

Х.М. Касымканова

**МАРКШЕЙДЕРИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ
РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Алматы 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ НАУКИ
И РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

Х.М. Касымкаева

**МАРКШЕЙДЕРИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Рекомендовано Республиканским учебно-методическим
объединением в качестве учебного пособия

Алматы 2008

УДК 622.1
ББК 33.12 я 73
К 28

- К 28 **Х.М. Касымканова.** Маркшейдерия при открытой разработке месторождений полезных ископаемых: Учеб пособие. – Алматы: КазНТУ, 2008 – 84 с. Ил. 29. Табл. 6. Библ. – 11 назв.

ISBN 978-601-228-038-8

В учебном пособии приведен комплекс задач, решаемых маркшейдерской службой на карьерах. Изложены основные требования к геодезическим сетям, а также к содержанию и оформлению графической документации, отмечены особенности развития съемочного обоснования.

Рассмотрены объекты и методы маркшейдерских съемок описаны специальные маркшейдерские работы при строительстве эксплуатационных карьеров, создании породных отвалов рекультивации площадей.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 050707 «Горное дело».

ББК 33.12 я 73

Рецензенты:

Т.П. Пентаев, д-р техн. наук, акад проф., КазГАСА

Т.К. Калыбеков, д-р техн. наук, проф., КБТУ

Е.Б. Мухамеджанов, канд техн. наук, доц. каф. «Открытые горные работы» КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Печатается по плану издания Министерства науки и образования
Республики Казахстан на 2008 год

ISBN 978-601-228-038-8

© Касымканова Х.М., 2008
© КазНТУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие по дисциплине «Маркшейдерия при открытой разработке месторождений полезных ископаемых» для студентов специальности 050707 – «Горное дело» имеет цель максимально помочь студентам при самостоятельной проработке данного курса при выполнении как лабораторных работ, так и в изучении теоретической части дисциплины.

Современный карьер является мощным, высокопроизводительным горным предприятием по добыче полезного ископаемого. Горные работы ведутся на значительной площади (от нескольких, до десятков квадратных километров, достигая глубины 200–500 м на равнинной местности, в горных районах перепад высоты между крайними уступами составляет более 600 м).

Особенности маркшейдерских работ на карьерах связаны со специфическими условиями проведения горных работ. К этим условиям относятся: большая площадь распространения горных выработок, быстрое изменение положения забоев из-за использования мощных механизмов, наличие многообразных вспомогательных работ, требующих участия маркшейдерской службы. Это требует от маркшейдера глубоких знаний и умения выполнять все виды маркшейдерских работ, увязывая их с решением горнотехнических и технологических задач.

При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых выделяют основные этапы его освоения: подготовку карьерного поля к отработке, осушение карьера (разреза), строительство и эксплуатацию. В соответствии с этими этапами маркшейдерская служба выполняет различные виды работ.

В период подготовки карьерного поля маркшейдерская служба создает опорную и частично съемочную сеть, выполняет комплекс съемочных работ, по результатам которых составляется генеральный план поверхности месторождения. Полученная документация используется при выборе рациональной схемы вскрытия и системы разработки месторождения, при составлении проектов зданий и сооружений горного предприятия, размещаемых в пределах промплощадки и земельного отвода.

При осуществлении карьерного поля выполняют вынос с проекта в натуру дренажных выработок, задают направления горным выработкам и осуществляют контроль над соблюдением геометрических элементов при их проходке, составляют графическую документацию

На стадии строительства карьера маркшейдерская служба осуществляет.

- вынос в натуру проектного положения горных выработок, обеспечивающих вскрытие полезного ископаемого,
- разбивку на местности проектного положения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, линий электропередачи и т. д.;
- контроль над соблюдением заданных геометрических параметров зданий, сооружений и механизмов при их строительстве; производство съемочных работ, составление и оформление необходимой отчетной и графической документации

Во время эксплуатации месторождения маркшейдерская служба проводит:

- пополнение съемочной сети карьера; съемку рабочей зоны карьера и пополнение основного комплекта горной графической документации;
- определение и учет объемов добычи и вскрыши, потерь и разубоживания;
- обеспечение производства буровзрывных работ,
- наблюдения за устойчивостью бортов карьеров, уступов и отвалов, дамб хвостохранилищ;
- участие в составлении текущих и перспективных планов горных работ;
- составление графической документации, отражающей состояние и динамику развития горных работ;
- изучение геометрии залегания и качества полезного ископаемого, составление горно-геометрических графиков, изображающих распределение этих свойств в пространстве,
- сбор, переработку, хранение и представление в виде, необходимом для управления горными работами, всей горно-геометрической информации;
- контроль над полнотой выемки полезного ископаемого, соблюдением норм потерь и разубоживания.

1. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОРНО-СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ

Современная организация маркшейдерских работ на карьерах и приисках характеризуется тем, что работы выполняются с последовательным переходом от общего к частному; все измерения проводят с необходимой точностью, установленной для каждого конкретного вида работ; все виды работ выполняются с обязательным контролем.

При последовательном переходе маркшейдерских работ от общего к частному на поверхности территории производственно-экономической заинтересованности предприятия первоначально создают основную сеть, состоящую из сравнительно небольшого числа опорных пунктов, положение которых определяют с высокой относительной точностью. На этой основе строят сети с большим числом пунктов, с меньшими отстояниями друг от друга и меньшей относительной точностью.

В целях сохранения стабильности сетей опорных пунктов они строятся не только с учетом существующего рельефа местности, как это принято при проведении обычных топографических работ, но и с учетом формы разрабатываемой залежи, последовательного направления и конечного развития горных работ и породных отвалов, а также проекта и сроков возведения основных технических зданий, сооружений и транспортных коммуникаций.

Многолетний опыт показал, что основные опорные пункты, составляющие как бы основной каркас опорной сети, следует располагать за пределами границ контура технологической деятельности предприятия. На базе основной геодезической опоры последовательно создают относительно разреженную заполняющую сеть опорных пунктов. Дальнейшее сгущение сети осуществляется по мере развития горных, строительно-монтажных и отвальных работ.

Такая организация работ по созданию сетей опорных пунктов позволяет:

- сохранять в течение всего срока эксплуатации предприятия жесткость и стабильность сети опорных пунктов;
- легко восстанавливать утраченные (подрезанные, заваленные и застроенные) пункты сети на нерабочих бортах карьера, на неотработанных безрудных или безугольных участках, уплотнившихся породных отвалах и, наконец, на крышах возводимых капитальных зданий и сооружений;
- ослаблять влияние и накопление погрешностей в какой-либо одной части работ и всего поля карьера.

На рис. 1 представлена схема опорной сети карьера, построенная по изложенному выше принципу.

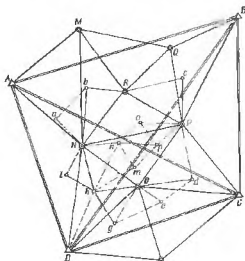


Рис. 1. Схема опорной сети карьера

Координаты пунктов A, B, C и D составляют геодезический четырехугольник, вынесены за пределы опасной зоны подработки и завала. На основе сети указанных пунктов определены координаты x, y заполняющей сети, т. е. пунктов M, N, O, P, R, F и Q , а на их основе координаты a, b, c, d, e, g, h, l . В свою очередь, между пунктом h в треугольнике DNO и пунктом P можно проложить цепь треугольников или полигонометрический ход и определить координаты опорных пунктов m, n, o, p .

На основе такой (или подобной) сети опорных пунктов развивают сеть съемочного обоснования и осуществляют детальную маркшейдерскую съемку всех подробностей в карьере и прилегающей к нему территории, включая и породные отвалы, а также проводят перенесение в натуру горных, разведочных и дренажных выработок, технических зданий, сооружений, транспортных и других коммуникаций. Вид маркшейдерской съемочной сети зависит от расположения открытых горных работ относительно земной поверхности, размеров и конфигурации карьера, системы ведения горных работ и рельефа местности. При подвигании фронта горных работ в условиях ограниченной ширины рабочих площадок, на которых закрепляют центры пунктов

маркшейдерской съемочной сети, часто подрабатываемые экскаваторной заходкой или взрывом, возникает необходимость в систематической закладке новых съемочных пунктов.

1.1. Государственные геодезические сети, сети сгущения.

Маркшейдерские опорные сети

Опорные геодезические сети делят на государственные сети и сети сгущения. Государственная сеть опорных пунктов является главной геодезической основой для проведения топографических, геодезических и картографических работ. В зависимости от способов создания сети, длин сторон, точности измерения углов и расстояний, а также порядка последовательного развития государственная сеть подразделяется на сети триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1-, 2-, 3- и 4-го классов, нивелирные сети I, II, III и IV классов.

Геодезические опорные сети сгущения служат плавновысотным обоснованием для производства топографической и геодезической съемок в масштабах 1:5000–1:500, а также для выполнения всех видов маркшейдерских работ. Сети сгущения развивают в дополнение государственных сетей опорных пунктов и как самостоятельные. Они включают аналитические сети 1- и 2-го разрядов, полигонометрические сети 1- и 2-го разрядов, техническое нивелирование.

Маркшейдерские опорные сети открытых разработок, как правило, состоят из пунктов 4-го класса и аналитических или полигонометрических сетей сгущения 1 и 2-го разрядов. Для сравнительно небольших по площади карьеров и приисков можно ограничиться сетями пунктов 1- и 2-го разрядов (табл. 1).

Таблица 1

Наименование сети и её показатели	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
ТРИАНГУЛЯЦИЯ			
Длина стороны треугольника, км	1–5,0	0,5–5,0	0,25–3,0
Предельная относительная погрешность базисной (выходной) стороны	1: 100 000 1: 50 000	1: 50 000	1: 20 000
Предельная относительная погрешность стороны в наиболее слабом месте	20	1: 20 000 20	1: 10 000
Наименьшее значение угла треугольника между направлениями данного класса (разряда)	$\pm 8''$	$\pm 20''$	20
Предельное значение невязки в треугольнике	$\pm 2''$	$\pm 5''$	$\pm 40''$ $\pm 10''$
Средняя погрешность измерения угла по невязкам треугольников			
Предельная длина цепи треугольников, км	10	5	3

Продолжение табл. 1

Наименование сети и её показатели	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
ТРИАТВАЦИЯ			
Длина стороны треугольника, км	1 – 5	0,5–5,0	0,25–3,0
Предельная относительная погрешность измерения стороны	1: 50 000	1: 20 000	1: 10 000
Наименьшее значение угла треугольника	20°	20°	20°
Предельная длина цепи треугольников, км	10	5	3
ПОЛИГОНОМЕТРИЯ			
Предельная длина хода, км	10	5	3
Предельная величина периметра полигонометрического хода в свободных сетях, км	30	15	9
Длина стороны хода, км			
Предельная длина хода от узловой точки до пункта высшего класса или разряда, км	0,25 – 0,80	0,12 – 0,60	0,08 – 0,30
Предельное число сторон хода	7	3	2
Предельная относительная невязка хода	15	15	15
Предельная относительная невязка хода	1: 25 000	1: 10 000	1: 5000
Средняя погрешность измерения угла (по невязкам в полигонах)	2 ^с	5 ^с	10 ^с

Маркшейдерские сети опорных пунктов групп карьеров и отдельных карьеров, расположенных в развитых горно-промышленных районах и бассейнах, а также в прилегающих к городам крупных промышленных, гидротехнических и сельскохозяйственных стройках, разбиваются на основе существующих сетей пунктов триангуляции высших классов. При отсутствии пунктов триангуляции высших классов опорные сети открытых разработок создаются самостоятельными.

При составлении проекта опорной сети пунктов карьера помимо детальной рекогносцировки местности должны быть использованы:

- топографический план в масштабе 1:5000–1:10000, на котором наносятся разведочные выработки, контуры залежи, границы горного и земельного отводов и т. д.;

- геологическая карта и разрезы;

- генеральный план технического проекта или проектного задания разработки месторождения с техническими границами горных работ, а также с нанесением контуров участков, отводимых под породные отвалы, основные технические задания и сооружения, транспортные магистрали, поселки;

- схема государственной и других геодезических сетей, сведения о состоянии центров и знаков опорных пунктов и реперах, имеющих на территории поля карьера или вблизи него.

При проектировании основного каркаса опорной сети с обязательным условием вынесения ее пунктов за пределы зоны под-

работки и завала следует по возможности ограничиться простыми схемами:

- простой цепью треугольников, если разрабатываемое месторождение имеет вытянутую форму;
- геодезическим четырехугольником, если месторождение компактной формы;
- полной и неполной центральной системой, если территория, занимаемая всем промышленным комплексом, компактна, и если имеется возможность один из пунктов основной сети расположить в безрудном центре или на вершине склона и т. д.

Важным условием при создании маркшейдерской опорной сети является привязка ее к государственной сети пунктов. В техническом отношении привязкой решаются три задачи:

- ориентирование маркшейдерской сети опорных пунктов по осевому меридиану данной зоны;
- центрирование, т. е. обеспечение возможности определения координат пунктов маркшейдерской сети в государственной системе;
- масштабирование, т. е. возможность определения длин линейных элементов (триангуляционной) сети

В простейшем случае полная привязка, в том числе и масштабирование, осуществляется путем включения в маркшейдерскую триангуляционную сеть двух смежных пунктов государственной сети. Однако такая возможность представляется редко. Кроме того, это возможно только при условии, если относительная погрешность стороны государственной сети удовлетворяет требованиям маркшейдерской триангуляционной сети. Чаще всего привязка осуществляется путем включения в маркшейдерскую сеть одного пункта государственной сети и одного – двух направлений на смежные пункты, т. е. осуществляется ориентирование и центрирование сети

Масштабирование маркшейдерских триангуляций производится, как правило, непосредственным измерением не менее двух краевых сторон треугольников основной сети.

Если возможности привязки к государственной сети полностью отсутствуют, то маркшейдерская опорная сеть является самостоятельной с частным (условным) началом координат x, y . Ориентирование сети осуществляют гирокомпасом или наблюдением астрономического азимута

Для обеспечения видимости при измерении углов над центрами пунктов опорной сети строят визирные знаки (пирамиды или сигналы), которые заканчиваются визирными цилиндрами. Поскольку ось визирного цилиндра и центра пункта должны находиться на одной отвесной линии, то центр следует закладывать после постройки триангуляционного знака.

Число и расположение пунктов определяет маркшейдер карьера, исходя из следующих соображений.

- обеспечения неподвижности пункта и долговременности его сохранности;
- достижения минимума работ при сгущении съемочного обоснования

Решение вышеуказанных вопросов увязывается с направлением развития горных работ во времени и пространстве. Типовая маркшейдерская опорная сеть состоит из пунктов, расположенных по бортам карьера, так что с рабочих горизонтов видны, по крайней мере, два-три пункта. При разработке с внутренними отвалами пункты опорной сети располагаются на устойчивых породах отвалов. В горной местности используются вершины, окружающие карьер, которые видны с различных его точек.

Пункты опорной сети закрепляются бетонными монолитами в соответствии с действующими инструкциями. Над пунктом устанавливается металлическая трехгранная пирамида высотой 5–6 м.

При установке пирамиды и центра добиваются, чтобы элементы редукции визирного цилиндра были менее точности измерений при сгущении сети съемочного обоснования. При установке центра пункта под визирным цилиндром с помощью двух теодолитов, оси визирования которых пересекаются под углом около 90° , линейный элемент достигает редукции менее 10 мм. В этом случае при дальнейшем использовании визирного цилиндра в качестве центра исходного пункта можно не вводить поправок за редукцию в измеренные направления.

Пункты опорной сети определяются аналитическими сетями или полигонометрией 1- и 2-го разрядов. Для исключения расхождений в съемках погрешность определения взаимного расположения пунктов должна быть менее 0,1 мм в масштабе основного маркшейдерского плана, независимо от класса или разряда пункта. Исходя из этого требования, выбирают *разряд* и схему сети для определения пунктов.

Аналитические сети 1- и 2-го разрядов строят в виде сетей треугольников, опирающихся на пункты высшего класса. Угловые измерения выполняют оптическими теодолитами Т2, Т5 или им равноточными. Средняя квадратическая погрешность измерения угла по невязкам треугольников не должна превышать в сетях 1-го разряда $\pm 5''$, в сетях 2-го разряда — $\pm 10''$.

Полигонометрия 1- и 2-го разрядов прокладывается в виде отдельных ходов или систем ходов. Угловые измерения выполняются с той же точностью, что и в аналитических сетях соответствующего разряда. Линейные измерения в условиях карьера рекомендуется

выполнять светодальномерами типа ТД-2, СМ-3 или МСД-1 м в зависимости от длины сторон и условий видимости.

В полигонометрии 2-го разряда допускается измерение длин сторон параллактическим методом с помощью базисных реек типа «Бала – 2 м».

Применение подвесных мерных приборов, проволок, лент или рулеток технически и экономически оправдано при малом объеме работ или при благоприятных условиях измерений и отсутствии других средств.

Разность между результатами измерений длины стороны после введения поправок за температуру и эталонирование, а также линейные относительные невязки ходов не должны превышать 1: 10 000 для полигонометрии 1-го разряда и 1: 5 000 – для 2-го разряда.

Во многих случаях опорная маркшейдерская сеть строится в виде комбинации аналитической сети и полигонометрии, что позволяет достигать нужной точности и густоты пунктов при минимуме затрат.

Уравнивание опорной сети во всех случаях следует выполнять по способу наименьших квадратов, используя ЭВМ. При восстановлении нарушенных пунктов или реконструкции опорной сети необходимо выполнять переуравнивание всей сети с использованием старых и новых измерений. Это уменьшает влияние накопления погрешностей исходных пунктов и расхождений между группами несвязанных измерениями пунктов.

Применение ЭВМ при уравнивании измерений позволяет строить сети любой геометрической сложности, что особенно удобно в условиях карьера, где имеется много факторов, осложняющих сеть: отвалы, крупные механизмы, зарыленность или загазованность атмосферы и т. п.

При отсутствии пунктов государственной геодезической сети разрешается опорную сеть строить в виде самостоятельных сетей 1- и 2-го разрядов, если площадь съемки не превышает 100 км². В самостоятельной сети измеряется не менее двух базисных (выходных) сторон с предельной относительной погрешностью 1:50 000 для сетей 1-го разряда и 1:20 000 – 2-го разряда. Самостоятельные сети ориентируются гирокомпасами или астрономически по Полярной звезде, что при подходе государственной геодезической сети к району карьера позволит просто выполнить перевычисление координат в общегосударственную систему и не потребует переделки графической документации.

