

# МАРКШЕЙДЕРИЯ



ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**РЕДАКЦИОННЫЙ  
С О В Е Т**

*Председатель*

**Л.А. ПУЧКОВ**

*Зам. председателя*

**Л.Х. ГИТИС**

*Члены редсовета*

**И.В. ДЕМЕНТЬЕВ**

**А.П. ДМИТРИЕВ**

**Б.А. КАРТОЗИЯ**

**В.В. КУРЕХИН**

**М.В. КУРЛЕНЯ**

**В.И. ОСИПОВ**

**Э.М. СОКОЛОВ**

**К.Н. ТРУБЕЦКОЙ**

**В.В. ХРОНИН**

**В.А. ЧАНТУРИЯ**

**Е.И. ШЕМЯКИН**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*ректор МГГУ,  
чл.-корр. РАН*

*директор  
Издательства МГГУ*

*академик РАЕН*

*академик РАЕН*

*академик РАЕН*

*академик РАЕН*

*академик РАН*

*академик РАН*

*академик МАН ВШ*

*академик РАН*

*профессор*

*академик РАН*

*академик РАН*

**ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

# МАРКШЕЙДЕРИЯ

*Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело» направления подготовки дипломированных специалистов «Горное дело»*

**МОСКВА**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**2 0 0 3**



УДК 622.1  
ББК 33.12  
М25

**А в т о р ы:**

д-р техн. наук М.Е. Певзнер, д-р техн. наук В.Н. Попов, д-р техн. наук В.А. Букринский, инж. Е.В. Викторова, канд. техн. наук Е.В. Киселевский, д-р физ.-мат. наук Ю.О. Кузьмин, инж. А.М. Навитный, канд. техн. наук Г.В. Орлов, канд. техн. наук В.Н. Сученко, канд. техн. наук Н.Е. Федотов

**Федеральная целевая программа "Культура России"**

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра "Геодезия и маркшейдерское дело"  
Московского государственного геолого-разведочного университета  
(зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.Б. Макаров),  
проф. Б.И. Бузинов  
(Российский университет дружбы народов)

**Маркшейдерия: Учебник для вузов / Под ред. М.Е. Певзнера,**  
М25 **В.Н. Попова. – М.: Издательство Московского государственного**  
**горного университета, 2003. – 419 с.: ил.**  
ISBN 5-7418-0257-5

Изложены общие сведения о маркшейдерии, ее предмет, содержание, цель и задачи. Проанализирована нормативная правовая база недропользования. Рассмотрены основные виды маркшейдерских съемок. Дано описание основ маркшейдерского обеспечения рационального использования и охраны недр, промышленной и экологической безопасности недропользования. Выполнен анализ точности маркшейдерских работ. Приведены данные о закономерностях сдвижения горных пород при недропользовании и методах наблюдения за геомеханическими процессами.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению "Горное дело" специальности "Маркшейдерское дело", и работников горнодобывающей промышленности.

УДК 622.1  
ББК 33.12

ISBN 5-7418-0257-5

© Коллектив авторов, 2003

© Издательство МГГУ, 2003

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2003

*100-летию со дня рождения  
выдающегося ученого и педагога  
в области маркшейдерии и геометрии недр  
Петра Александровича Рыжова  
посвящается*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**Н**астоящий учебник охватывает весь перечень методов и средств ведения маркшейдерских работ и представляет собой базовый курс, являющийся основой при подготовке маркшейдеров в вузах страны.

Целью учебника является выработка у студентов вузов знаний, умений и представлений, необходимых для решения стандартных задач маркшейдерского обеспечения недропользования.

Необходимость подготовки этого учебника обусловлена тем, что в издании учебников для студентов маркшейдерской специальности возникла пауза почти в 15 лет. За это время произошли значительные изменения в технике и методике маркшейдерских работ, задачах и функциях маркшейдерской службы горных предприятий, которые необходимо изучить будущему горному инженеру-маркшейдеру.

Идеология учебника основана на новом законодательстве Российской Федерации о недропользовании, в котором сформулированы основные права и обязанности пользователей недр, требования по рациональному использованию и охране недр, безопасному ведению работ, связанных с использованием недрами.

Для более полного отражения новой роли маркшейдерской службы в современных условиях в учебнике широко используются действующие инструктивные и методические материалы.

Учебник создавался авторским коллективом на основе обобщения учебных планов ведущих вузов, осуществляющих подготовку маркшейдеров, многолетнего опыта преподавания маркшейдерских дисциплин в Московском государственном горном университете и практики маркшейдерского обеспечения различных видов недропользования.

Содержание учебника соответствует требованиям Примерной программы дисциплины "Маркшейдерия", утвержденной Министерством образования РФ 6 ноября 2001 г.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам рукописи учебника заведующему кафедрой Геодезии и маркшейдерского дела Московского государственного геолого-разведочного университета проф. А.Б. Макарову и заведующему кафедрой Геодезии Российского университета дружбы народов проф. Б.И. Бузинову за полезное обсуждение и конструктивные замечания.

