профиль мульды сдвижения. Наносят также угольный пласт и границы выработанного пространства (a и b на разрезе вкрест простирания).

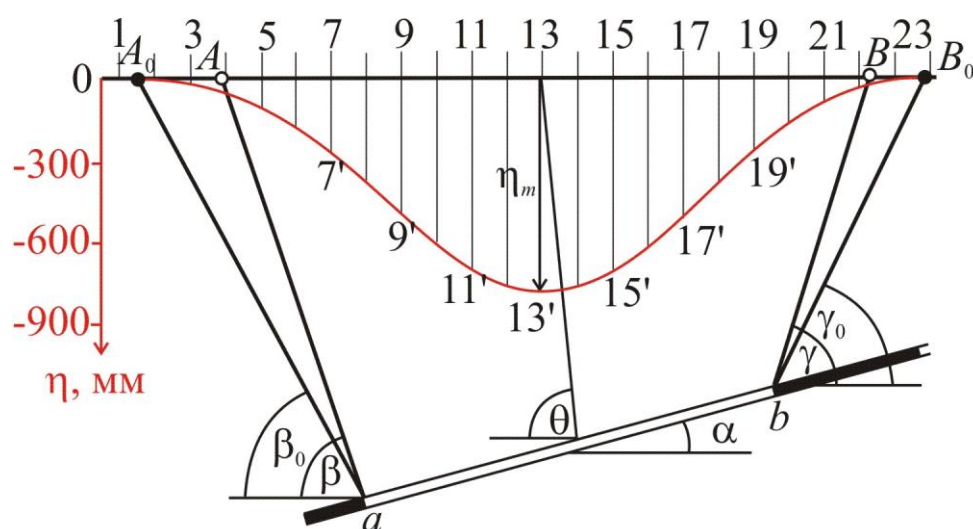


Рис. 7.3. Вертикальный разрез по профильной линии вкрест простирания пласта и график оседаний земной поверхности

Точками, лежащими на границе мульды сдвижения, считают точки, в которых деформации не превосходят некоторой заданной величины ($i = 0,5 \cdot 10^{-3}$, $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$). Такими точками являются на рис. 7.3 точки A_0 и B_0 . Соединяют эти точки соответственно с границами очистной выработки (точками a , b) прямыми линиями. Углы наклона этих линий представляют собой граничные углы β_0 , γ_0 и δ_0 .

Точками, определяющими границы зоны опасных деформаций, считают точки, в которых деформации не превосходят величин $i = 4 \cdot 10^{-3}$; $K = 0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/м; $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$. Такими точками являются на рис. 7.3 точки A и B . Углы наклона линий Aa и Bb представляют собой углы сдвижения β , γ и δ .

7.4. Меры охраны сооружений от вредного влияния горных работ

Различают горные и конструктивные меры охраны зданий и сооружений.

Горные меры охраны – специальные системы разработки и способы управления горным давлением, способствующие уменьшению величин деформаций поверхности или их скоростей.

К горным мерам охраны относят:

- закладку выработанного пространства;
- специальные способы и порядок ведения горных работ в отдельных пластах и свитах пластов: гармоническая отработка, безостановочное интенсивное подвигание забоя (уменьшает время вредного воздействия на сооружение очистной выработки; чем больше скорость подвигания очистного забоя, тем меньше деформации), выемка в обе стороны от разрезной печи и др.;
- частичную выемку запасов (по мощности, по площади);
- оставление предохранительных целиков, если другие меры охраны не могут гарантировать нормальную эксплуатацию охраняемого объекта или являются экономически нецелесообразными.

Когда надобность в предохранительном целике отпадает, шахта обязана частично или полностью извлечь запасы в нем.

Конструктивные меры охраны – усиление конструкций и узлов для восприятия дополнительных усилий в сооружении при подработке, а также снижение жесткости конструкций для уменьшения дополнительных усилий в сооружении, снижение дополнительных силовых воздействий на сооружения со стороны основания, уменьшение деформаций сооружения путем подъема и выправления сооружения или его части.

Конструктивные меры защиты осуществляются проведением строительно-монтажных работ до, во время или после подработки непосредственно на объекте охраны (здании, сооружении) или его грунтовом основании.

Конструктивные меры:

- усиление отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом тяжами, железобетонными поясами;
- установка связей-распорок;
- разделение зданий деформационными швами;
- выправление зданий и сооружений;

- вскрытие подземных трубопроводов или установка в них компенсаторов;

- восстановление профиля железнодорожных путей и др.

Мерой охраны может явиться *временное изменение характера эксплуатации объекта* на период опасных деформаций объекта: переселение жильцов из жилых зданий; прекращение производственного и других функциональных процессов в зданиях и сооружениях и т. д. После завершения процесса сдвижения и проведения ремонтных работ эксплуатация по прямому назначению продолжается.

Выбор мер охраны производится на основе технико-экономических расчетов.

Определение условий безопасной выемки угля в зонах влияния на охраняемые объекты выполняется в следующем порядке:

- устанавливаются конструктивные особенности, техническое состояние объектов и другие параметры, используемые для определения допустимых и предельных деформаций;

- определяются допустимые и предельные деформации основания объектов;

- определяются безопасная и предельная глубины разработки пластов на разрезах, строятся горизонты безопасной и предельной глубины разработки.

На разрезах определяются пласты и участки пластов, которые располагаются (рис. 7.4):

- ниже горизонта безопасной глубины разработки;

- между горизонтами безопасной и предельной глубин разработки;

- выше горизонта предельной глубины разработки;

- отдельно выделяются участки пластов (по глубине $H_{об}$), разработка которых может вызвать образование провалов на земной поверхности, затопление поверхности или существенное изменение гидрогеологических режимов, которое может нанести значительный вред природе.

Допустимыми деформациями земной поверхности (основания сооружений) принято считать деформации, могущие вызвать такие повреждения в сооружениях, при которых для дальнейшей эксплуатации по их прямому назначению достаточно проведения текущих наладочных и ремонтных работ.