Высотная опорная маркшейдерская сеть создается геометрическим нивелированием IV класса и техническим нивелированием. Высотная сеть состоит из пунктов плановой опорной сети с отметками, определенными геометрическим нивелированием грунтовых и стенных реперов.

Расположение и число пунктов высотной опорной сети определяет маркшейдер, как и при проектировании плановой опоры, исходя из условий отработки карьера. Взаимное положение соседних пунктов опорной сети должно быть определено с погрешностью 0,01 м, независимо от класса нивелирования.

1.2. Особенности и способы создания съемочного обоснования в карьерах

Для производства детальных маркшейдерских съемок карьеров и приисков, периодически повторяемых по мере подвигания горных работ, опорных пунктов, как правило, недостаточно. Поэтому создают более густые сети пунктов, именуемые сетями съемочного или рабочего обоснования. Такие сети в ряде случаев состоят не только из основных съемочных пунктов, но и дополнительных переходных точек, определяемых относительно основных.

В отличие от других объектов, съемка карьеров является *много-ярусной* (рис. 2), поскольку кроме земной поверхности (мерного яруса) съемке подлежат все рабочие площадки и бермы, т. е. горизонты уступов, число которых от 2–3 достигает 10–15 и более.

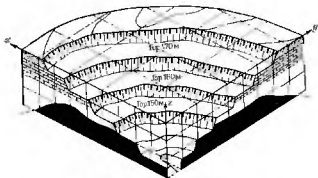


Рис. 2 Блов-диаграмма участка карьера

При непрерывном подвигании действующего фронта горных работ карьера и ограниченной ширине рабочих площадок и берм, на которых закрепляют центры съемочных пунктов, эти пункты очень часто подрабатываются пераой же экскаваторной заходкой или взрывом. Поэтому для съемки вновь образовавшихся верхней и нижней бровок

уступа на сравнительно небольших расстояниях, равных ширине заходки или взорванного блока, закладывают новые съёмочные пункты, которые, как правило, не имеют непосредственной геометрической связи с только что подработанными.

В каждом конкретном случае при выборе способа создания съёмочного обоснования необходимо учитывать:

- необходимую точность определения положения отдельных пунктов съёмочной сети относительно опорных пунктов на всех без исключения участках и горизонтах карьера,
- удобство пользования опорными пунктами и пунктами съёмочного обоснования при проведении детальной маркшейдерской съёмки в карьере;
- необходимую производительность и простоту полевых и вычислительных работ;
- по возможности продолжительную сохранность пунктов.

Съёмочные сети, построенные методом триангуляции, могут состоять из цепочек треугольников, в которые могут быть включены центральные системы и геодезические четырехугольники (рис. 3)

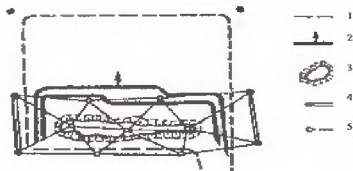


Рис. 3. Схема развития съёмочной сети карьера с внутренним отвалообразованием:

- 1 – граница карьерного поля, 2 – направление развития горных работ, 3 – внутренний отвал, 4 – пункт опорной сети, 5 – пункт съёмочной сети

Плановое положение пунктов съёмочной сети определяют следующими способами.

- системой GPS;
- геодезическими прямой и обратной засечками;
- полярным способом;

- проложением теодолитных ходов;
- аналитической пространственной фототриангуляцией;
- створных линий;
- эксплуатационной сетки

Погрешность определения положения пунктов съемочной сети относительно ближайших пунктов опорной сети не должна превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки и 0,2 м – по высоте

В зависимости от принятого масштаба съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000 длина цепочки треугольников не должна превышать соответственно 1,5; 3,6 и 6,0 км. Количество определяемых пунктов при этом допускается не более 7, а сторона треугольника – 1 км. Невязки углов в треугольниках не должны превышать 1'.

Каждую цепочку треугольников уравнивают отдельно. Угловая невязка устраняется в каждом треугольнике путем ее распределения поровну во все углы, а невязки в координатах – по ходовой линии между исходными пунктами пропорционально длинам сторон.

При измерении горизонтальных углов теодолитом Т15 или более точным достаточно одного приема, а при использовании теодолита ТЗО – двух приемов или повторения. Расхождение углов в приемах допускается не более 45''.

Все виды планового съемочного обоснования развивают на основе маркшейдерских сетей опорных пунктов в единой системе координат (x, y, z) принятой на данном горном предприятии или группе предприятий.

Средняя квадратическая погрешность положения пунктов съемочной сети относительно ближайших опорных пунктов карьера не должна превышать $\pm 0,2$ м при съемке в масштабе $1 : 1000$ и $\pm 0,3$ м – при съемке в масштабе $1 : 2000$.

Высотные отметки пунктов съемочного обоснования с требуемой точностью определяют от постоянных реперов и нивелирных марок геометрическим нивелированием или относительно опорных пунктов одновременно с передачей плановых координат – тригонометрическим нивелированием.

В зависимости от назначения и срока службы съемочные пункты в натуре закрепляют постоянными или временными центрами. Постоянными центрами закрепляют пункты, расположенные вне контура карьера, на площадках уступов нерабочего борта, на старых уплотнившихся внешних и внутренних отвалах (рис. 4 а, б в, г.), а временными – расположенные на рабочих площадках карьера, на уплотнившихся породных отвалах и т. д. (рис. 4 д, е).

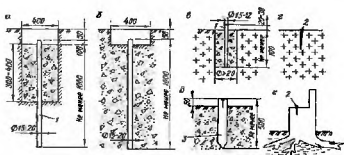


Рис. 4. Типы центров съемочной сети

Постоянными центрами съемочных пунктов могут служить соответствующей длины металлические стержни, трубки и облегченные рудничные рельсы, забетонированные в скважины или котлованы. При этом в мягких и увлажненных породах и грунтах бетонный монолит располагают ниже среднего уровня промерзания грунта. В скальных и полускальных сухих породах пункты закрепляют бетонированием стержней или трубок в шпурь или скважины малого диаметра на глубину 0,2–0,7 м.

Временными центрами съемочных пунктов, забиваемых непосредственно в грунт, служат заостренные металлические стержни, трубки и деревянные колья длиной 0,2–0,5 м.

Сами центры металлических знаков отмечают на верхнем торце крестом или керном, а деревянных – гвоздем, забитым в торец колья.

1.3. Геодезические засечки

На многих карьерах при малой ширине рабочих площадок вскрышных и добычных уступов достаточно широкое применение получения способ развития съемочного обоснования в виде вставок отдельных пунктов в опорную сеть прямыми и обратными геодезическими засечками. При этом способе необходимо, чтобы на бортах или вблизи бортов карьера было достаточное число опорных пунктов и не менее 3–4 пунктов, хорошо видных с любого участка карьера.

При использовании засечек необходимо соблюдать следующие условия:

- исходные и определяемые пункты не должны лежать на одной окружности;

– углы при определяемом пункте должны быть не менее 30° и не более 150° ;

– в зависимости от масштаба съемки 1:1000, 1: 2000, 1:5000 расстояния от исходных до определяемых пунктов не должны превышать соответственно 1, 2 и 3 км.

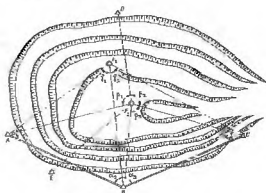


Рис. 5 Прямая и обратная геодезические засечки

При определении координат пунктов прямой засечкой (рис 6) достаточно трех исходных пунктов опорной сети A, B, C , на которых измеряют горизонтальные углы $\alpha, \beta, \alpha', \beta'$.

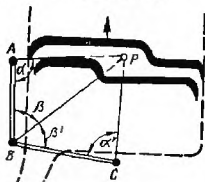


Рис. 6. Схема определения положения пункта Р способом прямой засечки

В случае использования способа обратной геодезической засечки

(рис. 7) необходимо иметь четыре исходных пункта A, B, C, D . В данном случае достаточно измерить два угла β_1, β_2 при определяемом пункте P и контрольный угол β_3 ,

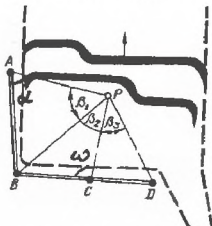


Рис. 7. Схема определения положения пункта P способом обратной засечки

При выборе оптимального варианта засечки перерассчитывается средняя квадратическая погрешность (с.к.п.) пункта P по формуле

$$m_p = \frac{m_\beta l_{B-P}}{206 \sin(\alpha + \omega)} \sqrt{\left(\frac{l_{C-P}}{l_{B-C}}\right)^2 + \left(\frac{l_{A-P}}{l_{A-B}}\right)^2}, \quad (1)$$

где m_β — с.к.п. измерения углов β_1 и β_2 ; l_i — длины соответствующих сторон, км.

Значения α и ω измеряют с точностью до 1° на плаве, а l_i — до 0,1 км.

Погрешность m_p не должна превышать 0,3 мм в масштабе плана.

Треугольник DCP используется для контроля точности вычисления координат определяемого пункта P .

Точность прямой геодезической засечки характеризуется величиной погрешности положения определяемого пункта

$$M = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}. \quad (2)$$

Если при определении пункта P (рис. 8) в исходных пунктах A и C измерены соответственно углы α и γ и известна средняя квадратическая погрешность измерения угла t_γ , то погрешность положения пункта можно определить по формуле

$$M_p^2 = m_x^2 + m_y^2 = m_\beta^2 \left(\frac{1}{p_x} + \frac{1}{p_y} \right),$$

где p_x, p_y – веса результатов измерений.

Из решения нормальных уравнений прямой засечки обратные веса координат характеризуются следующими значениями:

$$\frac{1}{p_x} = \frac{d_1^2 \cos^2 \alpha_2 + d_2^2 \cos^2 \alpha_1}{\rho^2 \sin^2 \gamma}, \quad (4)$$

$$\frac{1}{p_y} = \frac{d_1^2 \sin^2 \alpha_2 + d_2^2 \sin^2 \alpha_1}{\rho^2 \sin^2 \gamma}, \quad (5)$$

где d_1, d_2 – стороны прямой засечки, α_1 и α_2 – соответственно дирекционные углы этих сторон, γ – угол засечки.

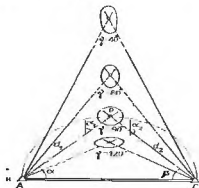


Рис. 8. К определению погрешности прямой засечки

Если в формулу подставить значения обратных весов координат, то после некоторых преобразований получим

$$M_p = \frac{m_\beta}{\rho^{1/2}} \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2}}{\sin \gamma}$$

Согласно рис. 8 при базисе прямой засечки $B=AC$

$$d_1 = B \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}, \quad d_2 = B \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (7)$$

Следовательно, погрешность положения определяемого пункта P относительно исходных A и C будет

$$M_p = \pm \frac{m_\beta}{\rho''} B \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}}{\sin^2 \gamma} \quad (8)$$

Если при определении пункта P прямой засечкой измерение всех трех углов α, ρ, γ произведено с одинаковой точностью и измеренные углы в треугольнике уравниваются, то

$$M_p = \pm \frac{0,67 \cdot m_\beta}{\rho''} B \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}}{\sin^2 \gamma} \quad (9)$$

Из формул (21 и 22) видно, что при прочих равных условиях минимальная погрешность прямой засечки будет при угле $\gamma = 90^\circ$ и $\alpha \approx \beta \approx 45^\circ$.

Точность обратной геодезической засечки. Критерием достоинства обратных геодезических засечек являются так называемые образцовые засечки с равными углами в $120, 60, 45^\circ$ при определяемом пункте и относительно равными расстояниями до твердых пунктов.

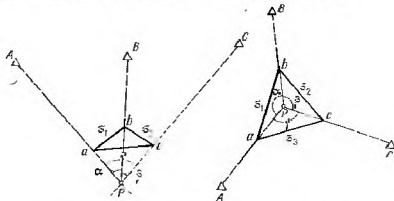


Рис. 9 К определению погрешности обратной геодезической засечки

Для определения погрешности положения пункта P , введенного обратной засечкой (рис. 9), можно воспользоваться следующей формулой:

$$M_p = \pm \frac{m_\beta}{2F} \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2}, \quad (10)$$

где $m_\beta = m_B \sqrt{2}$ – погрешность измерения угла,

$2F = q_1 q_2 \sin \alpha + q_2 q_3 \sin \beta + q_1 q_3 \sin \gamma$ – двойная площадь инверсионного (обращенного) треугольника,

где $q_{1,2} = \frac{\rho^{\theta}}{d_{1,2,3}} = \frac{206265}{d_{1,2,3}}$ – градиент направления;

$\sigma_1^2 = q_1^2 + q_2^2 - 2q_1q_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$ и $\sigma_2^2 = q_1^2 + q_3^2 + 2q_1q_3\cos(\alpha_3 - \alpha_1)$ – сумма квадратов градиентов направлений с определяемого пункта на твердые (здесь α_1, α_2 и α_3 – дирекционные углы направлений на твердые пункты).

В приведенной формуле размерность площади $F = (1''/1\text{ м})^2$, а $\sigma = 1''/1\text{ м}$.

Точность положения пункта, определяемого обратной засечкой, обусловлена величиной средней квадратической погрешности измерения углов при определяемом пункте величиной площади инверсионного треугольника, которая зависит от взаимного расположения твердых пунктов относительно определяемого, а также расстояний от определяемого пункта до исходных.

В том случае, когда определяемый пункт лежит на окружности, проходящей через три исходных пункта, площадь инверсионного треугольника такой фигуры будет равна нулю, а $M_p = \infty$.

Такое расположение точек в обратной засечке часто называют *опасным кругом*.

В практике производства открытых горных работ находит применение комбинированный способ создания съемочного обоснования, сущность которого заключается в прокладке азимутальных ходов с попутным измерением параллактических углов на опорные (аналитические или полигонометрические) пункты и последующем определении координат пунктов хода прямыми геодезическими засечками.

Для этого по уступу карьера или породного отвала между двумя твердыми пунктами прокладывают азимутальный теодолитный ход $A, B, C, \dots, G$ (рис. 10).

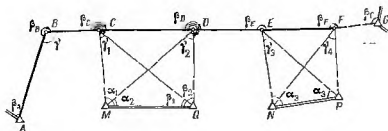


Рис. 10. Азимутальный теодолитный ход с определением координат пунктов прямыми засечками

В пунктах C , D , E и F одновременно с измерением углов полигона определяют параллактические углы γ_1 , γ_2 и γ_3 , γ_4 соответствующие опорные пункты M , Q и N , P .

После уравнивания полигона, т. е. внесения угловых поправок, определяют дирекционные углы всех его сторон, а также дирекционные углы направлений (CM) , (CQ) , (DM) , (DQ) и т. д. По известным дирекционным углам базисов (MQ) и (NP) и дирекционным углам (CM) , (CQ) , (DM) , (DQ) и т. д. определяют углы прямых засечек α_1 , β_1 и α_2 , β_2 и т. д. Затем, пользуясь формулами

$$x_p = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha + y_B - y_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (11)$$

$$y_p = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha - x_B - x_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (12)$$

вычисляют координаты x - y пунктов C и D , а также E и F .

Координаты пункта Входа, если астродиабический угол $30^\circ \leq \gamma \leq 150^\circ$, определяют решением азимутальной прямой засечки

$$x_B = \frac{x_A \operatorname{tg}(AB) - x_C \operatorname{tg}(CB) + (y_C + y_A)}{\operatorname{tg}(AB) - \operatorname{tg}(CB)}, \quad (13)$$

$$y_B = y_A + (x_B - x_A) \operatorname{tg}(AB) = y_C + (x_B - x_C) \operatorname{tg}(CB). \quad (14)$$

Когда один из дирекционных углов сторон близок к 90° или 270° , то удобнее пользоваться формулами котангенсов, тогда

$$y_B = \frac{y_A \operatorname{ctg}(AB) - y_C \operatorname{ctg}(CB) + (x_C - x_A)}{\operatorname{ctg}(AB) - \operatorname{ctg}(CB)}, \quad (15)$$

$$x_B = x_A + (y_B - y_A) \operatorname{ctg}(AB) = x_C + (y_B - y_C) \operatorname{ctg}(CB). \quad (16)$$

При соответствующем расположении исходных опорных пунктов данный способ съемочного обоснования имеет ряд преимуществ:

- азимутальные ходы с прямыми засечками позволяют создавать достаточно жесткие, легко контролируемые сети съемочного обоснования;
- нет необходимости в установке инструмента и измерения углов на базисных пунктах, что не связывает с обязательным условием взаимной видимости между ними;
- для определения координат каждого съемочного пункта нет необходимости в решении 2–3 вариантов засечек;
- полевые работы по созданию съемочной сети могут осуществляться одновременно с детальной съемкой, передвигаясь от начального до конечного пункта, не сходя с рабочей площадки уступа, что очень важно особенно в зимнее время года.

1.4. Полярный способ создания съёмочного обоснования

На крупных карьерах со значительным удалением участков горных работ от пунктов опорной сети достаточно эффективным является полярный способ создания съёмочного обоснования, при котором полярные углы и углы наклона измеряют точными теодолитами, а наклонные расстояния до определяемых внутрикарьерных съёмочных пунктов – светодальномером.

Во избежание излишних передач с дальномерной аппаратурой и теодолитом схема полярной сети съёмочного обоснования должна быть по возможности простой и долговременной. С этой целью на нерабочем борту карьера выбирают (или вставляют) опорный пункт – полюс с таким расчетом, чтобы с него в пределах досягаемых расстояний обеспечивалась хорошая видимость всех работающих (подвижных) участков карьера.

Если размеры карьера по простиранию разрабатываемого месторождения выходят за пределы досягаемых расстояний, обеспечивающих необходимую точность угловых и линейных измерений, или ограничены каким-либо препятствием, например поворотом фронта горных работ, то полюсных пунктов может быть 2–3 и более.

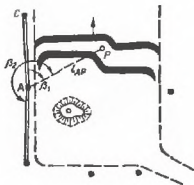


Рис. 11. Схема определения положения пункта Р съёмочной сети полярным способом

Определение пункта съёмочной сети полярным способом (рис. 11) связано с измерением горизонтальных углов β_1 и β_2 от двух различных направлений и расстояния I_{AP} .

Расхождение значений дирекционного угла α_{AP} , полученного из двух измерений, допускается не более $45''$ при расстоянии $I_{AP} = 3$ км. Измерение расстояния проводится с погрешностью не более $0,1$ м. В

измеренное расстояние вводятся поправки за наклон, кривизну Земли и редуцирование.