# Часть 1

## **МАРКШЕЙДЕРИЯ – БАЗОВЫЙ КУРС**

# 1. ПРЕДМЕТ, СОДЕРЖАНИЕ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРИИ

## 1.1. МАРКШЕЙДЕРИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**М**аркшейдерия играет важнейшую роль в недропользовании, поскольку в соответствии с действующими нормативными правовыми документами на маркшейдерскую службу предприятий-недропользователей возложены весьма ответственные задачи:

- своевременное и высококачественное ведение комплекса маркшейдерских работ и документации, обеспечивающих наиболее полное и комплексное освоение месторождений полезных ископаемых при разведке, проектировании, строительстве, эксплуатации и ликвидации (консервации) горного предприятия, а также эффективное использование недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, безопасное ведение горных работ и охрану недр;
- совершенствование организации и методов ведения маркшейдерских работ на основе широкого внедрения новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта;
- строгое соблюдение государственных интересов (в соответствии с российским законодательством недр и содержащиеся в них ресурсы являются государственной собственностью) при пользовании недрами, предупреждение проявлений хищнического подхода к использованию и охране недр.

В историческом аспекте понятие "маркшейдерия" (маркшейдерское дело) происходит от немецкого *Mark* – граница и *scheiden* – различать, разделять. К настоящему времени накоплено большое количество определений маркшейдерского дела (маркшейдерии), данных отечественными и зарубежными специалистами. Приведем лишь некоторые из них, чтобы показать, как эти определения менялись во времени.



Маркшейдерское дело – это:

- отрасль горной науки и техники о съемках и замерах горных выработок и способах решения горно-геометрических задач (Горное дело: Энциклопедический справочник "Геология угольных месторождений и маркшейдерское дело". – М.: Недра, 1957);
- отрасль горной науки о пространственно-геометрических измерениях шахт и рудников и способах решения горно-геометрических задач (Рыжов П.А., Букринский В.А., Гудков В.М. и др. Маркшейдерское дело: Учебное пособие для студентов горных институтов и факультетов. – М.: Металлургиздат, 1958);
- отрасль знания и техники, основным предметом которой является производство съемок и других измерений с целью изображения на чертежах горных выработок, геологических объектов и объектов территории горных отводов, а также использование результатов съемок и замеров для решения задач, возникающих при разведке месторождений, проектировании, строительстве и эксплуатации горных предприятий (Казаковский Д.А., Кротов Г.А., Лавров В.Н. и др. Маркшейдерское дело. Ч. 1: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Маркшейдерское дело". – М.: Недра, 1970);
- отрасль горной науки и техники, занимающаяся измерениями на поверхности и в недрах Земли при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых и строительстве горных предприятий (Борщ-Компонице В.И. и др. Маркшейдерское дело: Учебник для горных техникумов. – М.: Недра, 1979);
- раздел горных наук, изучающий на основе измерений, вычислений, геометрических и графических построений размер, форму и другие параметры залежей полезных ископаемых и пространственное положение горных выработок (Горная энциклопедия. – Т.3. – М.: Советская энциклопедия, 1987);
- отрасль горной науки и техники, занимающаяся пространственно-геометрическими измерениями (маркшейдерскими съемками) (Терминологический словарь по маркшейдерскому делу. – М.: Недра, 1987).

К приведенным выше определениям понятия "маркшейдерское дело" необходимо добавить следующее. Уже более 25 лет функционирует Международное общество по маркшейдерскому делу – сокращенно ИСМ. Это общество является объединением специалистов в области маркшейдерского дела. Оно является негосударственной организацией ЮНЕСКО и постоянным членом Всемирного горного конгресса, осуществляя свою деятельность как самостоятельная международная организация в соответствии с утвержденным Уставом. В Уставе ИСМ дано следующее определение понятия "маркшейдерское дело": это отрасль горной науки и техники, занимающаяся комплексом измерений, вычислений и геометрических построений всех видов для сбора и документирования данных, выполняемых на всех стадиях поиска, разведки месторождений полезных ископаемых, их добычи открытым и подземным способами, а также строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Новые задачи и содержание маркшейдерии определяются научным и техническим прогрессом в горной промышленности.

На современном уровне развития маркшейдерии ее следует рассматривать:

- как важнейшую составную часть недропользования;
- как учебную дисциплину;
- как горную науку.

Такое деление в определенной мере является условным, поскольку зачастую в учебниках по маркшейдерскому делу приводились (и приводятся) результаты очень глубоких исследований, а они, в свою очередь, существенно отражаются на технике и методике маркшейдерских работ. С другой стороны, развитие какого-либо научного направления в маркшейдерском деле приводит к его оформлению в учебную дисциплину, которая затем преподается в горных вузах. Все же такой подход позволяет более четко проанализировать сущность маркшейдерского дела.

## **1.2. МАРКШЕЙДЕРИЯ – СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**М**аркшейдерия зародилась в глубокой древности вместе с возникновением горного дела как выражение объективной необ-

ходимости ориентироваться в подземных выработках и изображать их на планах.

Первое упоминание способов съемки подземных горных выработок принадлежит Герону Александрийскому (1 в. до н.э.). Во второй половине XVI в. в Германии из среды горняков стали выделяться лица, которые занимались съемкой горных выработок и перенесением с поверхности в шахту границ участков. Таких специалистов стали называть маркшейдерами, а круг вопросов горного дела, решаемых ими, – маркшейдерским искусством.

В России первые сведения о подземных съемках появились во времена Петра I. В проекте горно-заводского устава, составленного В.Н. Татищевым и изданного в 1734 г., четко определены задачи и обязанности маркшейдера. Обнаруженные в архивах уральских рудников маркшейдерские планы середины XVIII в. свидетельствуют, по мнению проф. Д.Н. Оглоблина, о сравнительно высоком для того времени уровне маркшейдерского искусства в России. Например, на Березовских рудниках уже в то время съемки выполнялись в единой местной системе координат. Чертежи горных выработок составлялись в проекциях на горизонтальную и вертикальную плоскости, в единых условных обозначениях.