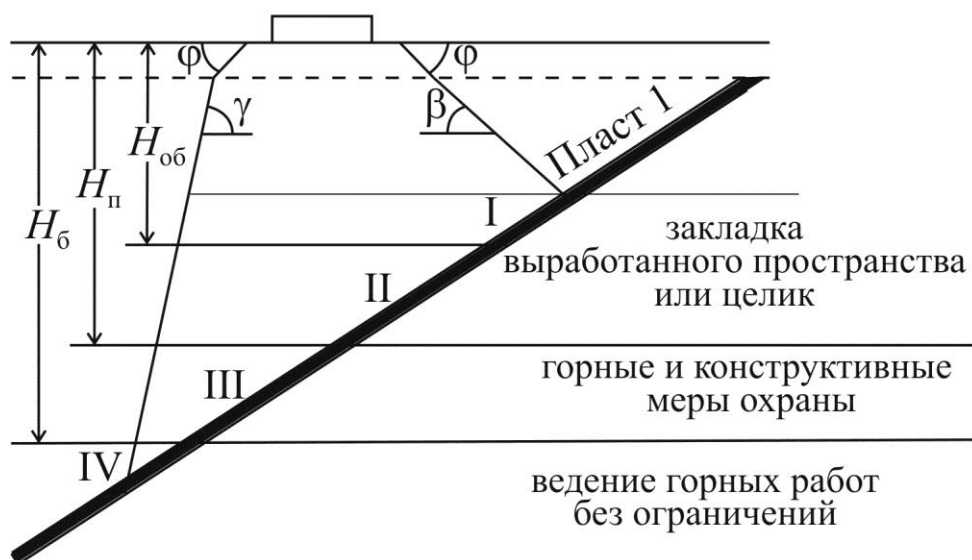


Рис. 7.4. Схема для выбора мер охраны подрабатываемого объекта

Предельными деформациями принять считать такие деформации, превышение которых может вызвать аварийное состояние сооружений, повлечь угрозу опасности для жизни людей.

Условия безопасной подработки объектов определяют безопасной глубиной разработки H_b , устанавливаемой по допустимым деформациям.

Безопасной глубиной разработки называется глубина, ниже которой горные работы не вызывают в сооружениях деформаций, более допустимых. Ниже горизонта безопасной глубины горные работы могут производиться без применения горных и конструктивных мер охраны сооружений. Безопасная глубина откладывается от охраняемого объекта по вертикали.

Предельной глубиной разработки называется глубина, выше горизонта которой горные работы могут вызывать проявление предельных деформаций.

Безопасная и предельная глубины разработки определяются соответственно по формулам

$$H_b = k \frac{m}{[D_d]}; \quad H_{п} = k \frac{m}{[D_{п}]}, \quad (7.1)$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м; D_d – допустимые деформации (наклоны, горизонтальные деформации и др.), определяемые в соответствии с категорией охраны; k – коэффициент, зависящий от угла падения пласта и вида деформации D .

По величине допустимых деформаций выбирается ширина предохранительной бермы, необходимая для построения предохранительных целиков.

7.5. Построение предохранительных целиков

При расчете предохранительных целиков руководствуются установленными для данного месторождения или бассейна значениями углов сдвижения в коренных породах и наносах.

Завышение размеров целика ведет к консервации и потерям излишних запасов угля. Недостаточные размеры целика против необходимых могут привести к последствиям, худшим, чем при работе без оставления целика. В этом случае охраняемый объект может оказаться на борту мульды сдвижения и деформации его будут максимальными. Поэтому при расчете целиков стремятся к тому, чтобы размеры были необходимыми и достаточными.

Значения углов сдвижения определяют с погрешностью 2–3°. Процесс сдвижения в данном конкретном случае может отклониться от предполагаемой нормы вследствие влияния каких-либо горно-геологических факторов. Поэтому при построении целиков предусматривают создание некоторого запаса прочности. Такой запас создают посредством введения в расчет бермы – полосы вокруг охраняемого объекта. Целик строят под так называемой охраняемой площадью, включающей объект и берму.

Построение целиков выполняют способом перпендикуляров или способом вертикальных разрезов.

При способе вертикальных разрезов строят разрезы вкрест простирания и по простиранию пласта. При этом используют совмещенный план рельефа земной поверхности с положением объекта и изогипс почвы пласта. План и разрезы выполняют в одном масштабе (рис. 7.5).

Порядок построения целика способом вертикальных разрезов.

1. На плане отстраивают границы охраняемой площади на земной поверхности. Для этого через характерные угловые точки здания или сооружения проводят линии, параллельные и перпендикулярные простиранию пласта до их взаимного пересечения, параллельно полученным линиям на расстоянии ширины бермы (*Б*) проводят границы охраняемой площади.