Погрешность определения положения отдельного пункта сети относительно исходного (полуса) обусловлена погрешностями измерения горизонтального угла β и длины линий светодальномером, т. е.

$$M_p = \pm \sqrt{\frac{L^2}{\rho^2} m_\beta^2 + m_L^2 + m_\phi^2},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла;

m_L – средняя квадратическая погрешность измерения расстояния;

m_ϕ – погрешность фиксации отражателя и визирной марки

1.5. Теодолитные ходы

В условиях карьеров и приисков теодолитные ходы широко используются в качестве съемного обоснования при съемках прилегающих к карьерам территорий (промплотадки и железнодорожные станции, породные отвалы и склады, транспортные и другие коммуникации, поселки и т. д.). При благоприятных горно-технических условиях (в частности, достаточной ширине рабочих площадок уступов) с применением высокопроизводительных приборов и инструментов для угловых и линейных измерений данный способ является достаточно эффективным обоснованием при съемке горных работ в карьерах. Для открытых разработок, расположенных на горных склонах, а также на нижних горизонтах глубоких карьеров с крутыми откосами бортов и малой площадью разброса этот способ съемочного обоснования часто является единственно возможным.

При прокладке теодолитных ходов в карьерах инструкцией предусматриваются следующие условия и допуски:

- средняя квадратическая погрешность измерения угла – $20''$;
- допустимая угловая невязка хода $f_\beta \leq \pm 30'' \sqrt{n}$;
- предельная длина хода не более 2,5 км;
- длина линий в ходах не менее 100 и не более 400 м;
- допустимая разность между двумя независимыми измерениями длины линии не более $1/2000$;
- допустимая относительная линейная невязка в теодолитных ходах не более $1/3000$ периметра хода.

Теодолитные замкнутые ходы должны быть, как правило, привязаны, а разомкнутые – опираться своими концами на пункты опорной сети с обязательным измерением примычных углов.

Если карьер имеет криволинейную форму с многосторонним раз-

вitiем горных работ, то при прокладке замкнутых теодолитных ходов их привязка может быть осуществлена к опорному пункту, расположенному в районе выездной траншеи. При вытянутой форме и одностороннем направлении фронта горных работ опорные пункты располагают по обе стороны торцовых частей карьера.

При прямолинейном фронте горных работ между двумя твердыми пунктами, вставленными в торцовые части уступа, вдоль всей рабочей площадки прокладывают створ.

При значительной протяженности фронта горных работ (более 1,5–2,0 км) или большой глубине карьера сети полигонных ходов существенно усложняются. По условиям точности съемочного обоснования возникает необходимость в дополнительных опорных пунктах, расположенных в средних или нижних участках карьера, в создании узловых систем или в повышении точности угловых и линейных измерений, т. е. в переходе к более высокому разряду полигонных ходов.

При выборе способа съемного обоснования необходимо учитывать:

- возможность обеспечения высокой производительности линейных измерений простыми, легкими и достаточно точными методами или косвенными способами;
- наличие выдержанной уступной системы разработки с достаточной шириной рабочих площадок;
- скорость подвигания фронта горных работ карьера.

При малой ширине рабочих площадок и интенсивном подвигании фронта горных работ пункты полигонных ходов быстро подрабатываются, что требует каждый раз при съемке не только пополнения, но и прокладки новых полигонов.

Теодолитные ходы (рис. 12) прокладывают между ближайшими пунктами опорной сети $Q-3-4$...– D или в виде замкнутых полигонов $A-C-1-2-5$...– A .

На исходном пункте измеряют углы β_1 и β_2 между стороной теодолитного хода и двумя направлениями на пункты опорной сети.

В зависимости от масштаба съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000 длина ходов не должна превышать соответственно 1,8, 2,5 и 6 км. Длина сторон допускается от 100 до 400 м. Измерения сторон выполняют в прямом и обратном направлениях. Разность между измерениями должна быть не более 1:1500 от ее среднего арифметического значения. Линейная невязка хода не должна превышать 1:3000. Угловая невязка допускается равной $45''\sqrt{n}$, где n – число измеренных углов в ходе.

ки P съёмочной сети, находящейся на створе 2-2', необходимо измерить углы β_1 и β_2

Расстояние l_{2-p} до определяемой точки находят из решения треугольников $1P2$ и $2P3$:

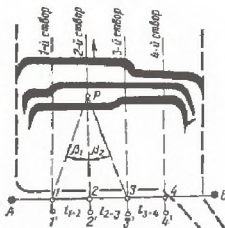


Рис. 13. Схема развития съёмочной сети карьера способом створных линий

$$\begin{aligned} l_{2-p} &= l_{1-2} \operatorname{ctg} \beta_1, \\ l_{2-p} &= l_{2-3} \operatorname{ctg} \beta_2 \end{aligned} \quad (17)$$

За окончательное значение принимают среднее арифметическое. Координаты точки P съёмочной сети находят по формулам:

$$\begin{aligned} X_p &= X_2 + l_{2-p} \cos \alpha_{2-p}, \\ Y_p &= Y_2 + l_{2-p} \sin \alpha_{2-p} \end{aligned} \quad (18)$$

1.7. Эксплуатационные сетки

Эксплуатационная сетка представляет собой условную систему прямоугольных координат, разбитую на поверхности поля карьера. Съёмочными пунктами сетки являются пересечения координатных ее осей (рис. 14), закрепленными постоянными центрами в ватуре.

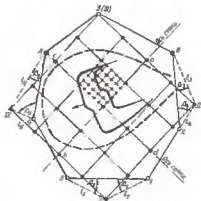


Рис. 14. Схема развития съемочной сети карьера способом эксплуатационной сети

Одну из взаимно перпендикулярных осей сетки располагают примерно по простиранию разрабатываемой залежи, т. е. параллельно фронту горных работ, или параллельно осям x, y существующей системы координат, если фронт работ имеет веерное перемещение или криволинейную конфигурацию.

Элементарные фигуры сеток делают в виде квадратов или прямоугольников с размерами сторон вкрест простирания фронта карьера в 20, 40 или 50 м. Разбивку сеток целесообразно производить в два приема. Первоначально разбивают основные квадраты 100х100 или 200х200 м. Разбивку заполняющих квадратов или прямоугольников внутри основных квадратов удобнее производить при приближении фронта горных работ карьера.

При разбивке и использовании сеток имеется в виду, что размеры сторон квадратов или прямоугольников приняты в проекции на горизонтальную плоскость.

Эксплуатационные сетки, отличаясь жесткой стабильной геометрической связью пунктов сетки с геологической структурой и горными работами разрабатываемого месторождения, делают простым переход от натуры к плану и обратно, позволяют успешно решать вопросы разведки, проектирования, разработки и рекультивации от начала до конца эксплуатации месторождения. Достаточно густая и геометрически правильная сеть пунктов позволяет применять элементарно простые, но в то же время достаточно точные способы съемок без сложных вычислительных работ; исключает возможность накопления систематических погрешностей при съемках и учете объемов.

Поперечные направления сеток одновременно являются и профильными линиями карьера, по которым строятся геологические раз-

резы и профили горных работ. Возможно использование их в качестве створных линий для восстановления и закладки пунктов на горизонтах уступов карьера.

По квадратам (прямоугольникам) сеток предоставляется возможность планирования вскрышных и добычных работ в карьерах, а также контроля выполненных работ, объемов вскрыши, погашенных запасов полезного ископаемого и рекультивации.

Эксплуатационные сетки как способ съемочного обоснования целесообразно применять в условиях:

- относительно спокойного рельефа поверхности поля карьера;

- наличия не более 2–3 уступов в карьере, т. е. в основном при разработке горизонтальных пластовых и пластообразных залежей (при большем числе уступов из-за сложности восстановления подработанных пунктов на нижних уступах переходят к другим способам съемочного обоснования);

- достаточно широких рабочих площадок (второго уступа).

Большой объем первоначальных работ, связанный с разбивкой сеток, часто является существенным препятствием для более широкого применения рассматриваемого способа съемочного обоснования даже на тех карьерах, где он бесспорно рационален.

Этот способ развития съемочной сети применяют в основном при дражных и гидравлических разработках, ровном рельефе земной поверхности. Развитие съемочной сети проходит по трем ступеням (рис. 4).

От пунктов опорной сети *A* и *B* прокладывают полигонометрический или теодолитный ход *A*, 3, *B*, 2, 1, 5, 4, *A* (1-я ступень).

Затем, используя генеральный план горных работ, составляют проект квадратной сетки с вершинами I, II, III, IV, покрывающей поверхность карьерного поля. При этом следят, чтобы одна из вершин (например, III) эксплуатационной сетки совпадала с пунктом хода (пункт 3).

Вершины сетки выносят в натуру по значениям углов β , и расстояниям l . После этого выносят точки, закрепляющие ось сетки *a*, *b*, *c*, а затем разбивают вершины остальных квадратов (2-я ступень), пункты которой и служат для выполнения съемочных работ.

При разбивочных работах на вершинах сетки длина визирного луча не должна превышать 800 м. Правильность работ проверяется измерением диагоналей квадрата или прямоугольника сетки.

Метод аналитической пространственной фототриангуляции (наземной или аэрофотосъемки) позволяет определить не только плановые координаты пунктов сетки, но и их абсолютные высоты. Мас-

штаб снимков, количество и расположение опорных точек определяются из условия, чтобы точность определения координат пунктов съемочной сети не превышала 0.4 мм в плане и 0.2 м по высоте.

1.8. Высотное обоснование маркшейдерских съёмок карьеров

В зависимости от способа построения съемочного обоснования отметки точек определяют или совместно с плановыми координатами, или построением высотных сетей.

При сгущении съемочного обоснования методом аналитической фототриангуляции отметки точек определяют совместно с плановыми координатами. Используемая технология построения сети должна обеспечивать среднюю квадратическую погрешность отметки $\pm 0,1$ м относительно пунктов опорной сети. В сетях микротриангуляции параллельно с измерением горизонтальных углов по сторонам сети выполняется тригонометрическое нивелирование.

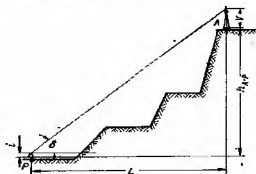


Рис. 15 Тригонометрическое нивелирование

Вычисление превышения при тригонометрическом нивелировании между двумя пунктами (рис 15) выполняется по формуле

$$h_{A,P} = Z_A - Z_P = L \operatorname{tg} \delta + i - v - f \quad (19)$$

где $Z_A - Z_P$ — отметки соответственно исходного А и определяемого Р-пунктов;

L — горизонтальное расстояние от исходного А до вставляемого Р-пунктов;

i, v — высота соответственно инструмента и визирной цели;

δ – угол наклона визирного луча; f – поправка за кривизну Земли и рефракцию, вычисляемая по формуле

$$f = 0.42 \frac{L^2}{R}, \quad (20)$$

$R = 6\,370$ км – радиус земли

При значительных углах наклона (более 20°) поправка вычисляется по формуле

$$f = 0.42 \frac{L^2}{R \cos \delta}, \quad (21)$$

Поправка вводится, если расстояние между пунктами более 700 м.

Точность тригонометрического нивелирования оценивается по формуле

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{m_b^2 L^2}{\rho^2 \cos^4 \delta} + m_L^2 \operatorname{tg}^2 \delta}, \quad (22)$$

где m_L – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального расстояния L ; m_b – средняя квадратическая погрешность измерения угла наклона δ .

Следует иметь в виду, что основная погрешность измерения угла вызывается вертикальной рефракцией луча визирования, проходящего вблизи поверхности уступов. Поэтому расхождение (см) между двумя определениями превышения в прямом и обратном направлениях не должно быть более 0,031 при расстояниях до 1000 м; 0,02L – при расстояниях более 1000 м, где L – длина линии, м.

Сеть замкнутых полигонов тригонометрического нивелирования уравнивается по способу В. В. Попова. Веса отдельных сторон вычисляются по формуле

$$P_i = \frac{c^2}{L_i^2}, \quad (23)$$

где c – обрпий множитель; L – длина i -й стороны.

При вставке пункта засечкой или полярным способом его отметка отделяется минимум дважды. Отклонение любого определения от среднего арифметического значения не должно превышать $\pm 0,2$ м.

Вдоль теодолитных ходов или группы пунктов допускается прокладывать ходы тригонометрического нивелирования, опирающиеся на пункты опорной сети. Длина хода не должна превышать 2,5 км. Превышение между точками хода определяется в прямом и обратном направлениях так, чтобы расхождение (см) двух измерений не превышало $0,04 L$, где L – длина линии, м. Допустимая невязка $f_{\text{в.ход}}$ хода тригонометрического нивелирования (см) вычисляется по формуле

$$f_{\text{квот}} = \pm \frac{0,04[L]}{\sqrt{n}}, \quad (24)$$

где $[L]$ – длина хода, м; n – число длиний хода.

Во всех случаях, когда по условиям измерений эффективно применять геометрическое нивелирование, следует избегать метода тригонометрического нивелирования как менее точного и более трудоемкого, а использовать техническое нивелирование.

Для технического (геометрического) нивелирования используются нивелиры со среднеквадратической погрешностью измерения превышения не более 10 мм на 1 см хода. Допускается прокладка хода в одном направлении между двумя исходными реперами и висячие в прямом и обратном направлениях. Расстояние между инструментом и рейками должны быть равными и не превышать 150 м. Разность превышений, вычисленных по черным и красным сторонам рейки, или полученной при двух горизонтах инструмента, не должна превышать 5 мм. Невязка хода допускается не более $50 \sqrt{L}$, где L – длина хода, км. Если на 1 км хода приходится более 25 станций, то невязка не должна превышать $10 \sqrt{n}$, где n – число станций в ходе.

При использовании тригонометрического нивелирования высотные отметки пунктов могут определяться путем прокладки тригонометрических ходов или напрямую (в случае использования засечек и полярного метода). Ходы нивелирования должны опираться на пункты, высоты которых определены геометрическим нивелированием не ниже IV класса. Длина ходов допускается не более 2,5 км. Превышения определяются дважды, в прямом и обратном направлениях. Расхождение превышений допускается не более 0,04 L (см), где L – длина стороны, м.

Вертикальные углы измеряются теодолитами Т15 и точнее – одним приемом, ТЗ0 – двумя приемами. Высота инструмента и визирной цели измеряется с точностью до 1 см.

Невязки ходов не должны превышать $0,04L\sqrt{n}$, где L – длина хода, км, а n – число сторон.

При развитии съемочной сети методом засечек превышения между пунктами определяются по одвой стороне в прямом и обратном направлениях или в одном направлении по двум сторонам рейки.

При полярном способе превышение находят дважды с изменением высоты инструмента и визирной цели.

При измерении вертикальных углов теодолитами ТЗ0, Т15 и Т2 расстояние между пунктами не должно превышать соответственно 1, 1,5 и 2 км.

Расхождение между двумя вычисленными превышениями или прямым и обратным превышением должно быть не более 0,03 L (см) при расстояниях до 1 км, и 0,02 L (см) – при расстояниях более 1 км.

2. МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ КАРЬЕРОВ

2.1. Подготовительные работы и способы перенесения проектных данных в натуру

Основными документами для работ при строительстве и реконструкции карьеров и приисков являются утвержденные проекты (генеральные планы, рабочие чертежи и расчетно-пояснительные записки), которые содержат все необходимые данные для производства маркшейдерско-геодезических работ. Маркшейдерско-геодезические работы проводятся в целях обеспечения планово-высотного положения возводимых технических зданий и сооружений, транспортных трасс и коммуникаций, проведения открытых и подземных капитальных горных выработок (въездных и разрезных граншей, съездов, а также выработок дренажного и водоотливного комплекса) с соблюдением заданных размеров и форм, предусмотренных проектом.

На основе систематически проводимых контрольных съемок и замеров и составления исполнительных планов, разрезов и профилей, фиксирующих фактическое положение строящихся объектов, осуществляется контроль над соблюдением геометрической схемы возводимых сооружений и проводимых горных выработок, определение и учет объемов произведенных работ.

Перенесению проекта в натуру предшествуют подготовительные работы, заключающиеся в детальном изучении и маркшейдерско-геодезической подготовке проекта, в знакомстве с существующей планово-высотной геодезической основой и при необходимости в ее дополнении; в выборе способов разбивочных работ и составлении разбивочных схем и чертежей с аналитическими данными привязки главных точек и осей зданий, сооружений и выработок к пунктам геодезической основы, в предрасчете точности вывеса в натуру основных геометрических элементов сооружений и трасс (угловых точек осей, габаритов, руководящих уклонов и т. д.) и сравнение этой точности с допусками, регламентированными соответствующими строительными нормами и правилами технической эксплуатации.

При перенесении проектов в натуру и разбивке сооружений и трасс различают два вида точности: 1-й вид характеризуется точностью или погрешностью положения возводимого сооружения относительно окружающих предметов местности или геологической структуры, т. е. опорной сети пунктов, и 2-й – точностью положения частей и сопряжений в случае транспортной или технологической связи возво-

дм его сооружения относительно главных его осей

Подготовка исходных данных с проектных планов и чертежей
Для производства разбивочных работ необходимо иметь исходные данные: координаты отдельных точек и дирекционные углы осевых линий зданий, сооружений и трасс, высотные отметки, связующие расстояния и направления главных точек сооружений относительно пунктов геодезической основы. На проектных планах и чертежах часть наиболее важных данных дается в виде числовых значений, а часть выражена только графически.

При графическом определении координат точек, дирекционных углов, расстояний и углов поворота следует учитывать поправки σ_x и σ_y за деформацию бумаги, на которой изображен проектный чертеж.

Координаты точки i с учетом деформации бумаги определяют по формулам

$$x_i = x_o + \frac{a}{M} \sigma_x, \quad y_i = y_o + \frac{b}{M} \sigma_y,$$

где x_o, y_o — координаты ближайших осей сетки, которые давы на плане; a и b — отрезки координат определяемой точки i , измеренные по плану от ближайших осей сетки, M — масштаб плана.

Для прямой линии AB координаты конечных точек которой x_A, y_A и x_B, y_B известны или определены графически с учетом деформации бумаги, дирекционный угол равен

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \quad (26)$$

а горизонтальная длина

$$AB = d = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}} = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2} \quad (27)$$

и наклонная длина линии, если известен угол наклона δ

$$l = \frac{d}{\cos \delta}. \quad (28)$$

Перенесение элементов проекта в натуру. При перевесении основных элементов проекта в натуру решается обратная геодезическая задача, поэтому способы разбивочных работ аналогичны способам съемки с той разницей, что от пунктов и линий опорной сети пунктов длины линий, углы и превышения не измеряют, а откладывают, значения которых берут из проекта

Вынос основных элементов проекта (точек, осей и контуров) сооружений в натуру выполняют следующими способами: полярным,

ордиатным, прямой угловой засечкой, линейной засечкой, проектным полигоном, редуцированием и др.