В истории развития маркшейдерии, начиная с XIX в., можно отметить два основных направления.

**Первое** из них связано с качественными изменениями в технике и методике производства маркшейдерских работ.

Середина XIX в. – переход от буссоли к теодолиту, начало применения математических методов обработки и оценки результатов измерений. В 1847 г. дается первое описание конструкции горного теодолита с эксцентричной трубой и методики подземной теодолитной съемки. Как отмечал проф. П.А. Рыжов, параллельно с разработкой маркшейдерских инструментов во второй половине XIX в. и в первой половине XX в. в Германии большое внимание уделялось совершенствованию методики маркшейдерских работ. В 1937 г. в Германии был создан проектир направлений для оптического способа ориентирования съемок в подземном пространстве. В первой половине XX в. начались работы по созданию приборно-аппаратурной базы для проведения работ по гироскопическому ориентированию подземных выработок.

В настоящее время для проведения маркшейдерских работ применяются такие высокоточные приборы, как светодальномеры, ла-

зерные указатели направлений, гироскопические и кодовые теодолиты, нивелиры с самоустанавливающимся визирным лучом, глубиномеры, автоматы-профилографы, спутниковая и компьютерная технологии и др.

**Второе** направление связано с созданием нормативных правовых и инструктивных документов, регулирующих деятельность маркшейдерской службы. Важную роль в развитии этого направления играли и играют съезды маркшейдеров.

Как отмечалось в докладе "О состоянии отечественной маркшейдерии и задачах съезда маркшейдеров Российской Федерации", представленном съезду в 1995 г., "начиная с первого регионального съезда маркшейдеров Юга России в 1909 г., все стратегически важные маркшейдерские проблемы решались коллегиально маркшейдерами России на региональных и всероссийских съездах, решения которых являлись основой для решений правительственных учреждений".

В 1913 г. в Санкт-Петербурге проф. В.И. Бауман организовал и провел Первый Всероссийский съезд маркшейдеров. Однако решения съезда по проведению прогрессивной реформы маркшейдерской службы из-за начавшейся вскоре первой мировой войны не были осуществлены.

В 1921 г. по инициативе проф. В.И. Баумана в г. Петрограде состоялся Второй Всероссийский маркшейдерский съезд, на котором была одобрена новая структура маркшейдерской службы, утверждена Инструкция по производству маркшейдерских работ, определены основные требования к подготовке инженерных кадров маркшейдерской специальности в вузах.

В 1929 г. по инициативе проф. И.М. Бахурина была проведена Всесоюзная маркшейдерская конференция, тождественная по значению очередному маркшейдерскому съезду. На конференции были приняты Правила по маркшейдерскому делу и маркшейдерскому контролю, более полная Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ, постановление о создании постоянной маркшейдерской комиссии при Научно-техническом совете горной промышленности. Созданная по решению конференции постоянная маркшейдерская комиссия имела очень большое значение. Она занималась введением системы прямоугольных координат, единой для всей территории страны. Она же организовала первые наблюдения за сдвижением земной поверхности под влиянием горных разработок.

В 1932 г. в г. Ленинграде состоялся Первый Всесоюзный маркшейдерский съезд. На съезде присутствовало более 350 представителей производственной и научной маркшейдерии, в нем принял участие тогдашний президент Академии наук СССР акад. А.П. Карпинский. Съезд рассмотрел важнейшие организационные и технические вопросы маркшейдерии: о положении маркшейдерского дела на предприятии и о его организации; о маркшейдерском контроле и надзоре; о кадрах; о перестройке маркшейдерского дела; об условных обозначениях на маркшейдерской документации; о систематических наблюдениях за сдвижением поверхности под влиянием горных разработок; об изменениях технических маркшейдерских инструкций; о службе магнитных наблюдений; о создании ЦНИМБа (Центрального научно-исследовательского маркшейдерского бюро, преобразованного в 1945 г. во Всесоюзный научно-исследовательский маркшейдерский институт – ВНИМИ).

Съезд стал поворотным этапом в истории маркшейдерской службы страны. Уже на этом съезде решался вопрос об организации маркшейдерской службы в горной промышленности. Часть делегатов (111 чел.) настаивала на выведении маркшейдерской службы из подчинения администрации предприятий и выделении ее в специальную организацию, ведущую маркшейдерские работы для горного предприятия на договорных началах. Другая часть (114 чел.) считала целесообразным оставить маркшейдерскую службу в системе общего управления горным предприятием. Ввиду такого разделения голосов решение вопроса было передано в Высший Совет народного хозяйства (ВСНХ СССР), который перевел всю маркшейдерскую службу в подчинение руководству горных предприятий. Такой она осталась и к настоящему времени, сохранив достоинства и недостатки данного решения.

Следующий Всесоюзный форум маркшейдеров (Всесоюзное научно-техническое совещание) состоялся лишь в 1956 г. в г. Ленинграде. После этого совещания было введено в действие "Положение о маркшейдерской службе" всей горно-добывающей промышленности страны. Были проведены мероприятия по улучшению состояния маркшейдерской службы в части снабжения предприятий новыми приборами отечественного и зарубежного производства, организации наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород, а также улучшения маркшейдерской графической

документации. Наступили годы интенсивного повышения качества маркшейдерских работ.