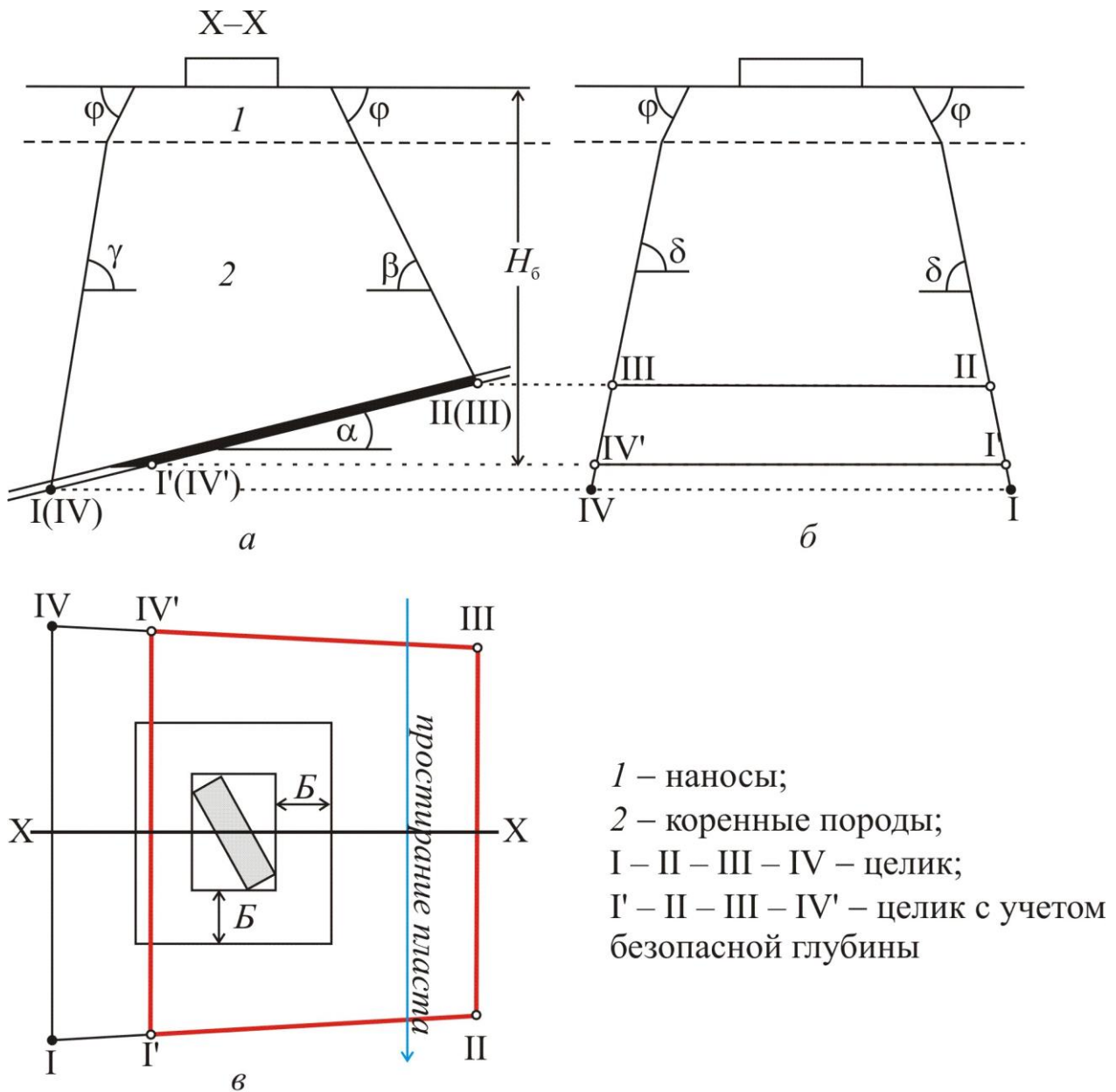


Рис. 7.5. Предохранительный целик для охраны отдельного объекта:
 a – на разрезе вкрест простирания;
 $б$ – на разрезе по простиранию; $в$ – план

2. Строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта по линии, проходящей через центр охраняемой площади (разрез X–X на рис. 7.5).

На разрезе изображают поверхность земли (по горизонталям поверхности), наносы, пласт по изогипсам почвы пласта, а также границы охраняемой площади на поверхности.

3. По углу падения пласта α по Правилам охраны [4] для соответствующего бассейна устанавливают углы сдвижения: φ – в наносах, γ , β , δ – в коренных породах.

4. От границ охраняемой площади на поверхности откладывают углы сдвижения φ – в наносах, γ , β – в коренных породах до пересечения с почвой пласта в точках I (IV) и II (III), которые являются нижней и верхней границей целика.

Точки I и II проецируют на план в виде линий, параллельных изогипсам пласта, это линии II – III со стороны восстания пласта и I – IV – со стороны падения (рис. 7.5, а, в).

5. Строят вертикальный разрез по простиранию пласта, на котором изображают поверхность земли, наносы, верхнюю и нижнюю границу целика, которые проецируют с разреза вкрест простирания, и границы охраняемой площади.

6. От границ охраняемой площади на поверхности проводят плоскости сдвижения под углами φ и δ до пересечения с верхней и нижней границами целика в точках II, III и I, IV (рис. 7.5, б).

7. Определяют контур целика на плане (I – II – III – IV). Если нижняя граница целика, полученная по углу γ , расположена ниже безопасной глубины разработки H_6 , то за нижнюю границу целика принимают безопасную глубину разработки. В данном примере с учетом H_6 – контур целика I' – II – III – VI' (рис. 7.5, в).

Целики рассчитывает маркшейдерская служба предприятия, затем их утверждает районная горнотехническая инспекция Ростехнадзора. Границы утвержденных целиков наносят на план горных выработок красной тушью. Вдоль границ надписывают дату утверждения целика.

Ведение в целике очистных работ или нарушение целика отдельной горной выработкой могут вызвать деформации охраняемого объекта. Ведение в пределах целика каких бы то ни было горных работ возможно лишь с письменного разрешения Ростехнадзора.

7.6. Основные понятия о предрасчете сдвижений и деформаций земной поверхности

Выбор оптимальных мер охраны подрабатываемых объектов основан на сравнении допустимых для данного объекта деформаций с расчетными.

В зависимости от полноты исходных данных находят ожидаемые или вероятные сдвигения и деформации.

Ожидаемыми называются сдвигения и деформации, определяемые в условиях, когда имеются достоверные календарные планы развития горных работ и достоверно известно положение проектируемых очистных горных выработок.

Вероятными называются сдвигения и деформации, определяемые на стадии разведки месторождения, проектирования и строительства шахты или генеральных схем раскройки шахтного поля в условиях, когда конкретные положения очистных выработок достоверно не определены.

Максимальное ожидаемое оседание земной поверхности определяется по формуле

$$\eta_m = q_0 m \cos\alpha N_1 N_2, \quad (7.2)$$

где q_0 – относительное максимальное оседание; m – вынимаемая мощность пласта; N_1, N_2 – коэффициенты, учитывающие степень подработанности толщи соответственно вкрест и по простиранию пласта; α – угол падения пласта.

Относительное максимальное оседание q_0 определяется по Правилам охраны [4] для соответствующего месторождения или бассейна. Например, для условий Кузбасса $q_0 = 0,7$.

Коэффициенты N_1 (вкрест простирания), N_2 (по простиранию) определяются в зависимости от отношения размера выработки D к средней глубине разработки H по Правилам охраны [4] для соответствующего месторождения или бассейна.

В качестве примера приведены значения коэффициентов N_1, N_2 Кузнецкого бассейна (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Коэффициенты N_1 и N_2

D/H	$\geq 1,6$	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
N_1, N_2	1,0	0,92	0,85	0,78	0,69	0,65	0,60	0,55	0,49	0,43

Ожидаемые деформации в главных сечениях мульды сдвигения определяют по формулам с учетом типовых кривых:

– оседания

$$\eta_z = \eta_m S(z); \quad (7.3)$$

– наклоны

$$i_z = \pm \frac{\eta_m}{L} S'(z); \quad (7.4)$$

– кривизна

$$K_z = \frac{\eta_m}{L^2} S''(z); \quad (7.5)$$

– горизонтальные сдвигения

$$\xi_z = 0,5a_0\eta_m F'(z); \quad (7.6)$$

– горизонтальные деформации

$$\varepsilon_z = \frac{0,5a_0\eta_m}{L} F''(z), \quad (7.7)$$

где z – условная координата, определяемая по формуле $z = x / L$; L – длина полумульды; $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$ – функции типовых кривых распределения соответственно оседаний, наклонов, кривизны, определяемые по таблицам Правил охраны [4] для соответствующих бассейнов (месторождений) с учетом коэффициентов N_1 и N_2 ; a_0 – относительное максимальное горизонтальное сдвижение, определяемое Правилами охраны [4] для соответствующего месторождения или бассейна; $F'(z)$, $F''(z)$ – функции, зависящие от типовых кривых, относительного горизонтального сдвижения, угла падения пласта и глубины его залегания. Функции типовых кривых для Кузнецкого бассейна приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Значения функций $S(z)$, $S'(z)$ и $S''(z)$ для Кузбасса

z	$N = 1$			$N = 0,9$			$N = 0,8$			$N = 0,7$		
	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$
0	1,00	0,0	0,0	1,00	0,0	-4,5	1,00	0,0	-6,4	1,00	0,0	-8,3
0,1	0,99	0,2	-2,3	0,97	0,6	-5,5	0,96	0,7	-6,8	0,96	0,8	-8,0
0,2	0,95	0,5	-5,6	0,89	1,1	-6,5	0,85	1,4	-6,2	0,83	1,6	-5,9
0,3	0,86	1,6	-10,8	0,74	1,7	-6,0	0,68	1,8	-3,5	0,65	1,9	-1,0
0,4	0,66	2,6	-8,0	0,55	2,2	-2,5	0,49	2,0	-0,4	0,46	1,8	3,4
0,5	0,38	2,3	6,8	0,32	2,0	8,0	0,31	1,7	6,0	0,29	1,4	4,0
0,6	0,17	1,5	11,0	0,16	1,2	6,5	0,16	1,1	5,1	0,16	1,0	3,6
0,7	0,08	0,6	6,0	0,08	0,7	4,5	0,08	0,7	3,7	0,08	0,7	2,9
0,8	0,03	0,3	2,0	0,03	0,3	2,5	0,03	0,3	2,2	0,03	0,3	2,0
0,9	0,01	0,1	1,0	0,01	0,2	1,0	0,01	0,2	1,1	0,01	0,2	1,2
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

При перспективном планировании горных работ осуществляют прогноз вероятных сдвижений и деформаций. В этом случае определяют *только максимальные значения сдвижений и деформаций.*

Вероятные оседания земной поверхности определяют по формуле

$$\eta_B = 0,9 \cos \alpha \sum m_i, \quad (7.8)$$

где m_i – вынимаемые мощности трех наиболее влияющих пластов (пластов, имеющих максимальные отношения m / H).

Для учета погрешностей определения ожидаемых и вероятных сдвижений и деформаций вводятся коэффициенты перегрузки, с помощью которых и переходят от ожидаемых и вероятных величин к расчетным (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Коэффициенты перегрузки

Сдвигения и деформации	Значения коэффициентов при расчетах	
	ожидаемых	вероятных
Оседание	1,2	1,1
Горизонтальное сдвижение	1,2	1,1
Наклон	1,4	1,2
Кривизна	1,8	1,4
Горизонтальная деформация	1,4	1,2

Вопросы для самопроверки

1. Что такое зона опасного влияния и как она определяется в недрах и на поверхности?

2. Какие параметры необходимы для построения границы зоны опасного влияния на земной поверхности?

3. Поясните, как влияют глубина и мощность на размеры мульды сдвижения.

4. С какой целью закладывают маркшейдерские наблюдательные станции и что они собой представляют?

5. Когда применяют конструктивные и горные меры охраны?

6. Можно ли вести горные работы выше предельной глубины разработки?

7. Какие данные нужны для построения предохранительного целика под объектом поверхности?

8. Как посчитать запасы в целике?

9. От чего зависит максимальное оседание земной поверхности при подработке?

10. Как и какие показатели деформаций можно определить, если известно максимальное оседание земной поверхности?

ГЛАВА 8. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

8.1. Цель и задачи геомеханического мониторинга

Геомеханический мониторинг – это система наблюдений состояния геологической среды, процессов сдвижения горных пород и земной поверхности, геомеханических и гидродинамических процессов в массиве горных пород, интерпретация результатов наблюдений, формирование суждения о состоянии массива в целом и прогноз параметров устойчивых откосов инженерных сооружений.

Цель геомеханического мониторинга – выявление механизма процесса сдвижения и предотвращение вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду.

Задачи геомеханического мониторинга:

– определить величины смещений, деформаций, скоростей развития процесса деформирования и границы распространения деформаций;

– установить тип разрушающих деформаций;

– установить взаимосвязь между факторами, определяющими устойчивость техногенного массива, и процессом деформирования инженерно-технических сооружений и определить количественные соотношения между ними;

– определить для различных инженерно-геологических комплексов горных пород критические величины деформаций, предшествующие началу активной стадии деформирования;

– осуществить контроль ведения горных работ на деформирующихся участках инженерно-технических сооружений;

– определить эффективность противодеформационных мероприятий.

8.2. Маркшейдерско-геодезический контроль состояния горнотехнических объектов

Инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения позволяют получить информацию о деформациях откосных сооружений (величины смещений и деформаций, скорость развития процесса деформирования, границы зоны деформаций, тип разрушающих деформаций и т. д.).

Кроме того они дают возможность определить критические величины деформаций, предшествующие началу активной стадии деформирования для различных инженерно-геологических комплексов горных пород, а также эффективность противооползневых мероприятий.

Конструкция наблюдательной станции. Маркшейдерско-геодезические наблюдения прибортовой зоны карьера проводят путем закладки наблюдательной станции, состоящей из двух профильных линий, расположенных, как правило, перпендикулярно направлению простирания борта, расстояние между профильными линиями принимают равным 20–50 м в зависимости от глубины карьера.

Длину профильных линий в прибортовой части карьера принимают не менее размера зоны деформирования прибортового массива, которая, в свою очередь, определяется геологическим строением борта и его высотой.

Рабочие реперы закладывают в зоне возможных деформаций: на участке призмы возможного обрушения через 5–10 м; с удалением от верхней бровки – через 20 м; на рабочих площадках не менее двух реперов: один вблизи верхней бровки уступа, другой у подошвы вышележащего уступа (рис. 8.1).