Полярный способ определения положения точки C относительно 2-опорных пунктов A и B заключается в выносе на местность угла $ABC = \beta$ и горизонтального расстояния $BC = d$ (рис. 16 а).

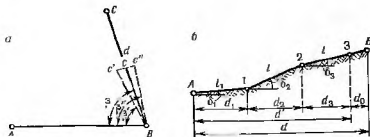


Рис. 16 Вынесение проекта в натуру

Способ ординат применяют при разбивке промышленных и гражданских сооружений, поселков, контуров транспортных трасс (выемки, насыпи и пр.) с помощью пунктов сетки или полигоновых ходов.

Перевос в натуру точек способом ординат заключается в том, что по створу линии откладывают отрезки $d_1, d_2, \dots, d_n$ в полученных точках створа (абриссы) восстанавливают перпендикуляры $p_1, p_2, \dots, p_n$ (рис. 16 б).

Этот способ целесообразно применять, когда длины перпендикуляров (ординат) не превышают длины мерного прибора, а перпендикуляры восстанавливаются эскером или угломерным инструментом.

Способ угловых засечек. Положение точки P относительно опорных пунктов A и B (рис. 17 а) определяют путем выноса в натуру углов $BAP = \beta_1$ и $ABP = \beta_2$. Оба направления AP и BP при двух положениях трубы теодолита фиксируют на торцах кольев, забитых на расстоянии 50–60 м. Получив средние направления, оба угла измеряют и сравнивают с заданными.

Направления AP и BP вблизи определяемой точки отмечают колышками 1–2 и 3–4. Положение точки P определяют при помощи двух пересекающихся шнуров, натянутых между соответствующими парами точек.

Способ линейной засечки. Точка сооружения P (рис. 17 б) определяется пересечением дуг проектных расстояний d_1 и d_2 отложенных

от имеющихся на площадке пунктов A и B .

Указанный способ применяют, когда разбивка сооружения осуществляется на ровной открытой площадке при наличии поблизости двух опорных точек.

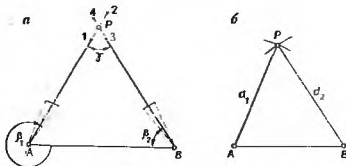


Рис. 17 Прямая засечка a – угловая; b – линейная

Способ проектного полигона применяют при разбивке вытянутых сооружений (например, железнодорожных путей и автомобильных дорог, ЛЭП, водопроводов, газопроводов и пр.), а также при проведении подземных дренажных выработок. Он заключается в последовательном выносе в натуру углов поворота трассы и длин сторон (рис. 18 а).

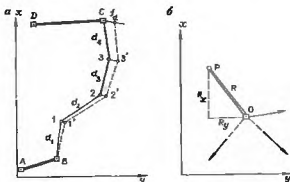


Рис. 18 Вынесение точек проекта в натуру способами a – полигона, b – редуктирования

Разбивка полигонного хода, опирающегося на исходные пункты B и C и стороны AB и CD опорной сети, может привести к образованию линейной невязки, величину и направление которой определяют непосредственно в натуре. Уравнивание полигона сводится к перемещению его точек $1', 2', 3', 4'$ параллельно невязке f_d и пропорционально длинам отложенных сторон полигона в обратном направлении.

При прокладке висячих проектных полигонов величину и направление невязки определяют методом редуцирования.

Способ редуцирования. При значительном удалении определяемой точки P сооружения от пунктов опорной сети ее положение на местности намечают приближенно и закрепляют центром O .

После вставки пункта O в сеть и определения координат x_o, y_o вычисляют величину и направление редукции (рис. 18 б).

$$R_x = x_P - x_o; \quad R_y = y_P - y_o,$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad \text{и} \quad \text{tg} \alpha_R = \frac{R_y}{R_x},$$

где x_o, y_o – координаты приближенной точки O , полученные в результате вставки в сеть; x_P, y_P – координаты определяемой точки P по проекту.

Определение положения проектной точки P в натуре можно произвести полярным способом по величинам α_R и R .

Перенесение высотных отметок в натуру. В данном случае имеется в виду, что исходная точка O является постоянным или временным репером, высотная отметка которого z_o определена заранее техническим нивелированием или нивелированием IV класса.

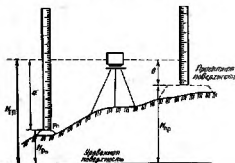


Рис. 19. Перенесение в местность проектной отметки точки

Установив нивелир на равных расстояниях (не более 50–60 м) между репером O и точкой P на которую передается высотная отметка, по рейке, установленной на репере O , берут отсчет a и определяют горизонт инструмента

$$ГИ = Z_O + a. \quad (29)$$

Затем вычисляют отсчет b по рейке, установленной в точке P , который должен соответствовать проектной отметке Z_P

$$b = ГИ - Z_P. \quad (30)$$

После надежного закрепления проектной отметки в точке P пере-данное превышение $h = Z_O - Z_P$ следует проверить нивелированием.

Исходной документацией при производстве маркшейдерских работ при строительстве карьеров являются: технический проект организации строительных работ, генеральный план строительства, геополитический отчет с протоколом об утверждении запасов в ГКЗ, топографический план поверхности; отчет о топографо-геодезических работах; схема пунктов опорной и съемочной сетей; каталог координат пунктов опорной и съемочной сетей.

При проходке разрезной или вскрышной траншей выполняют вынос оси траншеи, определяют положение верхних и нижних бровок, поперечников и задают требуемый уклон. На поперечных разрезах траншей указывают последовательность заходов и их сечения, дренажные канавы. На прямолинейных участках траншей и на всех точках перегиба продольного профиля разбивают поперечные профили через 20–40 м. В створе оси, используя теодолит и ленту, разбивают плюсовые точки, от которых влево и вправо перпендикулярно к ней откладывают проектные расстояния до характерных точек поперечного профиля. При проведении траншей по склону на местности через 20–50 м обозначают колыями линии нулевых работ. На местности после обозначения линии нулевых работ выносят и закрепляют положение оси траншей. Через каждые 20–30 м реперами фиксируют заданный уклон. Попутно с контролем соблюдения при проходке геометрических элементов траншей определяют объем вынутой горной массы.

При строительстве карьера с учетом проектного контура карьерного поля, промплощадки и различных коммуникаций развивают сеть маркшейдерских опорных и съемочных пунктов.

При сдаче карьера в эксплуатацию в маркшейдерский отдел карьера сдается документация, отражающая состояние горных работ, ситуацию и рельеф земной поверхности территории экономической заинтересованности предприятия и систему коммуникаций, каталоги координат пунктов опорной и съемочной сетей, вычисления ориентировок подземных горных выработок (при комбинированной системе

разработки месторождения), каталоги координат устьев геолого-разведочных и дренажных выработок, данные подсчета объемов добычи и вскрыши.

2.2 Маркшейдерское обеспечение монтажа в эксплуатации горно-транспортного оборудования

Разработка месторождений открытым способом сопровождается, как правило, перемещением значительных объемов горной массы. Транспортировка полезного ископаемого и вскрыши на карьерах осуществляется различными видами транспорта: железнодорожным, автомобильным, тракторным, конвейерным, гидравлическим, подвесными канатными дорогами, кабельными кранами и скиповыми подъемниками. Наибольшее распространение получили железнодорожный, автомобильный и конвейерный виды транспорта.

Транспортирование грузов по рельсовым путям является одним из широко распространенных на крупных карьерах. Протяженность железнодорожных путей на ряде карьеров достигает 100–150 км.

К производству маркшейдерско-геодезических работ при строительстве и эксплуатации железнодорожных коммуникаций карьеров предъявляются достаточно высокие требования.

Карьерные железнодорожные пути делятся на стационарные и передвижные. К маркшейдерско-геодезическим работам при строительстве карьерных железнодорожных путей относятся:

- вынос в натуру осей трасс в плане и профиле;
- разбивка стрелочных переводов, отводных путей и съездов;
- разбивка стационарных коммуникаций (станций, путепроводов и др.);
- планово-высотный контроль железнодорожных трасс, контроль габаритов подвального состава и приближения строений.

На железнодорожном транспорте карьеров применяют в основном колею шириной 1524 мм, реже – 1000–900 и 750 мм.

В плане железнодорожный путь состоит из прямых участков, основных и переходных кривых. Для разбивки основных кривых приняты следующие минимальные радиусы (табл. 2)

Таблица 2

Категория пути	Минимальный радиус, м, при ширине колеи, мм		
	1524	1000–900	750
Постоянные – для внешнего транспорта	200	150	100
Временные (карьерные)	150	100	60
Рабочие (займные)	100	60	30

Для обеспечения плавного перехода железнодорожного поезда с прямого участка пути на сопряжения на постоянных путях делают переходные кривые. Их радиус постепенно изменяется от бесконечности до радиуса нормальной круговой кривой. На забойных путях переходных кривых обычно не делают.

Профиль железнодорожного пути состоит из уклонов (подъемов) и горизонтальных участков трассы. Уклон i характеризуется отношением превышения h к горизонтальному расстоянию. Различают руководящие, вспомогательные и второстепенные уклоны.

Перенесение в натуру железнодорожных трасс. Исходными данными для перенесения в натуру проекта трасс служат:

- план трассы с указанием пунктов примыкания, которые задаются координатами x , y или местных пунктов примыкания, длин линий, углов поворота и радиусов кривых;
- продольный профиль трассы с указанием существующих и проектных отметок, а также проектных уклонов.

Углом поворота трассы принято считать внешний угол, составленный продолжением предыдущей линии с направлением последующей.

В зависимости от общей длины трассы, ее отдельных прямых участков, рельефа местности, залесенности и застроенности определение поворотных точек на местности при перенесении проекта в натуру осуществляют полярным способом, геодезическими засечками или способом проектного полигона, т. е. последовательно откладывая на местности проектные углы поворота и длины линий.

При разбивке трассы поворотные точки закрепляют деревянными кольями или металлическими стержнями, вбитыми на уровне с землей, около которых забивают «сторожки». В перегибах рельефа по оси трассы (лопринах, оврагах, ручьях и т. д.) устанавливают так называемые плюсовые точки. К плюсовым точкам относятся и точки поворота трассы. После закрепления поворотных и плюсовых точек разбивают пикетаж, стандартные расстояния которых на криволинейных участках трассы рассчитывают по кривой. Пикетные точки также закрепляют кольями, вбитыми на уровне с землей, и сторожками. По окончании строительства дороги пикеты переносят на обочину и закрепляют постоянными знаками – деревянными или бетонными столбиками.

По разбитым пикетам трассы проводят нивелировку. Наряду с продольной также проводят поперечную нивелировку по пикетам и точкам, разбитым перпендикулярно к оси трассы на расстояниях 10, 20 или 30 м в обе стороны.

Элементы криволинейных участков пути определяют по из-

вестному углу α поворота трассы и заданному радиусу кривой R (рис 20 а). Центральный угол $AOC = NBC = \alpha$, биссектриса OB делит центральный угол пополам, радиус кривой $R = OA = OC$. Касательные $AB = BC$ именуются тангенсами T , точка A является началом кривой НК, точка C – концом кривой КК, а точка E – серединой кривой СА. Отрезок $BE = B$ называют биссектрисой, кривая AEC обозначается буквой К, а разность $2T - K = D$ именуется домером.

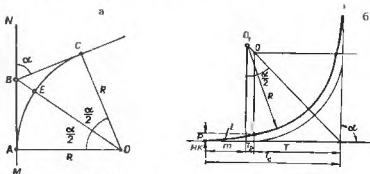


Рис. 20 Кривые участки железнодорожного пути.
а – элементы кривой; б – круговая кривая с переходными кривыми

В связи с необходимостью определения середины кривой – точки E из вершины поворотного угла ABC , угол

$$\gamma = NBO = 90^\circ + \frac{\alpha}{2} \quad (31)$$

Числовые значения приведенных выше элементов кривых по известным α и R можно найти в специальных таблицах.

При строительстве постоянных железнодорожных путей и наличии больших скоростей движения поездов по ним при входе на кривую и выходе с нее делают вставки – переходные кривые, радиус которых изменяется от бесконечности до заданного круговой кривой.

При вставке переходных кривых длиной l от 20 до 200 м (рис. 20 б) величина заданного радиуса R самой кривой сохраняется, но ее центр при этом смещается на величину $oo_1 = p$.

Таким образом, при наличии переходной кривой суммарная длина тангенса будет

$$T_c = T + m + T_F \quad (32)$$

где

$$T_F = p \tan \alpha / 2.$$

Следовательно, переместятся точки начала НК и конца кривой КК.

Также увеличится суммарная длина биссектрисы BE

$$B_c = B + B_p, \quad (33)$$

где

$$B_p = p \sec \alpha/2.$$

Принимая одну из стандартных длин, кратную 20 м переходной кривой l , значения m , T_p и B_p находят из таблиц.

Разбивку кривых в натуре проводят по главным точкам и деталям через 10 или 20 м. Детальная разбивка круговых кривых осуществляется следующими способами:

- 1) *Способом ординат*
- 2) *Способом продолженных хорд и углов (рис. 21).*

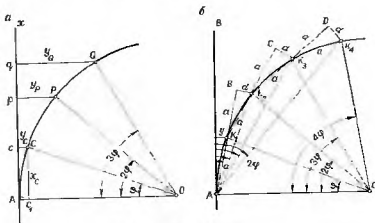


Рис. 21. Разбивка кривых
а – способом ординат, б – способом продолженных хорд и углов

Способ ординат Если касательную (тангенс) Ax (рис. 21 а) принять за ось x а радиус AO – за ось y , то положение любой точки C , P , Q ... определится координатами

$$\begin{aligned} x_c &= c_1C = R \sin \varphi, \\ y_c &= c_1C = AO - c_1O = R - R \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi), \end{aligned} \quad (34)$$

где $\varphi = K \frac{180^\circ}{\pi R}$.

Координаты точек P и Q определяются аналогично, как и координаты точки C .

Практические приемы разбивки кривой способом ординат заклю-

чаются в следующем. По тангенсу Ax протягивают стальную ленту или рулетку, через 10 или 20 м от точки A назад по ленте отсчитывают величину $K - x$, взятую из таблицы. Из отмеченной точки c проводят перпендикуляр cC , на котором откладывают соответствующую ординату y_c , взятую также из таблицы. В полученных таким образом точках C, P, Q и т. д. забивают колышки. Разбивку первой половины кривой проводят от НК, а второй – от КК.

Как видно, данный способ приемлем на ровной и свободной от препятствий поверхности.

Способ продолженных хорд удобен при разбивке кривых в стесненных условиях. Первую точку кривой k_1 (рис. 21 б) определяют по координатам x, y , которую называют крайним перемещением. Получив точку k_1 , натягивают ленту по прямой Ak_1 и на расстоянии k_1B , равном 10 или 20 м, определяют точку B . Далее удерживая ленту в точках A, k_1 и B , от точки B перпендикулярно к линии AB отмеряют расстояние d называемое промежуточным перемещением, которое находят по таблицам или вычисляют по формуле

$$d = a^2/R. \quad (35)$$

Закрепив точку k_2 ленту протягивают по прямой k_1k_2 на расстояние $k_2C = a$ и удерживают в точках k_1, k_2 и C . Перпендикуляр, опущенный из точки C , определяет положение точки кривой k_3 и т. д.

Детальную разбивку кривой проводят от начала и конца к ее середине. Погрешность разбивки перпендикулярно к оси кривой не должна превышать 5–10 см.

Способ углов отличается от предыдущего способа тем, что те же точки $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ (рис. 21б) расположенные на кривой, определяют комбинированными засечками (угловыми и линейными).

На кривой радиусом R с центром в точке O расположены точки $A, k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ на равных расстояниях a друг от друга. Через начальную точку кривой проводят касательную AB и ряд хорд Ak_1, Ak_2, Ak_3 и т. д. Первый угол BAk_1 составленный касательной и хордой, будет измеряться половиной дуги Ak_1 . Все прочие углы, составленные соседними хордами, как вписанные, будут также измеряться половинами дуг, заключенными между их сторонами.

Автомобильные дороги в пределах земельных отводов открытых разработок относятся к автодорогам III класса, т. е. местного значения. Строительство автодорог в этой связи должно проводиться с соблюдением следующих основных правил:

- ширина общей полосы, отводимой под дороги, допускается до 30 м;
- максимальный уклон (подъем) на отдельных участках в зависимости от рельефа местности, а также руководящие уклоны в карь-

ере допускаются от 0,060 до 0,100;

- направление дороги в плане должно обеспечивать безопасность и удобство движения с заданными скоростями транспорта;

- трассы автодорог должны по возможности проходить по кратчайшему расстоянию;

- радиусы кривых допускаются от 175 до 75 м, а непосредственно в карьере (в зависимости от типа автомобилей и их грузоподъемности) – до 30–10 м.

В проект автомобильной дороги входят план дороги с указанием координат поворотных точек, размеров прямых участков и кривых, продольный и поперечные профили с указанием проектных уклонов, фактических и проектных отметок.

Маркшейдерско-геодезические работы, связанные с изысканием и разбивкой трасс, принципиально ничем не отличаются от аналогичных работ, связанных с прокладкой рельсовых путей.

Разбивку оси трассы выполняют от ближайших опорных пунктов полярным способом или способом проектных полигонов. Ось трассы закрепляют пикетными кольшками, на которых выписывают величины выемки или насыпи. Кривые разбивают способом продолженных хорд или упрощенным способом.

На некоторых карьерах, преимущественно с внутренним отвалообразованием выемка вскрышных пород, транспортировка и укладка в отвалы осуществляется одним агрегатом – транспортно-отвальным мостом. Основными частями транспортно-отвального моста являются добычной орган, обеспечивающий экскавацию горной массы (ротонный, ковшовый или другой экскаватор); три фермы – пролетная, коньковая и отвальная, две опоры с ходовыми тележками, расположенными на концах пролетной фермы.

Маркшейдерские работы по обеспечению транспортно-отвального моста состоят из периодической съемки уступов и рабочих площадок, контроля над горизонтальной, вертикальной и угловой подвижностью моста и деформациями его металлоконструкций.

Перемещение транспортно-отвального моста требует строго выверенной поверхности под опорными тележками, исключающей деформацию его конструкции. Опоры могут перемещаться по рельсам или с помощью гусениц. Это обуславливает необходимость постоянного контроля над их плановым положением, уклоном и соответствии их паспортным данным рельсовых путей моста.

Горизонтальной подвижностью моста называется допустимый предел изменения горизонтального расстояния между осями его опор. Длина пролета может быть измерена различными способами (непо-

средством рулетками, с помощью различного рода засечек или решением обратной задачи по координатам точек) с точностью не менее 0,2–0,3 м. Если измеренное фактическое расстояние превышает допустимое, то необходимо перестелить пути.