В доперестроечный период в нашей стране деятельность маркшейдерской службы горных предприятий регламентировалась Типовым Положением о ведомственной маркшейдерской службе, которое было утверждено постановлением Совета Министров СССР от 27 октября 1981 г. № 1040. В этом Положении были четко определены задачи, права и обязанности маркшейдерской службы всех уровней: министерства, ведомства и предприятия, организации, учреждения.

Даже краткий перечень функций маркшейдерской службы горного предприятия указывает на ее масштабную роль в обеспечении процессов недропользования:

- производство съемок горных выработок и земной поверхности;
- определение наиболее рациональных и эффективных схем развития горных работ;
- перенесение в натуру геометрических элементов проектов горных выработок, зданий и коммуникаций, границ безопасного ведения горных работ, барьерных и предохранительных целиков;
- периодический контроль за соблюдением установленных соотношений геометрических элементов технических сооружений во время их эксплуатации;
- организация и проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвигения горных пород, проявлениями горного давления, деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, за устойчивостью уступов, бортов карьеров и отвалов;
- разработка норм потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче;
- определение и учет объемов выполнения горных и строительно-монтажных работ, в том числе объемов добычи и потерь полезных ископаемых и полноты отработки запасов полезных ископаемых и др.

Успехи в развитии и совершенствовании маркшейдерского дела в Советском Союзе во многом определялись тем, что маркшейдерские службы в горно-добывающих и горно-строительных мини-

стерствах и на предприятиях возглавлялись энергичными и высококомпетентными специалистами.

Маркшейдерскую службу в Министерстве угольной промышленности СССР в разные годы возглавляли Е.Е. Блоха, Л.А. Крикунов, Г.М. Кныш, Ф.М. Маевский, А.М. Навитный.

В Министерстве цветной металлургии СССР маркшейдерской службой руководили А.А. Добровольский и Н.В. Симаков.

В Министерстве черной металлургии СССР маркшейдерскую службу возглавляли Л.Т. Зеркин, Н.Г. Почтенных, К.П. Николаев.

Главным маркшейдером Министерства по производству минеральных удобрений СССР в течение многих лет являлся В.М. Мищенко, а главным маркшейдером Министерства нефтяной промышленности СССР – В.Г. Сова.

Маркшейдерскую службу в Госстрое СССР возглавлял А.П. Старицын, в Союзгидроспецстрое Минэнерго СССР – В.А. Жилкин, в Минатомэнергопроме СССР – В.Н. Кротов, А.А. Алексеев, в Минтяжстрое СССР – В.Г. Янковский, в Минстройматериалов СССР – Ю.Б. Панкевич.

Крупными специалистами была укомплектована маркшейдерская служба угольной промышленности страны. Маркшейдерской службой в Министерстве угольной промышленности Украины руководили И.А. Левченко и А.И. Сошенко. В Кузнецком угольном бассейне долгие годы успешно трудился Л.А. Западинский, в Карагандинском бассейне – И.А. Рудой и В.М. Мамров, в Челябинском бассейне – С.П. Михеев и В.М. Дроздов, в Печорском бассейне – Добрица и Рениченко, в Эстонском сланцевом бассейне – М.П. Кокухов и Г.П. Грудинов.

На предприятиях цветной металлургии и алмазодобывающей промышленности большим авторитетом пользуются Б.Л. Макаров (Норильский горно-металлургический комбинат) и М.В. Ганченко (АК "Алроса").

Значительный вклад в укрепление маркшейдерской службы в горно-химической промышленности внесли главный маркшейдер объединения "Белоруськалий" И.С. Невельсон, главные маркшейдеры объединения "Апатит" В.С. Кожин и Е.В. Ивановский и многие другие специалисты.

Нельзя не отметить значительный вклад в организацию маркшейдерской службы в стране, правовом и нормативном закреплении ее задач, обязанностей и ответственности специалистов Госу-

дарственного горного и промышленного надзора СССР и России Я.З. Рашковского, З.И. Поляка, М.П. Васильчука, И.В. Горбачева, В.С. Зимича, В.В. Грицкова, М.Г. Козаченко.

Таким образом, рассматривая маркшейдерию как составную часть недропользования, ее на современном этапе развития науки и техники можно определить как *систему измерений, наблюдений и контроля недропользования, проводимых с целью своевременного получения достоверной информации о деятельности недропользователя по освоению ресурсов недр и процессах, возникающих в недрах и на земной поверхности в результате этой деятельности, отражения этой информации в маркшейдерской документации (полевой, вычислительной и графической), использования ее для принятия обоснованных технических решений и реализации их в практике недропользования.*

Эти решения должны обеспечить полное и комплексное использование ресурсов недр, промышленную и экологическую безопасность недропользования.

### **1.3. МАРКШЕЙДЕРИЯ – УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**О**тветственные задачи, стоящие перед маркшейдерской службой на всех этапах ее развития, предъявляли высокие требования к квалификации работников маркшейдерской службы и учебно-методической литературе для подготовки кадров.