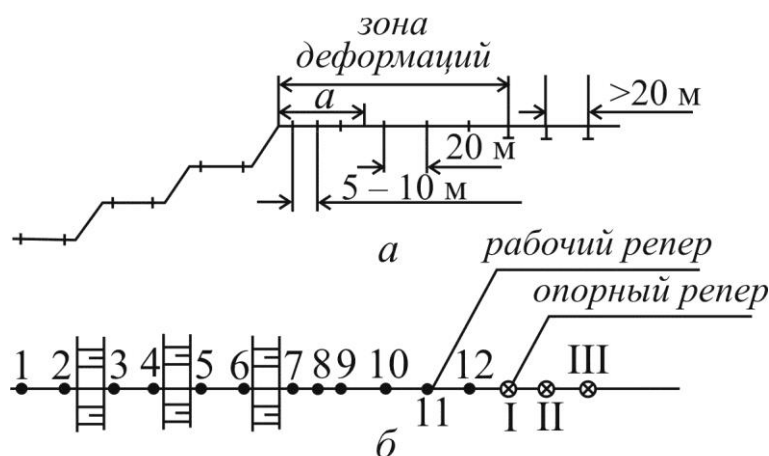


Рис. 8.1. Схема расположения реперов маркшейдерской наблюдательной станции на борту карьера:
а – профиль; б – план

Опорные реперы закладывают вне зоны деформации не менее трех на каждой профильной линии на расстоянии не менее 20 м друг от друга.

Исходные реперы, не менее трех на наблюдательную станцию, должны находиться за зоной возможных деформаций, к ним привязывают опорные реперы всех профильных линий.

Рабочие реперы закладывают в зоне возможных деформаций: на участке призмы возможного обрушения через 5–10 м; с удалением от верхней бровки – через 20 м; на рабочих площадках не менее двух реперов: один вблизи верхней бровки уступа, другой у подошвы вышележащего уступа (см. рис. 8.1).

8.3. Особенности наблюдений за деформациями насыпных сооружений

Наблюдения за деформациями насыпных сооружений (отвалов, дамб) отличаются рядом особенностей, связанных с условиями формирования насыпи, составом насыпных пород, их уплотнением и релаксацией порового давления.

Устойчивость насыпных сооружений зависит от физико-механических свойств пород насыпи и оснований, от технологии отсыпки (распределение насыпных пород по площади, мощность отсыпаемого слоя, уплотнение), гидрогеологических условий основания, климатических условий района и рельефа местности.

Для свежесыпанных насыпей характерны деформации оседания (величина оседания достигает 10 % высоты насыпи), связанные с уплотнением разрыхленных пород. Процесс уплотнения насыпей происходит более интенсивно в первый период отсыпки и затухает с течением времени, до 95 % величины оседания приходится на первые 6 месяцев в слабых породах и до 12 месяцев в крепких. Деформации, связанные с уплотнением пород, не представляют опасности, и инструментальный контроль здесь не требуется. Опасными для насыпных сооружений являются сдвиговые деформации в виде оползней.

Вследствие сил гравитации нижние ярусы насыпных сооружений являются наиболее устойчивыми, а зоной опасных деформаций является верхний ярус в пределах призмы возможного оползания – $(0,2-0,3)H$ (H – высота насыпного сооружения).

В этой связи рабочие реперы наблюдательной станции следует закладывать вдоль верхней бровки отвала или вдоль гребня дамбы (со стороны низового откоса) в пределах призмы возможного оползания.

Вместе с тем на действующем отвале невозможно сохранить рабочие реперы в пределах призмы возможного оползания, так как здесь формируют предохранительный вал, ведут разгрузку самосвалов под откос либо сталкивание пород под откос бульдозером. Поэтому на действующих отвалах допустимо проводить визуальный контроль и только при обнаружении признаков (трещины, заколы, просадки) деформаций отвалообразование в приоткосной зоне необходимо остановить и организовать инструментальные наблюдения.

Рабочие реперы на отвалах целесообразно закладывать на верхнем ярусе, в пределах призмы возможного оползания через 20 м. Для отвалов, расположенных на слабом основании, характерно проявление подподошвенных оползней, контроль развития которых обеспечивают закладкой рабочих реперов наблюдательной станции на расстоянии $(0,1-0,2)H$ от нижней бровки насыпи.

Опорные и исходные реперы располагают вне зоны возможных деформаций, обеспечивая их длительную сохранность. Количество и расстояние между реперами принимают аналогично наблюдательным станциям прибортовой зоны карьера.

8.4. Обработка результатов наблюдений и их использование

По результатам наблюдений определяют оседание:

$$\eta = H_{i+1} - H_i; \quad (8.1)$$

горизонтальное смещение репера и его направление:

$$\xi = \pm\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; \quad (8.2) \quad \alpha = \arctg(\Delta x / \Delta y), \quad (8.3)$$

где H_{i+1} , H_i , – отметки репера соответственно из предыдущего и последующего наблюдений; Δx и Δy – приращения координат смещающегося репера за период между двумя сериями наблюдений; α – дирекционный угол планового смещения репера.

Полный вектор смещения b и угол его наклона δ определяют по формулам

$$b = \pm\sqrt{\eta^2 + \xi^2}; \quad (8.4) \quad \delta = \arctg(\eta / \xi). \quad (8.5)$$

Величина сдвига прибортовой зоны массива горных пород равна

$$\gamma = \frac{b_{k+1} - b_k}{m}, \quad (8.6)$$

где b_{k+1} , b_k – полные векторы смещения соответственно из предыдущего и последующего реперов; m – расстояние между реперами по нормали к направлению смещения реперов.

Скорость смещения реперов

$$v_b = b / \Delta T, \quad (8.7)$$

где ΔT – интервал времени между сериями наблюдений.

Периодичность наблюдений зависит от скорости смещения реперов (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Требования к периодичности инструментальных наблюдений

Скорость смещения, мм/сут	0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
Периодичность наблюдений, сут	730	150	75	40	15	8	4

Исходя из опыта эксплуатации отвалов на угольных месторождениях, периодичность наблюдений рекомендуется устанавливать в зависимости от скорости смещения отвала (табл. 8.2). При скорости деформаций более 300 мм/сут работы на отвале прекращают.

Таблица 8.2

Периодичность наблюдений на отвалах

Скорость смещений, мм/сут	0,5–1	1–5	5–10	10–20	20–30
Периодичность наблюдений	1 раз в месяц	1 раз в неделю	2 раза в неделю	Через день	ежедневно

В технических проектах разработки месторождения открытым способом должны содержаться проекты наблюдательных станций по наблюдению за деформациями отвалов. По мере накопления информации о деформациях отвала проекты корректируются геолого-маркшейдерской службой предприятия в соответствии с горно-геологическими и гидрогеологическими условиями на определенный момент эксплуатации месторождения.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой геомеханический мониторинг?
2. Какие параметры сдвижения откосных сооружений позволяют определять инструментальные маркшейдерские наблюдения?
3. От каких факторов зависит конструкция наблюдательной станции?
4. С какой целью закладывают опорные реперы наблюдательной станции?
5. Где расположена зона опасных деформаций насыпных сооружений (отвалов, дамб)?
6. От чего зависит периодичность инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях бортов карьеров и отвалов?
7. По какому принципу закладываются рабочие реперы?
8. Какой вид деформаций является опасным для насыпных сооружений?
9. Особенности инструментальных наблюдений на действующих отвалах.
10. Как рассчитывается полный вектор сдвижения? Скорость смещения реперов?