Вертикальной подвижностью моста называется допустимый предел изменения превышения между его опорами за счет разного уровня головок рельсов или неровностей поверхности рабочей площадки. При контроле над вертикальной подвижностью моста периодически делают нивелировку рабочей площадки и рельсовых путей. По этим данным определяют отклонения фактического уклона путей от проектного, а также следят, чтобы зазор между отвальной консолью моста и гребнем отвала был не менее 3 м. Нивелирование может осуществляться геометрическим или тригонометрическим способами с погрешностью не более 4 см на 1000 м хода.

Угловой подвижностью моста называется допустимый предел отклонения продольной оси моста от нормали к фронту горных работ. Угловая подвижность находится по данным съемочных работ путем измерения угла отклонения его оси от нормали или определения отклонения опор.

При перемещении по транспортно-отвальному мосту значительного объема горной массы с большой скоростью в его металлоконструкциях возникают различного рода деформации. Для того, чтобы эти деформации не вызвали нарушения его конструкции, необходимо постоянно знать их величины.

Деформации определяются геодезическими или фотограмметрическими способами. Фотограмметрический способ обеспечивает не только определение координат всех точек моста в одно время и под нагрузкой, но и делает эти работы безопасными.

Величину деформации находят путем сопоставления фактических размеров геометрических элементов моста с проектными. Полученные значения сравнивают с допустимыми.

3. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

При открытой разработке скальных и полускальных пород вскрыши и полезного ископаемого их отделение от массива уступа и дробление осуществляют массовыми взрывами с помещением зарядов ВВ в предварительно пробуренные вертикальные (реже наклонные) скважины, располагаемые сериями на верхней площадке уступа в 1–2 и более рядов, параллельных верхней бровке.

Буровзрывные работы предназначены обеспечить:

- заданную степень дробления горных пород для последующей погрузки в транспортные сосуды и транспортировки;
- требуемые качество и сортность взорванного полезного ископаемого, достижение в необходимых случаях избирательного дробления пород различной трудности разрушения;
- минимум отклонений от заданных высотных отметок площадок уступов, их размеров и формы поверхности;
- заданные форму и угол откоса уступа, возможность безопасного бурения и заряжания последующих скважин;
- кучность развала взорванных пород, заданные его размеры и форму, удобные для выемочно-погрузочных работ;
- необходимые дальность и направление перемещений пород вскрыши при сбросе их в выработанное пространство;
- минимальное сейсмическое воздействие взрыва и максимальную охранность окружающих сооружений и породного массива вблизи конечных контуров карьера для соблюдения заданного угла погашения его борта;
- достаточный объем взорванных пород для бесперебойной и высокопроизводительной выемки и погрузки;
- высокие экономичность, производительность и безопасность горных работ.

При современных масштабах проведение взрывных работ практически невозможно без участия маркшейдера, поскольку по каждому блоку до и после взрыва необходимо

- проведение детальной маркшейдерско-геологической съемки и составление крупномасштабного плана участка взрывания;
- составление проекта расположения взрывных скважин с расчетом их глубин, перебура и ЛНС, перенесение проекта серии скважин в натуру;
- съемка фактического положения пробуренных скважин с точным определением глубин их и перебуров, положения трасс скважин

относительно верхней и нижней бровок откоса уступа;

– детальная маркшейдерская съемка результата взрыва, составление графической и отчетной документации и заключения об эффективности взрыва.

Работа сосредоточенного заряда ВВ, помещенного на глубину в горную породу, характеризуется отношением радиуса r образовавшейся после взрыва воронки к линии (расстоянию) наименьшего сопротивления (ЛНС) и:

Отношение массы заряда ВВ (кг), заложенного при взрыве, к объему (m^3) взорванной при этом породы называют удельным расходом ВВ.

Форма и размеры взрываемых блоков в карьере (длина и ширина блока, высота и угол откоса уступа), общий объем взрыва, а также требуемая кусковатость взорванной породы каждый раз задаются проектом.

Для размещения зарядов ВВ в блоке с верхней площадки уступа бурят чаще вертикальные и реже наклонные скважины (рис. 22 б). Наклонные скважины для удобства заряжания обычно бурят под углом не менее 60° к горизонту. Поскольку трассы наклонных скважин располагают примерно параллельно откосу уступа, то сопротивление пород взрыву при этом будет одинаковым по всей высоте уступа. Поэтому отрыв пород происходит, как правило, по линии скважин. При этом улучшается степень дробления пород, включая и почву уступа. Кроме того, снижается расход ВВ, а также сейсмическое воздействие на породный массив, что важно вблизи погашаемого контура карьера.

Длина наклонной скважины L_c определяется высотой уступа h_1 и величиной перебур h_n

$$L_c = \frac{1}{\sin \beta} (h_1 + h_n) \quad (36)$$

где β – угол наклона скважины к горизонту.

Перебур взрывных скважин необходим для разрушения пород в почве уступа. Поэтому в трудновзрываемых породах при использовании многорядного короткозамедленного взрыва блока перебур делают максимальным, а в легко взрываемых породах – минимальным. Если же нижележащий уступ представлен пластом полезного ископаемого (например, угля) или пластичными породами, то перебур не делают (скважины не добуривают).

Заряд ВВ в скважине делают сплошным колонковым или рассредоточенным с оставлением между отдельными частями заряда воздушных промежутков или промежутков, заполненных забойкой.

Для расчета буровзрывных работ блока уступа определяют следующие величины:

– фактическую линию наименьшего сопротивления или расчетную, т. е. горизонтальное расстояние от оси скважины (центра заряда) до нижней бровки уступа (рис. 22 в)

$$\omega = h_v \operatorname{ctg} \delta + d \quad (36)$$

где h_v – высота уступа, м; δ – угол наклона откоса уступа; $d = 3$ м – расстояние от 1-го ряда скважин до верхней бровки уступа;

– расстояние между скважинами в ряду (рис. 25 г)

$$a = \frac{q_1}{c \omega h_v} [h_v - \omega(k - p)] \quad (37)$$

где q_1 – масса заряда 1 м скважины, кг; c – удельный расход ВВ, кг/м³,

$k = \frac{l_z}{w} \geq 0,75$ – коэффициент забойки, $p = \frac{h_{vc}}{w}$ – коэффициент перебура.

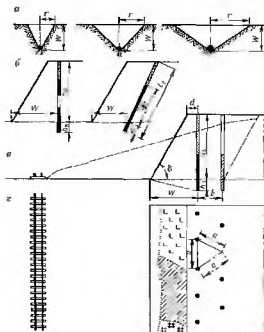


Рис. 22. Расположение скважин и зарядов ВВ в уступе

Поскольку при двух- и многорядном бурении скважин их целесообразно располагать в вершинах равносторонних треугольников, то расстояния между рядами

$$b = a \sin 60^\circ = 0.87a. \quad (39)$$

В соответствии с календарным планом горных работ карьера на каждый очередной массовый взрыв главный инженер выдает задание с указанием длины, ширины и объема блока с приложением выкопировки из маркшейдерского плана участка взрыва.

На участке уступа, намеченного к взрыву блока, проводят детальную планово-высотную съемку. По результатам съемки составляют план в масштабе 1 : 200–1 : 500. При неоднородном геологическом строении рудных участков одновременно с маркшейдерской проводят геологическую съемку. Геологические особенности обнаженной части откоса уступа также наносят на план. Кроме того, детально изучают трещиноватость пород, слагающих уступ, частоту и элементы залегания трещин.

При значительной высоте уступа и сложной поверхности откоса, кроме плана участка взрыва, через оси скважин 1-го ряда составляют поперечные профили, по которым графически определяют линию наименьшего сопротивления, оптимальный заряд ВВ по каждой скважине, а также конструкцию зарядов.

Маркшейдерские работы при подготовке горных пород к выемке буровзрывным способом включают: подготовку графической документации, необходимой для составления технического проекта взрыва, производство разбивочных работ по выносу в натуру проектной сетки скважин, выполнение исполнительной съемки сетки пробуренных скважин на участке взрываемого блока; определение объема взорванной горной массы.

Подготовка графической документации заключается в составлении выкопировки в масштабе 1:500 или 1:1000 на участок представляемого к взрыву блока с горизонтального плана горных работ, на котором при необходимости дополнительно указывают контакты пород с различными характеристиками по буримости и взрываемости, направление трещиноватости и тектонические нарушения.

Полученный в результате съемки план используется для составления проекта сети взрывных скважин. Маркшейдерская служба выполняет разбивку сетки скважин в натуре с помощью GPS, полярным методом или методом перпендикуляров. Углы откладывают теодолитом с точностью до 5', а расстояния измеряют рулеткой или по дальномеру с точностью до 0,1 м. При этом особое внимание уделяют разбивке скважин первого ряда от бровки уступа.

По завершении буровых работ при необходимости делают исполнительную съемку поверхности подготавливаемого к взрыву блока и

сети взрывных скважин с измерением фактической глубины каждой. Абсолютные отметки устьев скважин находят методом GPS, геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Кроме этого, против скважин первого ряда делают профильную съемку откоса уступа.

При производстве съемочных работ фотограмметрическими методами профиль откоса уступа вычерчивают по тем же негативам, которые используют для составления дополнительных плафов. Профильную съемку можно выполнить электронными тахеометрами и электронными рулетками. Съемка откоса уступа при отсутствии этих приборов может быть сделана также с помощью эклиметра и прикрепленной к нему рулетки, к концу которой подвешивается груз. По каждому профилю груз переменяют по откосу от нижней к верхней бровке уступа. Положение характерных точек откоса определяют измерением расстояний до точки установки эклиметра и угла наклона каждого направления. Угол наклона измеряют эклиметром. Значение расстояния отсчитывают по рулетке с подвешенным грузом. Профильную съемку можно выполнить также с помощью специальной штанги, через конец которой пропускают ленту рулетки с подвешенным грузом.

Глубину скважин определяют рулеткой с подвешенным грузом.

По данным исполнительной съемки составляют паспорт буровзрывных работ. Для каждой скважины с учетом ее глубины, линии сопротивления по подошве и величины перебура рассчитывают величину заряда взрывчатого вещества.

После взрыва проводят съемку развала горной массы, по результатам которой определяют объем взорванной массы V_p , м³. Качество буровзрывных работ определяют величиной коэффициента разрыхления горной массы K_p и выходом негабарита. Значение K_p находят по формуле $K_p = V_p/V_n$, если взрыв проводится на зачищенную рабочую площадку, и по формуле, если взрыв проводится на необработанную горную массу.

$$K_p = \frac{V_p - 1,1V_{p0}}{V_n} \quad (40)$$

В вышеприведенных формулах приняты следующие обозначения:

V_{p0} – объем взорванных пород, оставшихся после предыдущего взрыва;

V_n – объем взорванных пород в целых.

Величину V_n находят по данным съемки этого участка после отгрузки взорванной массы.

Взрывные работы используются как при подготовке пород к выемке, так и при проходе горных выработок. Маркшейдерские работы выполняются в аналогичной последовательности. В случае, если взрывные выработки пройдены в виде шурфов, камер или штреков, то вынос их в натуру и съемка проводится так же, как и при подземной разработке месторождений.

4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭКСКАВАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРНОЙ МАССЫ

4.1. Маркшейдерское обеспечение сооружения транспортных путей

При разбивке вскрышной или въездной траншеи в натуре задается ось траншеи, верхняя бровка, ширина и уклон подошвы траншеи.

Наиболее распространенным способом проходки траншей является проходка с отвалом породы на один или два борта, а также с погрузкой породы в транспортные сосуды.

Для разбивки трассы траншей используются следующие исходные чертежи

- план траншей с координатами точек примыкания *A* и *I* (рис. 23), дирекционным углом начального направления *I*–2, расстояниями между вершинами углов поворотов и радиусов сопрягающих кривых;

- продольный профиль траншеи с фактическими и проектными отметками, а также проектными уклонами;

- поперечные разрезы траншей с указанием очередности проведения заходок, их сечений и осей; железнодорожных или автомобильных путей, их габаритов; размеров дренажных канав.

При проходке траншей буровзрывным способом составляется план расположения горных выработок и минных камер с указанием устьев, дирекционных углов осей выработок, их длины и сечения.

Задачи направления в въездной траншее:

- разбивают ось траншеи и закрепляют ее пикетами через 20–50 м на прямых участках и через 10–20 м на кривых;

- отмечают верхние бровки траншей;

- устанавливают в створе оси лазерный указатель направления или при его отсутствии вежу на ближайших к забою 2–3 точках оси;

- уклон траншей задается лазерным указателем или реперами (кольями), закладываемыми по дну траншеи через 20–30 м.

Задачи направления в траншее, проводимой с помощью массовых взрывов:

- разбивают и закрепляют ось траншей;

- выносят в натуру подземные горные выработки и скважины для устройства зарядов;

- наносят контур взрывобезопасной зоны.

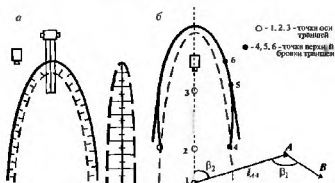


Рис. 23. Способ проходки траншей:

а — шагающим экскаватором с высадкой породы на борт или на автотранспорт,
б — экскаватором — механической лопатой с погрузкой породы на автотранспорт

После взрыва проводят съемочные работы для определения объема взрывааемой массы, задают оси, уклоны и высотные отметки экскаваторных заходов.

При проходке траншей разбивают поперечные профильные линии через 50–100 м для сравнения фактических и проектных профилей, а также определяют объем выполненных работ.

При железнодорожном транспорте маркшейдерские работы включают: перенесение в натуру оси трассы и поперечного профиля сечений, разбивку отводных путей и стрелочных переводов; съемку и документацию постоянных рельсовых путей; выполнение периодических наблюдений за состоянием подвижных забойных путей.

Разбивку трассы железнодорожных путей проводят на основе следующих исходных данных:

- плана трассы с координатами точек примыкания, дирекционным углом начального направления, расстояниями между вершинами углов поворота, углами поворота и радиусами сопрягающих кривых,
- продольного и поперечного профилей трассы с указанием фактических (черных) и проектных (красных) отметок, проектных уклонов;
- плана расположения переводных стрелок с указанием координат центров переводов (математических центров).

Оси прямолинейных участков разбивают с помощью теодолитов или задают лазерными указателями и закрепляют через 20–50 м. Разбивку кривых осуществляют методом продолженных хорд. Для обеспечения плавного перехода состава с прямой на кривую сооружают

переходную кривую. Уклоны железнодорожных путей переносят в натуру с помощью лазерных указателей или геометрическим нивелированием сначала по пикетным колышкам, а потом по головкам рельсов с разбивкой пикетажа: на прямых участках через 20 м, а на кривых – через 10 м.

Разбивка и укладка стрелочного перевода начинается с переноса в натуру центра перевода. От точки центра откладывают расстояние до начала рамного рельса, а в другую сторону – расстояние до математического центра, от которого укладывают крестовину.

При разбивке осей завойных путей определяют их расстояние от забоя, которое обеспечивало бы выемку очередного блока горной массы без переноса путей. Необходимо также учитывать, чтобы пути не были завалены горной массой при производстве взрывных работ.

Конвейерный транспорт находит все более широкое применение вследствие своих преимуществ перед двумя первыми. Одним из преимуществ является возможность перемещения горной массы на значительном подъеме.

Маркшейдерские работы в данном случае состоят в выносе в натуру осей конвейерных и канатных линий и места установки опор, определения высотных отметок в начале и конце линии, контроле соблюдения проектного уклона. При канатном транспорте также контролируется высота опор. В процессе эксплуатации линий выполняют периодические съемки для контроля их состояния.

4.2. Маркшейдерские работы при экскавации горной массы

При выемке горной массы экскаваторами выполняется ее погрузка в транспортные сосуды или перемещение экскаватором в отвал. В каждом из этих случаев для эффективного и безопасного ведения работ должны быть соблюдены определенные геометрические параметры горных выработок (рис. 24).

Высота уступа не должна превышать параметров выемочного механизма, чтобы не образовывались сверху уступа неустойчивые козырьки из разрыхленных пород.

Минимальная ширина рабочей площадки III определяется шириной развала P пород при взрывании, размерами зоны T безопасной эксплуатации транспорта и охранной бермы B уступа. Величина P определяется опытным путем, T -типом и параметрами транспорта, а B – рассчитывается по формуле

$$B = h (\operatorname{ctg} \phi - \operatorname{ctg} \gamma). \quad (41)$$

где γ , ϕ — углы, соответственно обрушения и естественного откоса уступа.

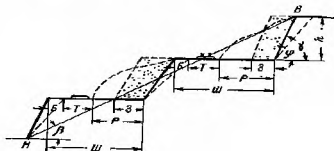


Рис. 24 Элементы борта карьера

Угол β наклона линии HB , соединяющий верхнюю бровку верхнего уступа и нижнюю кромку нижнего уступа, называется углом разгона борта карьера. Величина угла β характеризует степень опережения вскрышных работ по отношению к добычным. Предельное значение угла β , допустимое для карьера, называется углом погашения бортов карьера, определяется в зависимости от устойчивости пород.

Величины элементов уступов и бортов карьера маркшейдер определяет по результатам съемки и периодически предоставляет сведения о состоянии горных выработок, где показываются проектная и фактическая отметки рабочих площадок уступов, ширина рабочих площадок, углы откосов уступов и углы разгона борта карьера и др. По этим данным исправляются участки горных выработок, где имеются отступления от допустимых параметров.

Перезакавка горной массы проводится при наличии внутренних отвалов в карьере или размещении вскрышных пород на внешнем борту. Перемещение горной массы может выполняться многократной перезакавкой.

На основе проекта перезакавки с учетом параметра экскаваторов на плане намечают направление хода экскаватора и графически определяют координаты точек поворота хода, выделяя прямолнейные участки трассы. Концевые точки прямолинейных участков выносят в натуру от пунктов съемочного обоснования.

Съемки навалов по каждой заходке выполняют для определения объемов работ экскаваторов.

При определении объемов работ по перезакавке устанавли-

вают коэффициент перевалки, который равен отношению суммы объемов переваленной породы в отвал к первоначальному объему пород, вынутой из массива.

4.3. Маркшейдерский учет объемов вскрыши и добычи

Объемы вынутой горной массы в карьере определяют по результатам маркшейдерской съемки с целью контроля над выполнением государственного плана вскрышных и добычных горных работ и учета движения промышленных запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Оперативный (статистический) учет добычи и вскрыши выполняется по числу отгруженных транспортных сосудов и средней массе (объему) полезного ископаемого (пород вскрыши) в одном сосуде или по результатам взвешивания всех транспортируемых горных пород.