В 1556 г. был опубликован труд выдающегося немецкого ученого Г. Агриколы, который он посвятил вопросам съемки подземных горных выработок с помощью компаса и решению некоторых геометрических задач, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых. Придавая большое значение маркшейдерскому делу, автор писал: "Горняки измеряют горную толщу для того, чтобы владельцы рудников могли заблаговременно сделать расчеты, и для того, чтобы их рудокопы не проникали в чужие рудничные поля. Маркшейдер измеряет еще не пройденное расстояние между устьем штольни и шахтным стволом, достигшим уровня штольни, или между устьем шахтного ствола и штольней, которая пройдет до места, расположенного пол стволом, или между



стволом и штольной, когда штольня еще не доведена до ствола или ствол еще не настолько глубок, чтобы встретиться со штольной. Маркшейдер также определяет в штольнях и других выработках границы, точно соответствующие границам отвода, установленным бергмейстером на поверхности. Оба рода измерений основаны на измерении треугольников".

Первой в России работой по маркшейдерскому делу явился труд М.В. Ломоносова "Первые основания металлургии или рудных тел", изданный в 1763 г. В пятой главе этого труда "Об измерении рудников" М.В. Ломоносов излагает производство съемок с помощью висячей буссоли, квадранта, мерных жезлов, а также методику составления планов горных работ и решения основных геометрических задач, возникающих в горном деле. Следует отметить, что эти труды и ряд последующих работ имели большое значение не только в научном плане, но по существу явились первыми учебными пособиями для обучения маркшейдерских кадров.

В 1805 г. А.И. Максимович опубликовал книгу "Практическая подземная геометрия" – первое на русском языке руководство (учебник) по маркшейдерскому искусству. Русский ученый П.А. Олышев (1817–1896) более 30 лет преподавал маркшейдерское и горное искусство в Петербургском горном институте и в 1847 г. издал книгу "Маркшейдерское искусство". Несколько позже в Германии выходят в свет работы Ю. Вейсбаха "Новое маркшейдерское искусство" (1851) и Н. Борхерса "Практическое маркшейдерское искусство" (1869). Проф. П.К. Соболевский впервые в России в 1904 г. в Томском вузе организовал подготовку инженеров по маркшейдерской специальности. В 1905 г. проф. Петербургского горного института В.И. Бауман (1867–1923) опубликовал "Курс маркшейдерского искусства" в 3-х томах, который в течение почти четверти века являлся лучшим учебником по маркшейдерскому делу. В 1932 г. ближайший ученик и последователь В.И. Баумана проф. Ленинградского горного института, чл.-корр. АН СССР И.М. Бахурин опубликовал учебник "Курс маркшейдерского искусства – специальная часть". Позднее И.М. Бахуриным были созданы "Сдвигение горных пород под влиянием горных разработок" (1946) и "Курс маркшейдерского дела. Часть 2" (1949).

В эти же годы публикуется большое количество учебников по маркшейдерскому делу, созданных различными школами специалистов-маркшейдеров:

- ленинградской – под руководством проф. Д.А. Казаковско-го и проф. И.Н. Ушакова;
- донецкой – под руководством проф. Д.Н. Оглоблина;
- уральской – под руководством проф. М.Л. Рудакова;
- московской – под руководством проф. П.К. Соболевского, проф. П.А. Рыжова и проф. Ф.Ф. Павлова, их учеников и последователей, создавших ряд высококачественных учебников и учебных пособий.

*Таким образом, маркшейдерия (маркшейдерское дело) как учебная дисциплина имеет более чем двухсотлетнюю историю, что весьма положительно сказалось на количестве и качестве подготовки кадров маркшейдеров и благоприятно повлияло на развитие недропользования в нашей стране и за рубежом.*

#### **1.4. МАРКШЕЙДЕРИЯ – НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА В СИСТЕМЕ ГОРНЫХ НАУК**

**Б**юро Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук Российской академии наук в 1997 г. утвердило новую классификацию горных наук. В соответствии с этим решением данная классификация должна стать основной методической базой при проведении исследований во всех областях горных наук, в учебно-педагогическом процессе, а также при разработке проектных и нормативных материалов.

Современное естественно-научное содержание и методология горных наук раскрываются авторами классификации как система знаний о закономерностях и способах комплексного и экологически безопасного освоения и сохранения недр на основе постоянно-го технологического воспроизведения их ресурсов и нового функционального назначения.

Все горные науки авторами классификации разделены на 4 группы: горное недроведение, горная системология, геотехнология и обогащение полезных ископаемых. В группу "Горное недроведение" включены следующие науки: горно-промышленная геология, геометрия и квалиметрия недр, геомеханика, разрушение горных пород, рудничная азрогазодинамика и горная теплофизика. Они объединены общей идеей – выявить закономерности техногенной эволюции недр. Только после этого, по мнению авторов, можно

будет судить о базе георесурсов для промышленности, получить представление о состоянии недр и оценить степень комплексности их освоения, сохранения и динамики возможных целенаправленных воздействий.

Как следует из вышеприведенного перечня, маркшейдерия не вошла в него в качестве самостоятельной научной дисциплины. Такой подход авторов классификации представляется нам спорным по следующим причинам:

1. Исследования в области маркшейдерии имеют многолетнюю историю.

Проф. Г.А. Тиме (1831–1910) провел обширные исследования, посвященные разработке методики и оценке точности соединительных съемок.