ГЛАВА 9. ПОРЯДОК И КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ

9.1. Виды опасных зон

Опасная зона – участок недр, в пределах которого при ведении горных работ требуется осуществлять дополнительные меры безопасности, предусматриваемые, как правило, проектом на разработку месторождения, а также проектом на ведение горных работ в опасной зоне или мероприятиями, разрабатываемыми предприятием, и контролировать их выполнение.

При подземной разработке угольных месторождений могут образовываться следующие опасные зоны [6].

Зоны, возникающие под воздействием геомеханических процессов:

- опасные по горным ударам;
- опасные по внезапным выбросам угля и газа;
- повышенного горного давления (ПГД) от целиков и краевых частей.

Зоны, обусловленные геологическими факторами:

- у геологических нарушений;
- опасные по прорыву плавунных пород;
- опасные по суфлярным выделениям метана геологического происхождения.

Зоны, опасные по прорыву воды:

- расположенные под водными объектами на земной поверхности;
- расположенные вблизи затопленных выработок, в том числе у технических скважин различного назначения.

Зоны, обусловленные горнотехническими факторами:

- опасные по прорыву глины и пульпы;
- пожарные участки;
- загазированные выработки;
- опасные по суфлярным выделениям метана эксплуатационного происхождения.

При разработке угольных месторождений открытым способом могут образовываться следующие опасные зоны [5].

Зоны, обусловленные геологическими факторами:

– горные массивы с наклонным и пологим залеганием слоистости в сторону выработанного пространства при наличии в призме возможного обрушения тектонических трещин, секущих уступ, протяженностью более 0,25–0,30 высоты уступа или ослабленных поверхностей, а также при подрезке таких массивов горными работами на высоту более высоты черпания экскаватора;

– участки повышенной водообильности бортов разреза либо отвалов, сложенных мягкими связными и твердыми глинистыми, рыхлыми несвязными или слабосцементированными породами;

– участки бортов разреза и откосов отвалов, на которых обнаружены признаки (трещины, заколы, просадки) деформаций;

– участки эндогенных пожаров.

Опасные зоны по прорыву воды у затопленных выработок:

– выработки, которые длительное время (более года) находились на консервации и были затоплены водой;

– гидроотвалы, водохранилища, флотохвостохранилища и другие гидротехнические сооружения.

Опасные зоны, обусловленные горнотехническими факторами:

– отвалы, отсыпаемые на слабое основание;

– многоярусные отвалы, отсыпаемые на наклонное основание (с углами наклона более 14°);

– участки борта, нагруженные отвалами, размещенными в пределах призмы возможного обрушения;

– приоткосные участки бульдозерных отвалов, где производится разгрузка вскрышных пород автосамосвалами непосредственно под откос при появлении в призме возможного обрушения признаков опасных деформаций (трещин, заколов);

– борта и отвалы, в приоткосных участках которых (на расстоянии от верхней бровки менее 1,5 их высоты) располагаются ответственные коммуникации (трубопроводы, транспортные магистрали, линии связи федерального значения, магистральные линии электропередачи, здания и сооружения);

– участки ведения горных работ под высокими (более полуторной высоты черпания экскаватора) уступами;

– барьерные целики между открытыми и подземными горными выработками, а также смежными открытыми выработками соседних разрезов;

– участки ведения открытых горных работ, находящихся в зоне влияния действующих, законсервированных и ликвидированных подземных выработок;

– участки экзогенных пожаров.

В «Положении о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах» [5] приведены обязанности маркшейдерской службы по обеспечению безопасного ведения горных работ в опасных зонах.

Главный маркшейдер предприятия:

– относит участки (повышенного горного давления и опасные по прорыву воды) к опасным зонам;

– строит границы опасных зон;

– наносит границы опасных зон на планы горных выработок;

– представляет соответствующим службам предприятия маркшейдерскую документацию, необходимую для отнесения участков к опасным зонам, построения границ этих зон, составления проекта ведения горных работ в опасных зонах;

– разрабатывает мероприятия по маркшейдерскому обеспечению проведения горных выработок вблизи и в пределах границ опасных зон;

– участвует в разработке мероприятий по безопасному ведению горных работ в опасных зонах;

– не позднее чем за месяц до подхода горных выработок к границам опасных зон письменно в Книге указаний и уведомлений маркшейдерской службы уведомляет об этом главного инженера предприятия и начальника соответствующего участка, а также знакомит с содержанием этого уведомления горнотехнического инспектора, контролирующего безопасное ведение горных работ на данном предприятии;

– при подходе горных выработок к границе опасной зоны на расстояние не менее 20 м, но не позднее чем за трое суток до подхода к этой границе, выдает начальнику участка под расписку эскиз выработок с указанием на нем границ входа и выхода, а также расстояний до них от маркшейдерских пунктов или от характерных элементов сопряжений горных выработок;

- ведет совместно с главным геологом Книгу учета опасных зон предприятия;
- силами маркшейдерского отдела или с привлечением специализированных организаций ведет наблюдения за деформациями в объемах, предусмотренных проектом;
- составляет отчет по результатам наблюдений, а данные и выводы доводит до сведения руководства и заинтересованных лиц.

9.2. Содержание проекта по безопасному ведению горных работ в опасных зонах

Перечень действующих и ликвидированных опасных зон принимается комиссией в составе заместителя главного инженера по технике безопасности, главного технолога, главного маркшейдера, главного геолога предприятия при составлении годовых планов развития горных работ.

Перечень утверждается главным инженером шахты и заносится в Журнал учета опасных зон, который ведет геолого-маркшейдерская служба предприятия (табл. 9.1).

Разработка проекта, а также мероприятий по обеспечению безопасности горных работ производится в соответствии с требованиями действующих правил и норм по безопасному ведению горных работ на основании рекомендаций и по конкретным видам опасных зон, а также заключений специализированных организаций.

Проект безопасного ведения горных работ в опасной зоне состоит из пояснительной записки и графических материалов.