Подсчет числа транспортных сосудов, отгруженных с каждого участка (экскаватора), ведет диспетчерская служба карьера. Объем отгруженной горной массы определяется по формуле

$$V = NV_n K \quad (42)$$

где N – число емкостей, подсчитанное диспетчерской службой, V_n – паспортный объем емкости, K – коэффициент загрузки емкости.

Коэффициент загрузки периодически определяет маркшейдер путем измерения фактического объема горной массы в транспортных сосудах, выбранных случайным образом в общем их потоке. Величина определяется для каждого типа транспортных емкостей.

При весовом оперативном учете выполняют взвешивание с помощью вагонных весов всех транспортных емкостей (думпкаров, автосамосвалов) с грузом и после разгрузки. Поскольку для взвешивания требуется сравнительно много времени, то зачастую взвешивание выполняется только для выборочного числа емкостей для определения средней величины их загрузки, а общий вес вычисляется по формуле

При перемещении горной массы ленточными конвейерами с помощью автоматических весов, установленных на конвейере, непрерывно взвешивается горная масса, проходящая над датчиками.

При соответствующем контроле и объективности данных оперативный учет имеет высокую точность и является основным для определения объемов выполненных горных работ, по которым начисляется заработная плата трудящимся.

Маркшейдерский учет объемов горных работ на многих предприятиях из-за недостаточной точности оперативного учета является основным.

Подсчет объемов и взорванных пород вскрыши и полезного ископаемого выполняется по основным планам по горизонтам горных работ следующими способами: объемной палетки; горизонтальных сечений; вертикальных сечений.

Способ подсчета объемов зависит от технологической схемы разработки и вида съемки горных выработок. Способ объемной палетки применяется для подсчета объема взорванных пород или отвала (склада), если они изображены на плане в проекции с числовыми отметками или имеют неправильные сложные контуры и поверхности. Объем подсчитывается по формуле

$$V = S \sum_{i=1}^n h_i, \quad (43)$$

где S – площадь прямоугольника палетки; n – число прямоугольников в пределах подсчитываемого контура, h_i – высота слоя измеряемых пород в центре прямоугольника.

Объем вычисляют при минимум двух положениях палетки и окончательно значение берут среднее из всех определений.

Способом горизонтальных сечений вычисляют объемы при тахеометрической съемке и при малой изменчивости поверхностей нижней и верхней площадок уступа, используя формулу

$$V = \frac{S_v + S_n}{2} h_{cp}, \quad (44)$$

где S_v , S_n – площади вынутаго блока, соответственно по верхним и нижним бровкам; h_{cp} – средняя высот заходки.

Площади измеряют плакиметром по плану, а среднюю высоту определяют как разность средних из отметок нижней и верхней площадок уступа. При изменчивости, поверхности выемочного блока он разбивается на участки, в пределах которых формула (44) дает достаточную точность.

Рассмотренные выше способы удобны при подсчете объемов по забоям, защищенным от разрыхленной горной массы. В более общем случае следует использовать способ вертикальных сечений, при котором можно выделить однородные участки измеряемого тела. При измерении вынутых объемов по незащищенным забоям площадь вертикального сечения следует разделить на три части (рис. 25)

На рис. 25 линия $B'BN'C$ – положение уступа на предыдущую дату съемки; линия $B''N''N''C$ – положение уступа на последующую дату съемки; γ – угол откоса подобранного забоя;

S_{Bx} – площадь сечения разрыхленной горной массы на предыдущую дату съемки (фигура BHO);

S_{Bmx} – площадь сечения разрыхленной горной массы на последующую дату съемки (фигура $B'H'O'$);

$S_{ц}$ – площадь сечения вынутаго целлика (фигура $B'B OHH'B'$)

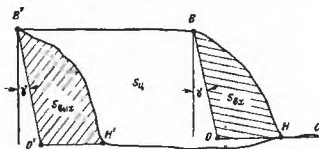


Рис. 25 Схема вертикального сечения выемки на уступе

Объем тела V по параллельным вертикальным сечениям, проведенным через равные интервалы, вычисляется по формуле

$$V = a \left(\frac{S_1 + S_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} S_i \right), \quad (45)$$

где n – число сечений, S_i – площади промежуточных сечений.

Измеряя в каждом сечении площади S_{Bx} , S_{Bmx} и $S_{ц}$, по формуле (45) определяют объем V_{Bx} и V_{Bmx} разрыхленной горной массы на предыдущую и последующие даты съемки, а также $V_{ц}$ – объем вынутаго целлика. Общий вынутый объем в целике определится по формуле

$$V = V_{ц} + \frac{V_{Bx}}{K_{Bx}} - \frac{V_{Bmx}}{K_{Bmx}}, \quad (46)$$

где K_{Bx} , K_{Bmx} – коэффициенты разрыхления соответствующей горной массы.

Подсчет объемов по формуле (46) имеет то преимущество перед другими способами, что позволяет выполнять его с помощью ЭВМ по числовым моделям открытых горных работ.

Погрешность определения объемов по маркшейдерской съемке определяется следующими факторами: погрешностями аналогич, методическими погрешностями; погрешностями координат съемочных пунктов.

Погрешности аналогии происходят от того, что поверхность, описываемая съемочными пикетами, не отражает всех изгибов и особенностей действительной поверхности вынутаго блока. При применении стереофотограмметрической съемки погрешности аналогии незначительно искажают объем, т. к. плотность съемочных пикетов достаточная, чтобы точно изобразить действительную поверхность. Другие методы съемки приводят к существенному влиянию погрешностей аналогии, если при съемке не будут приняты меры по увеличению плотности пикетов на сложных участках.

Методические погрешности по своему характеру близки к погрешностям аналогии. Например, формула (45) выражает точно объем усеченной пирамиды, которая имеет высоту $h_{\text{ср}}$ и площади оснований $S_{\text{в}}$ и $S_{\text{н}}$. Фактическая же форма выемочного блока отличается от усеченной пирамиды. Методические погрешности уменьшаются разделением выемочных блоков на отдельные сравнительно правильные тела или, например, при применении метода вертикальных сечений уменьшением интервала между сечениями (46).

Влияние погрешностей координат пикетов зависит от формы и размеров блока и густоты пикетов на его поверхности. Дисперсия погрешности объема ту может быть оценена формулой

$$m_v^2 = \frac{S_0}{3} S (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + m_n^2), \quad (47)$$

где S_0 — средняя величина площади S_i , характеризующая плотность съемочных пикетов; S_i — площадь выпуклого контура многоугольника, образованного линиями, соединяющими ближайшие пикеты вокруг i -го пикета;

S — общая площадь поверхности выемочного блока; $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_z^2$ — дисперсии погрешностей координат пикетов; $m_{n_x}, m_{n_y}, m_{n_z}$ — средние квадратические величины по всему блоку проекций единичных векторов нормалей к его поверхности.

Величина S_0 характеризует плотность пикетов и соответствует площади круга с радиусом, равным среднему расстоянию между пикетами. Формой блока определяются величины $m_{n_x}, m_{n_y}, m_{n_z}$.

Если блок, например, плоский и сравнительно тонкий слой, то m_{n_x} и m_{n_y} будут близки к нулю, а m_{n_z} — к единице. Следовательно, погрешности плановых координат пикетов не повлияют на погрешность объема, а точность отметок определит искажение объема.

Маркшейдерский контроль добычи и вынутой вскрыши осуществляется:

- периодическим подсчетом объемов вынутых горных пород по маркшейдерским съемкам и сравнением полученных объемов с соответствующими отчетными данными;

- определением по маркшейдерским данным средней полноты загрузки транспортных сосудов с целью повышения точности оперативного учета;

- измерением остатков полезного ископаемого на складах и корректировкой по ним книжных остатков.

Объемы остатков на складах определяют на основе маркшейдерской съемки методами, рассмотренными выше.

При контрольном подсчете объемы вычисляются в «две руки». Расхождение между двумя независимыми подсчетами не должно превышать 1 % определяемого объема

4.4. Маркшейдерские съемки горных выработок

Объектами маркшейдерских съемочных работ при открытом способе разработки являются рельеф и ситуация местности в пределах горного отвода предприятия, горные выработки (устушы, съезды, трапшен, дренажные выработки), развалы горной массы после взрыва и линии откоса, внутренние и внешние отвалы, элементы геологического строения месторождения и геолого-разведочные выработки, транспортные пути, воздушные и кабельные линии электропередач, различные сооружения, здания и механизмы, обеспечивающие добычу, обогащение и переработку полезных ископаемых.

Съемочные работы проводят методами спутниковой геодезии и помощью системы GPS, аэро- или наземной фотограмметрической съемки и тахеометрическим методом.

Периодичность съемки определяется величиной объемов добычи и вскрыши. На крупных и средних горных предприятиях съемку, как правило, проводят ежемесячно. При незначительных объемах съемку могут выполнять 1 раз в квартал. Независимо от применяемого способа съемки положение четких контуров, полученных в результате съемочных точек, базисов фотографирования или стереопар не должно превышать 1 мм в плане, а для нечетких контуров – 1,5 мм. Разность высот пикетов допускается не более 0,4 м.

Наиболее совершенным и производительным методом съемки является съемка с помощью спутниковой технологии системы GPS. Обладая высокой точностью и мобильностью при работе, этот метод обеспечивает оперативное составление планов горных работ даже при отсутствии опорно-съемочной сети и не требует высокой квалифи-

ции работников маркшейдерской службы.

Следующими по эффективности методами съемки являются фотограмметрические и тахеометрический с использованием электронных тахеометров.

Аэрофотосъемка карьеров выполняется специализированными лабораториями, оснащенными соответствующим оборудованием. Фотографирование карьеров проводится короткофокусными аэрофотоаппаратами, установленными на легких типах самолетов, с соблюдением следующих требований:

- обеспечение продольного перекрытия снимков в пределах 60–80 %, поперечного перекрытия снимков – 30–40 %;
- углы наклона снимков не должны превышать 4 °;
- изменение высоты полета по одному маршруту не должно быть более 50 м.

В зависимости от масштаба плана допускаются следующие масштабы аэроснимков: 1:1000–1:10 000, 1:2000 и 1:5000–1:15 000.

При ежемесячной съемке карьеров с глубиной до 200 м каждая стереопара должна быть обеспечена 4-мя опорными точками. При глубине карьера более 200 м добавляется еще одна точка в центре зоны двойного перекрытия.

Создание планов горных работ и земной поверхности может осуществляться в автоматическом режиме с использованием аналитических (SD-3000) и цифровых сканирующих (DSW-100 и DSW-200) станций.

Основными фотограмметрическими процессами при этом являются аэрофототриангуляция, стереорисовка планов и изготовление ортофотопланов. Указанные типы станций в автоматическом режиме обеспечивают измерение всех связующих точек, а в полуавтоматическом – только опорных и контрольных точек.

Стереорисовка планов осуществляется также автоматически с помощью станций DPW-770 или SD-3000 на основе элементов внешнего ориентирования, определенных в результате фототриангуляции. Данное оборудование позволяет получить высокоточный и информативный чертеж местности – ортофотоплан, который учитывает высоту каждого участка (пикселя) горных работ или местности размером в несколько десятков сантиметров.

Наземная стереофотограмметрическая съемка карьеров выполняется фотокамерами с фокусным расстоянием 100–300 мм. Для фотокамер с фокусным расстоянием 100, 200 и 300 мм максимальное расстояние до границ объекта съемки соответственно составляет 1,5, 3 и 4 км. В зависимости от назначения съемки длина базиса фотографи-

рования рассчитывается по следующим формулам:

– при топографической съемке

$$B = \frac{15Y_{\phi}}{Mf}, \quad (48)$$

где Y_{ϕ} – расстояние до дальней границы съемки, м; M – знаменатель масштаба составляемого плана; f – фокусное расстояние камеры, мм; t – коэффициент, учитывающий угол скоса φ ($t = \cos \varphi - 0,3 \sin \varphi$);

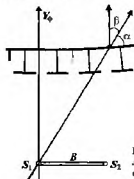
– при дополнительной съемке карьера

$$B = \frac{Y_{\phi}^2}{5fid}, \quad (49)$$

где R – коэффициент, $R = \sin \alpha / \cos \beta$; d – ширина экскаваторной заходки, м

Значения углов α и β находятся графически по плану (рис. 26), α – угол между направлением бровки уступа и проектирующим лучом.

Рис. 26. Схема возможного положения проектирующего луча относительно откоса уступа



Точки базиса в зависимости от срока их службы закрепляются обычными центрами, используемыми для пунктов съемочной сети, или специальными стационарными центрами в виде столбиков, позволяющих установить фотокамеру без центрирования. Для проведения обработки снимков каждая стереопара должна быть обеспечена тремя опорными точками на дальнем плане: две на краях стереомодели, а одна – посередине. Данные точки закрепляются на местности специальными маркировочными знаками, или используются с этой целью хорошо дешифрируемые на снимках местные предметы (трансформаторы, столбы, пулеповоды и пр.). Координаты и высоты точек базиса и опорных точек определяются как пункты съемочной сети.

В настоящее время тахеометрическая съемка открытых горных работ проводится как с помощью электронных тахеометров, так и с

помощью оптических теодолитов технической точности.

Расстояние между пикетами при прямолинейном характере бровок должно быть не более 30 м, а при извилистом и масштабе плана – 1:1000 – 20 м. При масштабе 1:2000 они составляют соответственно 40 и 30 м.

Современные электронные тахеометры обладают высокой точностью измерений на значительных расстояниях. Применение станции Geodimet 140SMS, при котором тахеометр может быть связан с компьютером и автоматическим графопостроителем в маркшейдерском отделе, составление или пополнение планов может осуществляться одновременно со съемкой.

В случае использования оптических теодолитов в зависимости от масштаба съемки бровок уступов 1:1000, 1:2000 и 1:5000, расстояние до пикетных точек от инструмента не должно превышать соответственно 150, 200 и 300 м. При высоте уступа менее 3 м расстояние до пикета допускается не более 150 м. При съемке территории застройки (здания, сооружения) в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000 расстояния соответственно не должны превышать 80, 100 и 150 м.

Результаты съемки могут обрабатываться в полярной или прямоугольной системах координат. Погрешность нанесения пикетов на план должна быть не более 0,5 мм.

4.5. Маркшейдерские наблюдения за деформациями горных пород при открытых разработках

Для прогнозирования геомеханических процессов на месторождениях большой интерес представляет сравнительно-геологический метод. Для использования этого метода необходимо выбрать надежные критерии, позволяющие решить вопрос о том, являются ли данные месторождения (или их участки) аналогами.

Для качественного прогноза склонности пород к геомеханическим процессам и необходимости проведения предварительных защитных мероприятий может быть использован показатель оползнеопасности S :

$$S = \frac{V_{\text{деф}}}{V_{\text{н}}} \cdot 10^3, \quad (50)$$

где $V_{\text{деф}}$ – объем вскрышных пород или руд, деформировавших за определенный период отработки карьерного поля; $V_{\text{н}}$ – объем вскрышных пород или руды, извлеченных за этот же период.

В зависимости от t различают:

- текущий показатель оползнеопасности $S_{теку}$ при $t=1$ год,
- общий показатель оползнеопасности $S_{общ}$ при t , соответст-

вующей общей продолжительности обработки карьерного поля.

В зависимости от $S_{общ}$ условия разработки месторождения могут быть разделены на четыре группы по степени опасности в оползневом отношении (табл. 3).

Применение показателя оползнеопасности особенно эффективно, когда в пределах одного бассейна намечено разрабатывать несколько месторождений. По результатам освоения первого из них можно соответствующим образом классифицировать условия на остальных месторождениях.

На обводненных месторождениях с низкочерными вскрышными породами $S_{мех}$ будет наиболее высоким в период вскрытия и первых лет эксплуатации месторождения. В дальнейшем благодаря осушению месторождения и накопления опыта ведения горных работ $S_{мех}$ будет снижаться.

Используя полученные по фактическим данным зависимости, можно прогнозировать и определять параметры откосов и характеристики возможных геомеханических процессов. Применение общих аналогов на базе общей теории физического подобия может существенно повысить точность геомеханических прогнозов.

На ряде карьеров накоплен опыт картирование очагов деформационных процессов, который базируется на детальном изучении инженерно-геологических и гидрологических условий разработки месторождений.

На участках предполагаемых деформаций должны закладываться наблюдательные станции и приниматься необходимые меры по обеспечению безопасности горных работ (инструктаж горного надзора и рабочих, расположение оборудования по возможности дальше от бровки уступа, своевременный отвод горного оборудования, находящегося в зоне возможной деформации и др.).

Наблюдения за сдвижением горных пород при открытых разработках и обработка результатов наблюдений являются важнейшей задачей маркшейдерской службы карьеров.

Таблица 3

Классификация условий разработки по степени оползневой опасности

Номер группы	S	Степень опасности в оползневом отношении	Форма и последствия проявления деформации
I	До 1	Неопасные	Деформации бортов карьеров отсутствуют, деформации уступов проявляются в виде незначительных осыпей, не требующих уборки
II	До 5	Малоопасные	Деформации бортов адьеров отсутствуют, происходит деформации отдельных уступов (интенсивные осыпи, локальные оползни), уборка деформируемых пород необходима и осуществляется без остановки горных работ.
III	До 15	Опасные	Деформации бортов карьеров отсутствуют, часты деформации одного или нескольких уступов, вызывающие остановку горных работ.
IV	Свыше 15	Чрезвычайно опасные	Катастрофические оползни или обрушения бортов адьеров вызывает прекращение горных работ на длительное время

Систематические наблюдения за оползневыми очагами разделяют на два основных этапа:

- разведку и выявление оползневых очагов;
- наблюдение оползневых очагов и разработку мероприятий по ликвидации оползневых явлений.

Непрерывная технологическая подвижность откоса накладывает на организацию наблюдений определенные специфические особенности. Заложенные на откосах точки не могут долго сохраняться (особенно на уступах рабочего борта). Поэтому наблюдения нужно организовать так, чтобы в относительно небольшие сроки (3—3,5 месяца) они были закончены. Различают два основных типа наблюдений:

- наблюдения видимых деформаций бортов и уступов с целью установления формы оползня и характера его развития во времени и пространстве,
- наблюдения участков, где нет видимых деформаций, но где они могут возникнуть и принести значительный ущерб предприятию.

В результате наблюдений должно быть установлено сдвижение

отдельных точек массива в пространстве и во времени, размеры сдвигающегося массива, поверхности скольжения, стадий процесса сдвижения (начальная, активная, затухающая), степень опасности сдвижения пород для горных работ или сооружений на поверхности.