Проф. П.М. Леонтовский (1872–1921) разработал "Проект организации работ по систематическому исследованию рудничных обрушений и оседаний пород и дневной поверхности и их последствий в Донском и Криворожском бассейнах" (1912). Очень ценные работы проведены П.М. Леонтовским по стратометрии – методам замеров отклонений разведочных скважин от вертикального направления. Большое значение для последующего развития маркшейдерии имели работы П.М. Леонтовского по автоматическим способам вертикальных съемок, зеркальным способам ориентировок и др.

Проф. В.И. Бауман (1867–1923) в своих исследованиях уделил большое внимание оценке точности и уравниванию маркшейдерских съемок, а также организации маркшейдерской службы, что в те годы имело большое научное и практическое значение.

Проф. И.М. Бахурин (1880–1940) провел фундаментальные исследования по вопросам приложения теории ошибок и способа наименьших квадратов к решению маркшейдерских задач и ориентировок подземных съемок.

Проф. П.К. Соболевский (1868–1949) в своих исследованиях установил исторические этапы эволюции маркшейдерской службы горно-рудного производства, определил современную (для того времени) сущность маркшейдерского искусства, дал оценку работы маркшейдера и ее значения для горно-рудного производства. Обширные исследования проведены им как в области решения важнейших задач маркшейдерского дела, так и в необходимых для маркшейдера смежных науках – геодезии, геофизике, астрономии, теории ошибок измерений и маркшейдерско-геодезических прибо-

ров. П.К. Соболевский разработал оригинальные методы и приборы для геометрического ориентирования шахт и измерения глубины стволов, деформатограф для автоматической регистрации процесса деформации массива горных пород, палетку для подсчета запасов, полевой компаратор. Исходя из требований горного производства и геологической разведки, ввел в маркшейдерскую практику третью координату и создал новую научную дисциплину – геометрию и геометризацию недр.

Обширные исследования в области теории и методов маркшейдерских работ проводились и проводятся во Всесоюзном научно-исследовательском институте горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ).

В институте разработан и изготовлен ряд образцов горных теодолитов и нивелиров, гирокомпасов для ориентирования подземных съемок. Значительный вклад внес институт в разработку технических требований и инструктивно-методической базы для проведения маркшейдерских работ, в том числе в создание Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Таким образом, можно констатировать, что за прошедшие годы в нашей стране **созданы теоретические и методические основы маркшейдерского дела.**

Анализ многочисленных определений сущности маркшейдерии, приведенных выше, показывает, что практически все они рассматривают маркшейдерское дело как **отрасль горной науки и техники.** Важно отметить при этом, что часть определений маркшейдерского дела как отрасли горной науки дана специалистами других отраслей знаний, что свидетельствует об общественном признании маркшейдерского дела **как науки** в нашей стране и за рубежом.

Итак, что же такое наука в ее современном понимании? Принято считать, что наука – это сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

Составными элементами каждой науки являются:

- предмет исследований, т.е. четко ограниченная часть объективного мира;
- цель исследований, т.е. описание предмета, объяснение явлений взаимодействия между частями, составляющими предмет исследования, предсказание процессов на основе открываемых ею законов, зависимостей;

- метод (методика) исследований;
- содержание (результаты) исследований.

Обзор исторического развития и современного состояния маркшейдерии (маркшейдерского дела) свидетельствует о том, что данная отрасль знаний является составной частью горных наук и полностью сформировалась в самостоятельную науку с конкретным предметом исследований, целью, методологией и содержанием исследований.

**Предметом** исследований маркшейдерии как науки являются условия освоения, использования и охраны ресурсов недр Земли и окружающей среды в процессе недропользования.

**Целью** маркшейдерии как науки является создание теорий, гипотез и методов, позволяющих:

- оперативно и надежно получить информацию о пространственно-временном положении того или иного элемента недропользования (положении горной выработки, природного или промышленного объекта на земной поверхности, состоянии массива горных пород и пр.);
- отразить эту информацию в графической и (или) аналитической форме, пригодной для принятия обоснованных технических решений в области недропользования;
- обеспечить реализацию этих решений в практике недропользования;
- обеспечить эффективный контроль соответствия принятых технических решений действующим нормативным актам и техническим требованиям.

**Методы** маркшейдерских исследований основываются на использовании методов математики, физики и других наук и применяются при решении конкретных задач, которые ставятся перед маркшейдерией научно-техническим прогрессом в недропользовании.

Вот лишь некоторые из них:

- теория погрешностей маркшейдерских измерений;
- теория и методы ориентирования подземных горных выработок в пространстве;
- методы подсчета объемов выполненных работ в недропользовании;
- методы определения, учета и нормирования количественных и качественных потерь полезного ископаемого в процессе эксплуатации месторождений;

- методы контроля строительства горно-технологических комплексов на поверхности и в недрах и пр.

**Содержание** маркшейдерии как науки можно разделить на три части.

В первую часть входят теории и основанные на них методы, позволяющие получить объективную информацию о пространственно-временном положении элементов недропользования и отразить ее в маркшейдерской документации.

Во вторую часть входят теории и основанные на них методы, позволяющие обеспечить научно обоснованный прогноз изменения недропользования в пространстве и во времени.

Во третью часть входят теории и основанные на них методы, позволяющие реализовать в практике недропользования принятые технические решения и обеспечить контроль их соответствия установленному порядку недропользования.

Таким образом, имеются все основания считать маркшейдерию (маркшейдерское дело) самостоятельной горной наукой, и соответствующий раздел горного недроведения в вышеупомянутой классификации горных наук должен выглядеть следующим образом: маркшейдерия, геометрия и квалиметрия недр.