В пояснительной записке проекта приводятся:

- краткая горно-геологическая характеристика участка, расположенного в опасной зоне;
- данные, на основании которых участок отнесен к опасной зоне;
- обоснование целесообразности или производственной необходимости проведения горных работ в опасной зоне;
- сведения о построении границ опасной зоны (метод, использованные методические материалы) и при необходимости о запасах угля в границах опасной зоны;
- мероприятия по безопасному ведению горных работ в опасной зоне, в том числе связанные с приведением участков в безопасное состояние;

Таблица 9.1

Журнал учета опасных зон

Порядковый номер записи	Дата записи	Вид опасной зоны		Производство работ в опасной зоне по календарному плану			Вид контрольных маркшейдерских съемок		Утверждение				Фамилия, должность лица		Снятие опасной зоны с контроля (дата, обоснование, ответственное лицо)
		участок	дата работ	по календарному плану	границы безопасного ведения горных работ в опасной зоне	проекта или мероприятия ведения работ в опасной зоне	кем	когда	кем	когда	ответственного	контролирующего			
													начала	окончания	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		

Главный инженер
 Главный маркшейдер
 Главный геолог

- график выполнения намеченных в проекте мероприятий с указанием сроков и должностных лиц, ответственных за реализацию и контроль выполнения этих мероприятий;

- другие сведения, поясняющие и уточняющие намеченные мероприятия и направленные на повышение безопасности пребывания людей в опасной зоне и вблизи нее (укрытия, пути отхода, специальные меры безопасности и т. п.).

Графическая часть проекта включает:

- фрагмент плана горных выработок масштаба 1 : 1000 или 1 : 2000, на котором изображают границы опасных зон, места установки охраняющих сооружений, ниши для укрытия, проектируемые горные выработки, в том числе направленные на приведение участка в менее опасное состояние;

- при необходимости вертикальные разрезы (в том числе геологические), фрагмент плана земной поверхности с изображением объектов, связанных с опасной зоной;

- графические материалы, связанные с построением границ опасных зон;

- при разработке свиты пластов фрагмент совмещенного плана горных выработок;

- схему расположения скважин и шпуров, служащих для приведения участка в менее опасное состояние.

Ответственность за соблюдение мероприятий, предусмотренных проектом безопасного ведения горных работ в опасной зоне, возлагается на начальника соответствующего участка и на горных мастеров, ведущих работы в опасной зоне. Начальник участка, кроме того, обязан провести с рабочими инструктаж по безопасным методам ведения работ в соответствии с проектом.

Горные работы в опасных зонах разрешается проводить только в присутствии лица надзора участка.

Контроль выполнения заложенных в проекте мероприятий осуществляется назначаемой главным инженером предприятия комиссией под руководством своего заместителя по технике безопасности. Периодичность контроля устанавливается графиком, приводимым в проекте.

До начала работ в опасной зоне комиссия, в состав которой обязательно входит главный маркшейдер предприятия, составляет акт готовности к ведению работ в опасной зоне.

По окончании работ в опасной зоне составляют акт о снятии зоны с контроля, в котором дается критическая оценка эффективности проведения мероприятий по безопасному ведению горных работ. Указанные акты подлежат утверждению главным инженером предприятия.

9.3. Маркшейдерское обеспечение безопасного ведения горных работ в опасных зонах

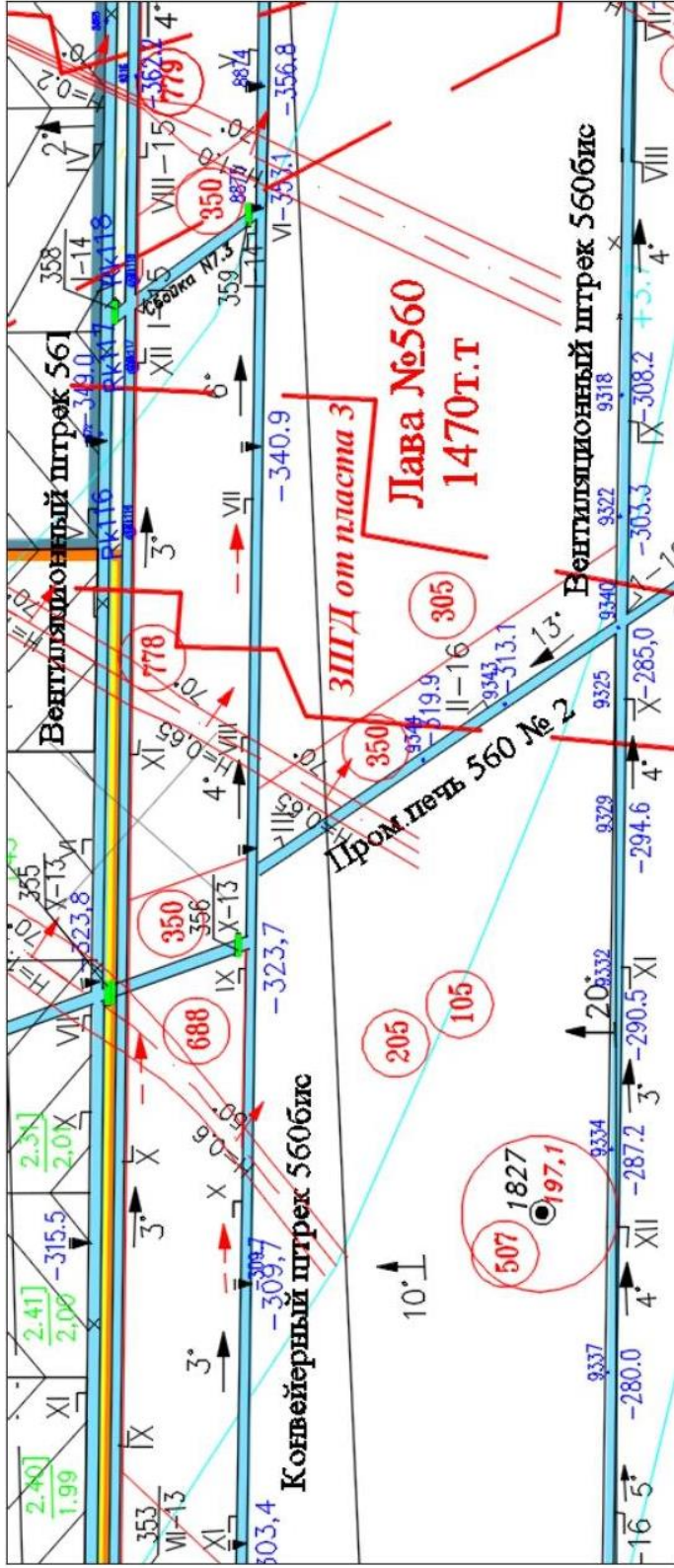
Границы опасных зон по мере их образования должны быть изображены в проектах ведения горных работ в опасных зонах, на планах горных выработок и другой графической документации. Ответственным за изображение границ опасных зон и учет этих зон является главный маркшейдер шахты, а по зонам у геологических нарушений – главный геолог шахты.