Для проведения наблюдений за сдвижением горных пород на борту карьера закладывают наблюдательные станции, на которых периодически через определенные промежутки времени проводят инструментальные наблюдения. Наблюдательные станции представляют собой систему грунтовых реперов, которые закладывают по линиям, перпендикулярным к простиранию борта карьера. Чтобы учесть влияние различных факторов на устойчивость бортов, профильные линии наблюдательной станции необходимо располагать в различных горно-геологических условиях: в первую очередь профильные линии закладывают в менее устойчивых местах борта и в местах, где имеются факторы, способствующие ослаблению устойчивости борта или отдельных уступов (крутой угол заоткоски, большая глубина карьера, подрезка слоев, наличие тектонических нарушений, обводненность и т. п.).

Длина профильных линий должна быть такой, чтобы оба или один ее конец были вне зоны ожидаемых сдвижений. При небольшой глубине профильные линии могут быть проведены через весь карьер.

Расстояние между реперами профильной линии зависит от глубины карьера и размеров уступов. На каждом уступе должно быть заложено не менее двух реперов: один вблизи бровки уступа, другой – у подножия вышележащего уступа. Реперы на уступах располагают так, чтобы была обеспечена безопасность наблюдателя при работе на них.

На концах профильных линий имеются опорные реперы. При сооружении наблюдательной станции закладывают не менее трех исходных реперов таким образом, чтобы была гарантия их сохранности. К исходным реперам привязываются опорные реперы всех линий.

Маркшейдерские наблюдения на станциях складываются из следующих операций:

- нивелирования всех реперов, включая опорные,
- измерения расстояний между реперами стальными рулетками с постоянным натяжением и фиксированием температуры;
- инструментальной съемки отдельных уступов, навалов пород, элементов залегания пород, трещиноватости, образовавшихся смещений и т. п.

Все измерения должны проводиться с контролем. Точность наблюдений должна удовлетворять следующим условиям:

- при геометрическом нивелировании разность превышений из двух нивелировок – не более 3 мм;

– при измерении длин непосредственно между реперами расхождение двух измерений – не более 2 мм,

– при тригонометрическом нивелировании разность между двумя измерениями одного и того же превышения при длинах до 10 м – 5 мм, при длинах более 10 м – 8 мм.

В результате выполнения наблюдений должна быть составлена следующая графическая документация:

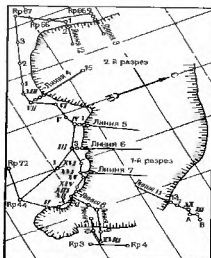
– план наблюдательной станции (рис. 27) в масштабе 1:500, 1:1000, 1:2000, на котором изображают профильные линии 5, 6, 7 и т.д., горные работы, ситуацию и рельеф поверхности;

– вертикальные разрезы по каждому профилю, на которых должно быть отмечено положение борта на моменты закладки профильной линии и данной серии наблюдений;

– графики векторов смещений реперов в вертикальной плоскости в масштабах 1:1, 1:5, 1:10, 1:20;

– графики скоростей смещения реперов по направлению векторов.

Рис. 27. План наблюдательной станции



Одной из задач маркшейдерских наблюдений за оползнями является определение положения в теле откоса поверхности скольжения и установление причин их возникновения. При интерпретации результатов наблюдений по профильным линиям необходимо иметь в виду, что векторы перемещения отдельных точек, находящихся на поверхности скольжения, совпадают с перемещением точек поверхности откоса,

расположенных на нормалях к поверхности скольжения. Таким образом, по известным из маркшейдерских наблюдений векторам перемещений поверхности оползня можно определить положение линии скольжения. Практически построение линии скольжения производят следующим образом (рис. 28).



Рис. 28. Определение положения поверхности скольжения по данным наблюдений за смещением реперов

1. По результатам наблюдений за сдвижением оползня строят профиль откоса, на который наносят положение всех реперов и трещин, возникающих при оползне, особенно тщательно должны документироваться трещины в верхней части и у основания оползня.

2. На построенный профиль наносят векторы перемещений реперов (например, 40'–40), из середины которых проводят перпендикуляры в сторону массива.

3. От верхней и нижней границ оползня (вверху – трещина отрыва, внизу – линия надвига) проводят отрезки, параллельные векторам перемещения реперов на соответствующих перпендикулярах. Если при построении ломанной линии от верхней и нижней границ она не смыкается, то проводят среднюю ломаную кривую, которая затем сглаживается в плавную кривую.

4.6. Маркшейдерское обеспечение дражной и гидромеханизированной разработки месторождений

Разработку россыпных месторождений золота, платины, алмазов и некоторых других полезных ископаемых проводят в основном дражным или гидромеханизированным способом. Объектами съемки являются:

– рельеф и ситуация земной поверхности;

- отвалы торфов и эфелей,
- контуры бьефа (часть водоема, реки, канала, расположенная по течению выше плотины). рельеф дна и берегов. водотоки (для дражных разработок);
- разведочные выработки;
- траншеи, канавы, дамбы, котлованы, плотины, перемычки, дражные выработки и другие сооружения,
- геологическая и гидрогеологическая ситуация,
- бровки уступов и траншей.
- поверхность плотика,
- осыпи, обрушения, оплывины, оползни и т. д.

При съемке поверхности отвалов и горных выработок съемочные сети создаются так же, как и на карьерах, с некоторыми особенностями. Так, проложение теодолитных ходов допускается длиною только до 0,5 км при максимальном количестве сторон – 5.

Съемку поверхности горных выработок выполняют в масштабе 1:2000. Если площадь полигона не превышает 3 тыс. м², то съемка выполняется в масштабе 1:1000.

Съемочные работы проводятся любым из методов, отвечающих конкретным условиям рельефа и ситуации. Поднадзорная часть горных выработок определяется промерами или методом ультразвуковой локализации. Съемочные работы проводятся ежемесячно. Точность определения объемов вынутых песков или торфа не должна превышать 6 %. Отвалы снимаются один раз в год к началу пересчета запасов или составления проекта работ и после отработки месторождения.

Пикетные точки размещаются в характерных местах не реже чем через 40 м. Расстояние между пикетами верхних и нижних бровок допускается не более 20 м. В случае сложной формы откоса определяются характерные точки на его поверхности.

Драга представляет собой плавучий землечерпальный сваряд непрерывного действия, оснащенный промывочными и обогащательными установками. Промытые горные породы транспортируются по пульповоду и укладываются в хвосты.

Технология разработки месторождений гидромеханизированным способом состоит в разрушении, разрыхлении и транспортировке породы на обогащательные установки, а затем в отвалы мощной струей воды, подвзаемой гидромонитором под большим давлением.

Маркшейдерское обеспечение при дражной разработке месторождений включает следующие виды работ: съемку земной поверхности, отведенной под дражный полигон, обеспечение проектирования дражных работ, для чего составляют гипсометрический

план плотика россыпи (поверхности лежащего бока россыпи); разбивку транспортных коммуникаций производят такими же способами, как и на карьере.

Перед съемочными работами, в зависимости от метода съемки, на поверхности отвалов разбивают съемочную сеть. Отвалам полезного ископаемого придают по возможности формы правильных геометрических фигур. Съемку отвалов осуществляют способами, аналогичными съемке карьерного поля.

Кроме перечисленных видов маркшейдерских работ при дражной разработке маркшейдерское обеспечение включает: составление плана вертикальных изомощностей и плана изолиний среднего содержания металла, контроль над правильностью земляных работ по снятию и складированию растительного слоя, осуществление переноса в натуру всех гидротехнических сооружений (плотины, водостводного канала и т. д.); контроль правильности монтажных работ по сооружению драги: определение после спуска драги на воду ее поперечного и продольного дифферентов, вызванных некорректным размещением оборудования (величина дифферента не должна превышать 1–1,5 %).

Перед началом эксплуатации полигона по данным исполнитель-ной съемки составляют эксплуатационный план дражного полигона в масштабе 1:1000 или 1:2000.

Съемку дражных выработок проводят через 20–30 м продвигания драги. Съемку осуществляют или непосредственно с драги с использованием нивелирной рейки, наметки, лотиния или аналогичными инструментами с другого плавсредства, а также эхолотом. Определение положения плавсредства или драги выполняют такими же способами, что и при подводной добыче.

Кроме съемки подводных горных выработок, через 10–20 м продвижения драги определяют глубину черпания с точностью до 0,1 м. Высоты точек поверхности дна и горных выработок находят вычитанием из высотной отметки уровня воды в дражном полигоне измеренных глубин черпания на данный момент времени. Контроль положения уровня воды с точностью до 0,01 м проводят с помощью двух водомерных реек или специального уровнемера. Правильность положения реек (уровнемера) определяют геометрическим нивелированием от реперов (пунктов) высотной опорной сети. Высота уровня воды определяется в начале и в конце промера глубин.

За нижнюю бровку откоса принимается проекция на горизонтальную плоскость следа движения центра нижнего черпающего барабана при доработке забоя. Расстояние между пикетами по контуру дна разреза допускается не более 10 м.

При съемке методом профильных линий расстояние между профильными линиями допускается не более 25 м, а расстояние между пикетами вдоль профильной линии не должно превышать 25 м. При этом отражатель или рейка устанавливаются в створе визуально.

В зимний период при отстое драги проводят постоянные маркшейдерские наблюдения за положением уровня воды и понтона драги, состоянием плотника.

Определение объема земляных работ по снятию растительного слоя и торфов выполняют по результатам геометрического нивелирования. Оптимальный размер сторон прямоугольной сетки зависит от формы рельефа земной поверхности и плотника, постоянства мощности залежи, ее литологического состава и особенностей горных работ, связанных с физико-географическими и климатическими условиями. Размеры сторон сетки могут изменяться от 5 до 40 м.

Нивелирование площади осуществляют при соблюдении следующих требований:

- отсчеты по рейке, установленной на исходном репере, берут в начале и конце работы на станции, разность отсчетов допускается не более 1 мм;

- расстояние от нивелира до рейки не должно превышать 250 м;

- отсчеты по рейкам и высота горизонта инструмента округляются до сантиметров, а высота пикетов – до дециметров.

Объем горной массы, заключенный в плотниках и двмбах, извлеченный при проходе канав и строительстве котлованов, определяют на основе данных их профильной съемки. Объемы вычисляют с учетом коэффициентов разрыхления грунта. Объемы добычных работ определяют по блокам, на которые разбивается весь дражный полигон. Значение объема может быть получено любым способом: среднего арифметического, вертикальных разрезов, объемной палетки.

При гидромеханизированном способе разработки россыпных месторождений маркшейдерской службой решается аналогичный комплекс задач. Отличительной особенностью данного способа является выполнение проектных работ по выбору оптимального варианта расположения плотины, водоприемника, а также трассы деривационной канавы. Основой для проведения технико-экономических расчетов по обоснованию выбранного места размещения этих сооружений служат маркшейдерские планы, разрезы и профили.

4.7. Меры безопасности при производстве маркшейдерских работ

Рабочая зона карьера представляет собой участок, насыщенный буровой и выемочной техникой, различного вида транспортными средствами, воздушными и кабельными линиями электропередачи, трубопроводами и другими объектами повышенной опасности, поэтому работникам маркшейдерской службы необходимо соблюдать повышенные меры безопасности.

Прежде всего категорически запрещается передвижение по поверхности откосов уступов и отвалов. При съемке верхних и нижних бровок съемочные точки допускается размещать не ближе 1 м от края уступа при отсутствии на нем козырьков из нависших пород.

Для передвижения по территории горного предприятия разрешается использование только специально оборудованные транспортные средства для перевозки людей.

При работе не допускается нахождение в пределах «охранной зоны» по обе стороны от крайних проводов воздушной линии электропередачи. Ширина «охранной зоны» в зависимости от величины напряжения в линии электропередачи определяется условными параллельными прямыми, проходящими от крайних проводов и спроектированными на землю, и составляет: 5 м – для напряжения в интервале 1–15 кВ, 10 м – 20 кВ, 15 м – 35 кВ, 20 м – 110 кВ, 25 м – 220 кВ, 30 м – 330–500 кВ, 40 м – 750 кВ.

Особое внимание необходимо уделять при работе на уступах с нивелирными рейками РН-3 и РН-4. В случае, когда по производственным причинам необходимо выполнение работ в пределах «охранной зоны», то работающим должен выдаваться наряд-пропуск на производство особо опасных работ.

Съемочные работы на подводных карьерах континентального шельфа и внутренних водоемов связаны с радиогеодезическими и подъемными устройствами, эхолотами, определением мест взятия образцов донного грунта, производством гидрометеорологических наблюдений и другими работами.

Съемочные работы с использованием шлюпки (лодки, катера) разрешается выполнять при силе ветра до 3 баллов и волнении до 2 баллов и не далее 3 км от базы. При этом на базе или в районе работ, но не далее 3 км от работающих плавсредств, должна находиться запасная моторная лодка или катер.

Приборы и оборудование необходимо укладывать равномерно на днище шлюпки (лодки), чтобы избежать возникновения крена или дифферента. Спуск оборудования за борт и его подъем проводится только с помощью специальных крюков.

5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИИ

Способы отвалообразования и средства механизации отвальных работ должны обеспечивать бесперебойное складирование породы. Породные отвалы (табл. 4) должны иметь достаточную вместимость, находиться на минимальном расстоянии от мест погрузки породы, располагаться на безрудных (безутольных) площадях, не препятствовать развитию горных работ в карьере и формироваться с учетом требований техники безопасности и экологии.

Таблица 4
Классификация отвалов по Н. В. Мельникову

Классификационный признак	Тип отвала
Расположение относительно карьера	Внешний (за контуром карьера) и внутренний (в обрабатываемой части карьера)
Число рабочих горизонтов отвала	Одно- и многослойный
Способ механизации отвальных работ	Прудовой, экскаваторный, бульдозерный, конвейерный, автомобильный (разгрузка на шоссе)
Число обслуживаемых горизонтов в карьере	Общий, групповой, отдельный
Рельеф местности, используемой под отвал	Равнинный, нагорный и нагорно-долинный
Деформационное состояние отвала	Устойчивые, подвижные и неустойчивые
Способ транспортирования вскрышной породы	Железнодорожный, автомобильный, конвейерный

В комплексе отвальных работ входят разгрузка пород, планировка отвального уступа и формирование предохранительного вала или размещение породы в отвале экскаватором, отвалообразователем, абзетцером, автосамосвалом и передвижка транспортных коммуникаций в новое положение. Высота породных отвалов – один из наиболее значимых параметров, который характеризует их состояние и устойчивость. Высота равнинных отвалов на практике, как правило, меньше чем на горных (табл. 5). Фактически высота отвалов может приближаться к предельной высоте устойчивой насыпи из данных пород, отличающейся от нее (с учетом коэффициента запаса устойчивости) на 20–30 % в меньшую сторону, что гарантирует устойчивое состояние отвала.

Таблица 5

Высота отвалов в зависимости от характера пород и способа отвалообразования

Средства механизации отвальных работ	Породы	Высота отвала, яруса, м	
		равнинного	нагорного
Однороторные экскаваторы			
мехлопаты	Песчаные	25–30	—
	Глинистые	15–20	—
	Скальные	30–45	100–150
драглайны	Мягкие	20–30	—
	Крепкие	30–45	—
Многоочерпаковые экскаваторы (обшестеры)	Песчаные	40–70	—
	Супесчаные	30–45	—
Консольные ленточные отвало- образователи	Скальные	25–50	25–100
Емкостные погрузчики	Мягкие, рыхлые	До 60	—
	Мягкие	10–15	—
	Смешанные	15–20	45–100
	Крепкие	20–30	100–150
Отвалыные цепи	Песчаные	20–25	—
	Супесчаные	12–15	—
	Глинистые	2–10	—
	Скальные	20–25	—

Способы отвалообразования выбираются в зависимости от условий залегания рудного тела, рельефа поверхности, характеристики пород, климатических и микроклиматических особенностей района.

При разработке месторождений открытым способом общий объем вскрышных пород, подлежащих перемещению в отвал, как правило, превышает объем добываемого при этом полезного ископаемого. Поэтому состояние и работа отвального хозяйства, представляющего собой неотъемлемую часть общего технологического комплекса предприятия – карьера, решает общую задачу повышения эффективности разработки.

На породных отвалах выполняются следующие маркшейдерские работы:

– расчет приемной способности и фронта разгрузки породных отвалов;

- трассирование, разбивка и профилирование транспортных путей;
- периодическая планово-высотная съемка;
- наблюдения за деформациями породных отвалов;
- топографическая съемка, опробование, определение мощности и объемов удвляемого почвенного слоя на площадях, отведенных под внешние отвалы.

Под приемной способностью отвала понимают объем породы, который можно разместить на площади, отведенной под отвал.

При размещении пород вскрыши во внешнем отвале общую площадь S_0 отвала или яруса (уступа) определяют по формуле

$$S_0 = \frac{k_p V_e}{H_{cp}} \quad (51)$$

где k_p – коэффициент разрыхления породы; V_e – объем вскрыши (за месяц, год), m^3 ; H_{cp} – средняя высота отвала (яруса) с учетом рельефа местности, м.

Коэффициенты разрыхления пород k_p при погрузке и последующей усадке их в отвал, приведены в табл. 6

Таблица 6

Категория пород	Коэффициент k_p			
	Расчетный в отвале	При погрузке	Усадки в отвале	Остаточного разрыхления в отвале
Песчаные (I)	1,10	1,10	1,00	1,01–1,03
Суглинистые (II)	1,17	1,20	1,03	1,02–1,06
Глинистые (III)	1,20	1,25	1,05	1,05–1,07
Глинистые с конкрециями включностями (IV)	1,22	1,30	1,07	1,03–1,06
Скальный мелкий грунт (V)	1,25	1,35–1,40	1,10	1,07–1,08
Скальный крупный грунт (VI)	1,30	1,40–1,50	1,10	1,10–1,20

При железнодорожном транспорте пород и бортовой разгрузке составов в отвальных туниках развитие отвалов может быть кольцевым и вверным.

Приемная способность отвального туника между двумя смежными передвижками путей составляет

$$V_T = l_T H_0 a \quad (52)$$

где l_T – длина отвального туника, м;
 H_0 – высота отвала (или яруса), м;
 a – шаг передвижки рельсовых путей.

При различных способах отвалообразования (бульдозерном, скреперном, с применением отвальных плугов и т. д.) шаг передвижки рельсовых путей может колебаться в значительных пределах. Общий фронт разгрузки при железнодорожном транспорте пород определяется суммарной длиной отвальных тупиков.