Маркшейдерия в своих научных основах, методах и средствах изучения объектов недропользования и конечных целях выполнения маркшейдерских работ тесно взаимодействует с другими научными дисциплинами и, в первую очередь, с горными науками (рис. 1.1).

Связь между маркшейдерией и горно-промышленной геологией проявляется в следующем. Как известно, горно-промышленная геология представляет собой совокупность знаний о процессах, протекающих в геологической среде при техногенном воздействии на недра и закономерностях изменения при этом свойств георесурсов. Методы наблюдений и измерений, применяющиеся в маркшейдерии, позволяют получить достоверную информацию о закономерностях этих изменений. Кроме того, все количественные оценки состояния и движения запасов полезных ископаемых, определения, учета и нормирования количественных и качественных потерь выполняются на основе геолого-маркшейдерской информации. Геологическая информация используется в маркшейдерии для прогноза влияния недропользования на состояние природных и промышленных объектов.



Рис. 1.1. Связь маркшейдерии с другими научными дисциплинами

Связь между маркшейдерией, геометрией недр и новым научным направлением – квалиметрией недр проявляется в следующем.

Как известно, геометрия недр изучает пространственно-геометрические закономерности форм и залегания природных объектов, расположения горных сооружений, размещения в недрах свойств георесурсов и показателей их качества. Под квалиметрией понимается область знаний, изучающая качество георесурсов, находящихся в природном состоянии, и закономерности его изменения в процессе комплексного освоения и сохранения недр. Из приведенных определений следует, что предметы исследований этих двух направлений, а также и маркшейдерии достаточно близки между собой. Количественные оценки показателей, исследуемых геометрией и квалиметрией недр, базируются в основном на результатах маркшейдерских измерений и наблюдений.

Маркшейдерия тесно взаимодействует с еще одной научной дисциплиной, входящей в группу "Горное недроведение", – **геомеханикой**. Это взаимодействие основано на том, что в задачи маркшейдерской службы горных предприятий входят организация и проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвига горных пород, деформациями горных выработок, устойчивым состоянием конструктивных элементов систем разработки, деформациями земной поверхности, зданий и сооружений, за ус-

тойчивостью уступов, бортов карьеров и откосов отвалов. А ведь именно деформации горных пород и силы, вызывающие эти деформации, и являются предметом геомеханики как науки. К тому же между маркшейдерией и геомеханикой существуют не только прямые (как было показано выше), но и обратные связи, поскольку именно маркшейдерская служба обязана перенести в натуру геометрические элементы запроектированных барьерных и предохранительных целиков.

Связь между маркшейдерией и горными науками, объединенными в группу "Геотехнология", заключается в следующем. Из вышеприведенной классификации следует, что геотехнология – это комплекс горных наук об извлечении полезных ископаемых из недр и водоёмов или использовании георесурсов тех видов, утилизация которых не предполагает их извлечения (например, подземные полости). Объединяющей идеей группы горных наук "Геотехнология" является выявление научных предпосылок для технических решений, расширяющих и углубляющих возможности горных предприятий и преобразования недр в целом. Применение в геотехнологии информации, полученной маркшейдерскими методами, позволяет научно обосновать и реализовать на практике наиболее эффективные технические решения.

Из числа научных дисциплин, не входящих в горные науки, маркшейдерия тесно взаимодействует с геодезией, теорией погрешностей измерений и горным правом.

Как известно, геодезией называется наука об измерениях на земной поверхности, производимых с целью составления планов и карт, а также для решения различных научных и практических задач. Геодезия решает или участвует в решении многих задач прикладного характера, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации различных объектов народного хозяйства, в том числе и горно-промышленных объектов (шахт, рудников, карьеров и др.). Геодезия очень тесно связана с маркшейдерским делом. При освоении ресурсов недр необходимо предварительно иметь топографические планы и карты, т.е. ту топографическую основу, на которую наносят проектируемые объекты и по которой производится геодезическая подготовка исходных данных для выноса проекта на местность. Кроме того, при проведении маркшейдерских измерений и наблюдений часто используются приборы и методы, применяемые в геодезии.



**Теория погрешностей измерений** основана на законах теории вероятности и математической статистики и изучает закономерности возникновения и накопления погрешностей измерений. Естественно, что практика маркшейдерского дела тесно связана с выполнением различного рода измерений. Эти измерения проводятся по существу на всех стадиях освоения ресурсов недр, являются основой для изучения количественной стороны процессов и явлений, возникающих при этом, и неизбежно сопровождаются погрешностями. Теория погрешностей измерений позволяет определить из результатов измерений:

- наиболее вероятные значения измеренных величин;
- средние квадратические ошибки вероятнейших значений измеренных величин;
- средние квадратические ошибки любых функций вероятнейших значений измеренных величин.

Поэтому применение теории погрешностей измерений в маркшейдерском деле позволяет обеспечить необходимую точность результатов.

Под **горным правом** понимается совокупность установленных государством правовых норм, регулирующих общественные отношения в области изучения, использования и охраны недр, в том числе: геологическое изучение недр, добыча полезных ископаемых, строительство и эксплуатация сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. Одной из задач маркшейдерской службы является осуществление ведомственного контроля за соблюдением требований российского законодательства о недрах и недропользовании. Поэтому инструктивные и методические документы, регулирующие деятельность маркшейдерской службы, ее права и обязанности, основываются на нормах горного права.