Для составления проекта безопасного ведения горных работ в опасной зоне маркшейдерская служба представляет необходимую графическую документацию с границами опасных зон, а геологическая – геологическую характеристику участка пласта, расположенного в опасной зоне.

Как правило, опасные зоны для выемочной единицы (границы опасных зон, их перечень, нумерацию и вид опасности) представляют в документе, называемом «Горно-геологический прогноз отработки выемочного участка», являющемся составной частью Паспорта отработки выемочного участка. Пример горно-геологического прогноза приведен на рис. 9.1.

Пример построения границы опасной зоны у незатампонированной разведочной скважины

Определение опасных по прорывам воды зон у разведочных скважин выполняют с учетом качества их тампонажа. Затампонированной считают скважину, бурение и ликвидация (тампонаж) которой выполнены с гарантией гидроизоляции ее ствола. Основанием для этого является акт ликвидационного тампонажа, составленный организацией, бурившей скважину. После вскрытия выработкой незатампонированных скважин возможно внезапное поступление воды или пульпы из ствола скважины. Работы вблизи таких скважин допускают только при соблюдении мер безопасности, установленных техническим руководителем шахты.



Номер опасной зоны	Наименование опасной зоны	Вид опасности
205	Отработка лавы ниже границы выбросоопасности	Выброс угля и газа
105	Отработка лавы ниже границы удароопасности	Горный удар
688, 778	Отработка лавы в зоне геологического нарушения	Слабые боковые породы
305	ЗПД от целиков пласта 3	Горный удар
507	Отработка лавы у разведочной скважины № 1827	Прорыв воды и газа
350	Зона опорного давления от передовых выработок	Горный удар

Рис. 9.1. Пример оформления горно-геологического прогноза отработки выемочного участка

При отсутствии акта ликвидационного тампонажа или при сомнительном его качестве, а также при несоответствии оценок качества тампонажа практическому опыту вскрытия аналогичных скважин конкретная скважина должна быть отнесена к категории незатампонированных.

У затампонированных скважин и под ними опасные зоны не устанавливаются, однако в пределах круговой зоны радиусом 20 м от точки пересечения скважины с пластом горные выработки ведут с мерами предосторожности.

У незатампонированных скважин опасные зоны устанавливаются в плоскости пласта в форме круга с центром в точке пересечения скважины с пластом. Радиус круга определяют по формуле

$$d = 5m + 0,05H + \Delta l, \text{ но не менее } 20 \text{ м}, \quad (9.1)$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м; H – расстояние по вертикали от земной поверхности до опасной зоны, м; Δl – погрешность положения затопленной выработки, определяемая маркшейдером шахты, м.

Для скважины № 1827 (см. рис. 9.1) при $H = 477,8$ м, $m = 1,83$ м и $\Delta l = 5$ м получим $d = 38$ м.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды опасных зон могут образовываться при подземной разработке месторождений? При открытой геотехнологии?
2. Какие обязанности возложены на службу главного маркшейдера для обеспечения безопасного ведения горных работ в опасных зонах?
3. В чем заключаются маркшейдерские предписания при подходе к границам опасных зон?
4. Кого уведомляет маркшейдер о подходе к границам опасной зоны?
5. Кто отстраивает границы опасных зон на планах горных выработок?
6. На основании каких данных участок недр относят к опасной зоне?
7. Что представляет собой Книга учета опасных зон?
8. С какой целью составляется акт о снятии опасной зоны с контроля

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативная

1. Горная графическая документация. ГОСТ 2.850–75 – ГОСТ 2.857–75. – Москва : Издательство стандартов, 1976. – 199 с.
2. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03).
3. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр : утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 22.03.2001 № 18.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях : утв. Госгортехнадзором РФ 16.03.98.
5. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом : утв. Ростехнадзором 20.11.2017.
6. Сборник нормативных материалов по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ в угольной отрасли России. – Москва : ИПКОН РАН, 1998. – 782 с.

Учебная

7. Бахаева, С. П. Маркшейдерские работы при открытой разработке полезных ископаемых : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» / С. П. Бахаева ; КузГТУ. – Кемерово, 2010. – 171 с.
8. Борщ-Компониец, В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело / В. И. Борщ-Компониец. – Москва : Недра, 1989. – 511 с.
9. Маркшейдерия : учебник для вузов по специальности «Маркшейдерское дело» направления подготовки дипломированных специалистов «Горное дело» [Электронный ресурс] / Моск. гос. горн. ун-т ; под ред. М. Е. Певзнера, В. Н. Попова. – Москва : Издательство МГГУ, 2003. – 419 с. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99342>
10. Маркшейдерское дело : в 2 ч. Ч. 1 : учебник для студентов вузов / под ред. И. Н. Ушакова. – Москва : Недра, 1989. – 311 с.
11. Маркшейдерское дело : в 2 ч. Ч. 2 : учебник для студентов вузов / под ред. И. Н. Ушакова. – Москва : Недра, 1989. – 437 с.
12. Маркшейдерское дело : учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – Москва : Недра, 1981. – 704 с.

13. Певзнер, М. Е. Маркшейдерия / М. Е. Певзнер [и др.]. – Москва : Издательство МГГУ, 2003. – 419 с.

14. Попов, В. Н. Геодезия и маркшейдерия / В. Н. Попов [и др.]. – Москва : Горная книга, 2017. – 456 с.

15. Попов, В. Н. Геодезия и маркшейдерия : учебник для вузов [Электронный ресурс] . – Москва : Горная книга, 2010. – 452 с. – Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=79284. – Загл. с экрана. (30.11.2018)

16. Синанян, Р. Р. Маркшейдерское дело / Р. Р. Синанян. – Москва : Недра, 1988. – 312 с.

17. Справочник маркшейдера : в 3 ч. / Г. П. Жуков [и др.] ; Сиб. угол. энергетич. компания. – Москва : Горное дело, 2015.

18. Трофимов, А. А. Геодезия. Маркшейдерское дело / А. А. Трофимов. – Москва : Недра, 1989. – 511 с.

**Роут Геннадий Николаевич
Рогова Тамара Борисовна
Михайлова Татьяна Викторовна**

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Редактор З. М. Савина

Подписано в печать 24.06.2019. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Уч.-изд. л. 8,0
Тираж 100 экз. Заказ.....
КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а