При автомобильном транспорте вблизи верхвей бровки отвального уступа для тупикового разворота машины и подачи их задним ходом к пункту разгрузки (под откос или у откоса), временные отвальные дороги расширяются в площадки. Поэтому развитие отвальных уступов и отвала в целом возможно в любом радиальном направлении, в том числе и по всему отвальному фронту.

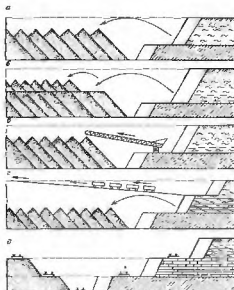


Рис. 29 Системы разработки с внутренними породными отвалами

Внутренние породные отвалы создают при разработке горизонтальных и пологопадающих пластов и пластообразных залежей полезных ископаемых. В зависимости от направления перемещения вскрышных пород применяют следующие системы разработки:

- с перемещением породы во внутренние отвалы без применения колесного транспорта;
- с непосредственной перевалкой вскрышных пород механическими лопатами и драглайвами (рис. 29 а);
- с краткой экскаваторной перевалкой (с частичной

перезжскавацией) вскрышных пород (рис. 29 б);

– с перемещением вскрышных пород в отвалы консольными отвалообразователями (рис. 29 в);

– с частичным транспортированием породы на внутренние и внешние отвалы (рис. 29 г) или с перемещением всей породы во внутренние отвалы конесным транспортом (рис. 29 д).

При размещении всей или части породы вскрыши необходимо знать мощность разрабатываемой залежи полезного ископаемого H_n и высоту отвала

$$H_0 - k_p H_B \quad (53)$$

где H_B – средняя мощность вскрыши, м.

Основным условием нормальной разработки и создания внутренних породных отвалов системами разработки, показанными на рис. 32 а, б, в, является: высот разгрузки h_p мехлопаты, драглайна и отвалообразователя, считая от уровня (отметки) верхней площадки добычного уступа, которая должна на 1–3 м превышать $H_0 + h_n$ т. е.

$$(1 - 3 \text{ м}) + h_p \geq H_0 + h_n \quad (54)$$

а радиус разгрузки R_p мехлопаты и драглайна или горизонтальная длина консоли отвалообразователя L_p должны быть равны или больше

$$R_p \text{ или } L \geq H_e \operatorname{ctg} \beta + a + b, \quad (55)$$

где a – ширина заходки в добычном уступе, м; b – ширина свободной полосы между нижними бровками добычного уступа и отвала м; ρ – угол естественного откоса отвала, градус.

При прокладке железнодорожных путей и автодорог на самих отвалах необходимо учитывать последующее уплотнение разрыхленных пород и оседание поверхности отвала. Поэтому при профилировании пути в сторону развития отвала обязательно вносят поправку, несколько увеличивающую проектный подъем пути.

Маркшейдерскую съемку как внешних, так и внутренних породных отвалов проводят на основе существующей сети опорных пунктов карьера. При постепенном увеличении площади, занятой отвалами, опорные пункты в виде отдельных вставок или несложной аналитической сети из 2–3 и более пунктов создают на поверхности самих отвалов. При этом места для закладки центров выбирают на наиболее

давних, уплотнившихся отвальных участков.

В качестве съемочного обоснования на поверхности отвалов используют теодолитные ходы, проложенные между опорными пунктами, геодезические засечки (прямые и обратные) с переходными точками. Если поверхность отвалов относительно ровная, то разбивают сетку квадратов, которую постепенно от центра к периферии разбивают по мере увеличения отвала.

Элементами детальной маркшейдерской 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, оплывы, провалы и т. д.).

Маркшейдерские работы при отвалообразовании включают обеспечение подготовки площадей для отвалов пустой породы, некондиционных руд и полезного ископаемого, перенесение в натуру проектного положения транспортных коммуникаций для транспортировки горной массы; периодическое выполнение съемки отвалов, наблюдения за деформациями отвалов.

Обеспечение подготовки площадей под отвалы заключается в составлении графической документации на отведенную под них территорию в масштабах от 1:1000 до 1:5000. Детальную съемку породных отвалов можно проводить тахеометрическим и ординатным способами, фототеодолитом, если имеются поблизости возвышения для закладки базисов фотографирования, и аэрофотосъемкой.

При использовании оптических теодолитов расстояние между прибором и реечной точкой, если объем отвала не более 100 тыс. м³, не должно превышать 60 м, а при больших объемах – 100 м. Соответственно расстояния между реечными точками должны быть не более 10 и 15 м. При сложной поверхности отвала эти расстояния уменьшаются до 6–10 м.

Кроме того, на породных отвалах не реже двух раз в год производят нивелирование железнодорожных путей, а при автотранспорте – автомобильных дорог.

5.1. Маркшейдерское обеспечение рекультивации производительной земли

К числу отрицательных последствий открытых разработок следует отнести полное нарушение природного ландшафта значительных по площади земельных участков. Если такие участки являются производительными землями – сельскохозяйственными или лесными

угодьями, то при этом причиняется большой экономический ущерб народному хозяйству.

Площади сельскохозяйственных и лесных угодий, нарушенные горными работами, подлежат восстановлению за счет предприятий и организаций, осуществляющих разработку.

При оценке полноты восстановления нарушенной поверхности земли открытыми разработками первым показателем является коэффициент восстановления ландшафта:

$$K_{л} = \frac{S_{в}}{S_{н}} \quad (56)$$

где $S_{в}$ и $S_{н}$ – соответственно восстановленная и нарушенная разработками площадь земли, m^2 (или га).

Вторым показателем считается качественный коэффициент

$$K_{к} = \frac{C_{в}}{C_{н}}, \quad (57)$$

где $C_{в}$ – ценность (продуктивность) восстановленной площади; $C_{н}$ – ценность (продуктивность) нарушенной площади.

С учетом конкретных горно-геологических, а также почвенно-географических условий разработок по характеру восстанавливаемости нарушенной поверхности земли все открытые разработки можно разделить на 3 основные категории.

I категория. Относительно неглубокие карьеры, разрабатывающие горизонтальные и пологие пласты и пластообразные залежи полезных ископаемых (бурые угли, фосфориты, осадочные руды, строительные материалы и др.), с размещением пустых пород вскрыши в выработанном пространстве.

Поверхности внутренних породных отвалов таких карьеров после планировки и покрытия культурным (почвенным и подпочвенным) слоем мощностью 1–1,5 м, предварительно снятым с площади карьера, могут быть введены в строй сельскохозяйственных или лесных угодий полностью с качественным коэффициентом не ниже 0,8–1,0.

II категория. Относительно неглубокие открытые разработки и крупные глубокие карьеры, расположенные на площадях производственных земель, разработку которых осуществляют с внешними породными отвалами, размещенными на специально отведенных участках поверхности, а также с хвостохранилищами, если в комплексе карьера имеется дробильно-обогатительная фабрика или горно-обогатительные комбинаты.

Глубокие карьеры с высоким стигическим уровнем неагрес-

сивных грунтовых вод или подвадом русел рек после выполаживания верхней части бортов образуют водосемы, неглубокие сухие карьеры могут быть использованы под хозяйственные застройки (хранилища, автотракторные хозяйства и др.) или под лесные посадки.

Поверхности внешних породных отвалов и хвостохранилищ после планировки, выполаживания откосов и покрытия почвенным слоем мощностью не менее 1,2–1,5 м, снятым с участков, занятых карьером и породными отвалами, в первую очередь, должна быть закреплена от эрозии травяным покровом. В дальнейшем восстановленные площади могут быть использованы под посевы поливных сельскохозяйственных культур или лесные посадки.

III категория. Открытые разработки, расположенные на бесплодных землях горных районов, в полупустынях и пустынях, а также в районах Крайнего Севера.

Рекультивация сельскохозяйственных земель и лесных угодий, почвенный покров которых нарушен при разработке месторождений попутных ископаемых, проводится на основании проектов, разрабатываемых проектными организациями ведомств и министерств, осуществляющих указанные работы, с привлечением на договорных условиях других проектных организаций.

Работы, связанные с рекультивацией нарушенных земель, проводят, как правило, в летнее время. Их начинают одновременно со строительством карьера, продолжают в течение всего срока эксплуатации и завершают при ликвидации предприятия.

Маркшейдерско-геодезические работы, связанные с рекультивацией нарушенных земель, имеют следующие цели:

- проведение крупномасштабной топографической съемки земной поверхности на площадях, отведенных под карьер, внешние породные отвалы и хвостохранилища;
- отвод площадей под снятие почвенного и подпочвенного слоев участков карьера и породных отвалов в соответствии с утвержденными годовыми планами развития горных работ и внешних породных отвалов;
- съемка площадей спланированных породных отвалов (внутренних и внешних) и хвостохранилищ, подготовленных к покрытию почвенным слоем;
- периодическая съемка и определение объемов выполненных работ по снятию и насыпи почвенного слоя, а также в определении объемов почвенной массы на временных складах;
- перенесение проекта планировки бортов и дна отработанного карьера, предназначенного к использованию в качестве водоема или

других целей.

В качестве съемочного обоснования для проведения топографической съемки земной поверхности участков, отведенных под карьер, внешние породные отвалы и хвостохранилища, на которых намечено провести снятие почвенного слоя, могут служить проложённые теодолитные ходы или разбивка сетки квадратов 100X100 м.

По результатам топографической съемки или нивелирования площади по квадратам 20x20 м на каждый участок составляют топографический план в масштабе 1:500 или 1:1000 с сечением горизонталей через 0,2–0,5 м. На топографический план наносят точки взятия проб почвы с указанием номера пробы, мощности почвенного (обрабатываемого) и подпочвенного слоев, подлежащих выемке.

Крупномасштабные топографические планы являются графической основой для нанесения на них результатов периодически проводимых дополнительных съемок (контуров и высотных отметок) выполненных работ по снятию почвенного слоя, а также определения объемов за месяц и сезон.

Объемы удвlenного почвенного слоя можно определять способом среднего арифметического или с помощью объемной палетки с предварительным составлением плана изомощностей.

Учет объемов покрытия (насыпи) подпочвенным и растительным слоем на спланированные поверхности породных отвалов и хвостохранилищ осуществляется аналогичными приемами.

6. ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

План развития горных работ является техническим обоснованием плана производства и реализации продукции. Планирование развития горных работ проводят по времени и по объектам работ.

Основные задачи планирования горных работ:

- обеспечение выполнения плана добычи в плановом периоде (за год, квартал, месяц);

- планомерное развитие горных работ в соответствии с техническим проектом и перспективным планом, скорректированным на основании опыта разработки;

- рациональное использование запасов полезного ископаемого, снижение потерь и разубоживания руды при добыче;

- обеспечение непрерывного восполнения запасов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке для создания необходимых резервов и условий ритмичной работы участков и всего горного предприятия.

Задачи маркшейдера при составлении плана развития горных работ При составлении плана развития горных работ маркшейдер осуществляет:

- сбор и оформление материалов, связанных с выполнением плана развития горных работ за прошлый период, подготовку исходных данных для распределения плана горных работ по вскрыше и добыче, по участкам (уступам) на новый плановый период;

- составление календарного плана развития горных работ с графическим его оформлением, составление и оформление всех горных графических документов плана работ.

Для выполнения указанных задач маркшейдер делает дополнительную съемку на всех участках карьера (уступах, отвалах, траншеях) и наносит результаты съемки на план. На основании съемки и пополненных планов уточняет выполнение плана горных работ за предыдущий период и готовит исходный материал для планирования горных работ на последующий календарный период. Затем маркшейдер проводит расчет плана вскрыши, добычи, перезжскавания по календарным срокам (на год, квартал, месяц) по каждому участку, горизонту, уступу, механизму, расчет плановых показателей потерь и разубоживания руды при добыче, учет движения запасов; намечает места размещения пород от вскрыши во внешних и внутренних отвалах.

Все расчетные данные плана развития горных работ сводят в таблицы и наносят на крупномасштабные планы обычно контурами, штриховкой и обозначениями в определенных цветах.

Основные графические материалы, прилагаемые к произ-

водственному плану горных работ следующие: сводный план горных работ карьера и схемы поверхности карьера в масштабах 1:2000–1:5000 с нанесенным на них планом развития горных работ, календарные планы по уступам (горизонтам) в масштабах 1:500–1:1000, разрезы (профили) карьера горных работ по уступам в масштабах 1:500–1:2000, планы развития карьеров, нанесенные на топографический план масштаба 1:5000, паспорта управления рудными и породными уступами и внутренними отвалами породы с расположением экскаваторов на уступах и отвалах.

Расчетные данные, которыми обеспечивает маркшейдерская служба горного предприятия планирование горных работ, следующие:

- плановый объем добычи. Определяют проектную длину фронта работ (заходок), обеспечивающую план календарной добычи (на год, квартал, месяц). После определения общей длины линии забоя проводят разбивку добычи по кварталам и месяцам, распределяя ее по участкам, уступам и механизмам,

- плановый объем вскрыши V . Планирование вскрышных работ имеет цель обеспечить план добычи полезного ископаемого вскрытыми запасами с необходимым резервом. Определяют необходимое количество вскрытых запасов Q_n в планируемом периоде. При определении объема вскрышных работ предварительно рассчитывают число уступов и их элементы (ширину рабочей площадки уступов, охранную берму уступов, угол погашения борта карьера, который должен соответствовать установленной нормативу для конкретных условий разработки),

- план переэкскавации горной породы составляют при наличии внутренних отвалов исходя из объемов пустой породы, подлежащей перевалке из нижних породных уступов. При определении объема работ по переэкскавации устанавливают коэффициент перевалки (переэкскавации) k_p , который равен отношению суммы объемов перевалочной породы в отвал к первоначальному объему породы, вынутой из массива. Знание коэффициента перевалки дает возможность правильно планировать и контролировать организацию процесса переэкскавации, размещение породы в выработанном пространстве.

- плановые потери и разубоживание руды при добыче определяют на основе согласованных в округе гортехнадзора и утвержденных руководством предприятия нормативных величин потерь и разубоживания руды.

При планировании добычи и вскрыши для контроля подсчитывают их соотношение, т. е. коэффициент вскрыши

$$k_e = V/Q_H \quad (58)$$

План развития горных работ содержит графический и табличный материалы и объяснительную записку.

Графический материал к плану развития горных работ оформляют в соответствии с установленными обозначениями для маркшейдерских планов и требованиями действующей инструкции по производству маркшейдерских работ.

После проведения всех необходимых расчетов фактические, ожидаемые и плановые данные сводят в таблицы. Эти данные характеризуют горно-геологические условия, фактическое состояние горных работ и их развитие в плановом периоде.

На проектных планах горных работ размещают таблицы горно-геологических показателей, планируемых к отработке, и основных горно-технических показателей, характеризующих технологию, механизацию и организацию работ в плановом периоде.

В объяснительной записке излагают основные направления развития карьера, мероприятия по реализации планов, объемы работ, сроки их выполнения и стоимость.

По каждому мероприятию приводят технико-экономическое обоснование.

После того, как план развития горных работ утвержден, маркшейдер контролирует ход его выполнения по объемам и качеству. В конце отчетного периода (за месяц, квартал, год) маркшейдер на основании копий проектного плана горных работ отмечает фактическое состояние горных работ по каждому участку.

Систематический контроль за ходом работ обеспечивает возможность оперативного устранения недостатков и выполнение плана в намеченные сроки каждым забоем и карьером в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геодезия /Д.Ш. Михеле и др. М.: Высшая школа, 2000. 464 с.
2. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках (справочник) /В.Н. Попов и др. М.: Недра, 1989. 423 с.
3. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках /М.А. Перезу-дов и др. М.: Недра, 1980. 364 с.
4. Маркшейдерия /М.Е. Певзнер и др. М.: МГТУ, 2003. 418 с.
5. Устойчивость уступов и бортов карьеров бассейна Каратау /А.Ж. Мишинов и др. Алма-Ата: Наука, 1981. 119 с.
6. Оглоблин Д.А. Маркшейдерское дело. М.: Недра, 1981. 350 с.
7. Методические указания по проведения лабораторных занятий для специальности 190140 «Маркшейдерское дело». I–II части. Маркшейдерские работы на открытых разработках /Б.С. Касенов, Т.И. Туякбаев. Алматы: КазНТУ, 1996.
8. Маркшейдерское дело. Ч. I. /И.Н. Ушаков и др. М.: Недра, 1989. 310 с.
9. Маркшейдерские работы при планировании открытых разработках /Е.С. Мильнер. М.: Недра, 1981.
10. Геодезия, основы аэрофотосъемки и маркшейдерского дела /В.И. Борщ-Компаниец. М.: Недра, 1984. 446 с.
11. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. М.: Недра, 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОРНО-СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ	5
1.1. Государственные геодезические сети, сети сгущения. Маркшейдерские сети опорных пунктов.....	7
1.2. Особенности и способы создания съёмочного обоснования в карьерах.....	12
1.3. Геодезические засечки.....	15
1.4. Полярный способ создания съёмочного обоснования.....	22
1.5. Теодолитные ходы.....	23
1.6. Способ створных линий.....	25
1.7. Эксплуатационные сетки.....	26
1.8. Высотное обоснование маркшейдерских съёмок карьеров.....	29
2. МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ КАРЬЕРОВ.....	32
2.1. Подготовительные работы и способы перенесения проектных данных в натуру.....	32
2.2. Маркшейдерское обеспечение монтажа и эксплуатации горно-транспортного оборудования.....	38
3. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ.....	45
4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭКСКАВАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРНОЙ МАССЫ.....	50
4.1. Маркшейдерское обеспечение сооружения транспортных путей.....	50
4.2. Маркшейдерские работы при экскавации горной массы.....	52
4.3. Маркшейдерский учет объемов вскрыши и добычи.....	54
4.4. Маркшейдерские съемки горных выработок.....	58
4.5. Маркшейдерские наблюдения за деформациями горных пород при открытых разработках.....	61
4.6. Маркшейдерское обеспечение дражной и гидромеханизированной разработки месторождений.....	66
4.7. Меры безопасности при производстве маркшейдерских работ.....	70
5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИИ.....	71
5.1. Маркшейдерское обеспечение рекультивации производственной земли.....	76
6. ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ.....	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	83

Учебное издание

Х.М. Касымканова

**МАРКШЕЙДЕРИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Учебное пособие

Зав. РО

Редактор

Техн редактор

Комп. набор и верстка

А. Губайдуллина

Э.З. Миргиястивова

Ж.Н. Байменова

А.А. Сегизбаева

Подписано в печать 28.01.08 г.

Бумага офсетная. Формат 60 x 84 1/16. Усл. п.л. 5,25. Уч. издл. 5,4

Тираж 500 экз. Заказ № 187. Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета
Научно-технический издательский центр КазНТУ,
г. Алматы, ул. Ладыгина, 32