Проведенный краткий анализ показывает, что маркшейдерия, являясь самостоятельной горной наукой, тесно взаимодействует с другими областями знаний.

## **1.5. ПРАВОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (ПРАВА, ОБЯЗАННОСТИ, ОТВЕТСТВЕННОСТЬ)**

**З**а последние годы правовое положение маркшейдерской службы в нашей стране существенно осложнилось, поскольку в За-

коне РФ "О недрах" отсутствуют статьи, четко регламентирующие деятельность маркшейдерской службы. Деятельности маркшейдерской службы посвящены лишь статьи 22 и 24. В соответствии со статьей 22 пользователь недр обязан обеспечить ведение маркшейдерской документации и ее сохранность в процессе всех видов пользования недрами. Статья 24 предусматривает в качестве основных требований по обеспечению безопасного ведения работ, связанных с использованием недрами, "проведение маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременное определение и нанесение на планы горных работ опасных зон".

Вместе с тем **"производство маркшейдерских работ при пользовании недрами"** включено в Перечень видов деятельности, связанных с повышенной опасностью промышленных производств (объектов) и работ, а также с обеспечением безопасности при пользовании недрами, на проведение которых выдается специальное разрешение (лицензия) органами Федерального горного и промышленного надзора России, а "маркшейдерские и геологические работы при разработке месторождений полезных ископаемых и при использовании недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, в том числе отработанных горных выработок и естественных подземных полостей для использования в народном хозяйстве", включены в Перечень предприятий (организаций), производств, объектов и работ, надзор за которыми осуществляют органы Федерального горного и промышленного надзора России. Оба этих Перечня утверждены Указом Президента Российской Федерации от 18 февраля 1993 г. № 234.

Постановлением Госгортехнадзора России от 22 мая 2001 г. № 18 утверждено "Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр".

В этом Положении определены:

- требования к осуществлению геологического и маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности и охраны недр;
- функции служб главного геолога и главного маркшейдера;
- требования к составлению положений о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр.

Как указано в Положении, деятельность маркшейдерской службы осуществляется в соответствии с условиями лицензий на производство маркшейдерских работ и является составной частью производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и системы управления промышленной безопасностью. Она должна быть направлена на обеспечение эффективности производства и промышленной безопасности, предупреждение нерационального использования недр и нарушений требований по их охране.

Главный маркшейдер организации обеспечивает:

- ежегодное планирование работы маркшейдерской службы в соответствии с годовым планом развития горных работ и установленными требованиями;
- проведение в пределах своей компетенции проверок соответствия фактического и планового ведения горных работ, соблюдение технических проектов и технологической дисциплины, параметров горных выработок и состояния целиков, выполнение указаний работников маркшейдерской службы;
- участие маркшейдерской службы в разработке планов мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и охраны недр и техническом расследовании причин аварий, инцидентов и несчастных случаев, приемку маркшейдерских, топографо-геодезических, землеустроительных и иных работ, выполняемых сторонними организациями на договорной основе;
- передачу данной документации соответствующим организациям, являющимся правопреемниками реорганизуемых организаций по добыче полезных ископаемых, а при ликвидации и консервации организаций – в соответствующий архив субъекта РФ.

В функции службы главного маркшейдера в соответствии с этим Положением входят:

- участие в осуществлении контроля за соблюдением требований Закона РФ "О недрах", Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", иных федеральных законов и нормативных правовых актов;
- своевременное и качественное проведение предусмотренного нормативными требованиями комплекса маркшейдер-

ских работ, достаточных для обеспечения безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, наиболее полного извлечения из недр запасов полезных ископаемых, обеспечения технологического цикла горных, строительномонтажных и иных видов работ, а также для прогнозирования опасных ситуаций при ведении таких работ;

- выполнение условий лицензий на пользование недрами, а также соблюдение условий лицензий на производство маркшейдерских работ и условий ведения геологических работ, лицензий на эксплуатацию горных производств и объектов;
- определение и своевременное нанесение на горно-графическую документацию опасных зон возможного прорыва воды и газа в действующие выработки, зон повышенного горного давления, газодинамических проявлений, выбросов и горных ударов;
- контроль за выполнением мероприятий по безопасному ведению горных работ в опасных зонах, охране зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок, охране окружающей природной среды;
- контроль за соблюдением проектов организаций по добыче полезных ископаемых и строительству подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, планов развития горных работ, технологических схем разработки месторождений нефти, газа и подземных вод и иной проектной и технической документации;
- своевременное и качественное маркшейдерское обеспечение работ при проектировании, строительстве, реконструкции, консервации или ликвидации объектов по добыче полезных ископаемых, подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- контроль за правильностью разработки месторождений полезных ископаемых, включая техногенные, охраной недр, рациональным и комплексным их использованием;
- ведение мониторинга состояния недр, включая процессы сдвигения горных пород и земной поверхности, геомеханических и геодинамических процессов при недропользовании в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду;

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

Необходимо отметить, что это Положение является единственным современным документом общероссийского уровня, регламентирующим деятельность маркшейдерской службы.

В связи с ликвидацией в стране отраслевых горно-добывающих министерств отсутствуют соответствующие Положения, регламентирующие деятельность предприятий данной отрасли. В настоящее время только в Министерстве энергетики РФ согласовано с Госгортехнадзором России (июнь 1998 г.) и утверждено Приказом по Минэнерго (сентябрь 1998 г.) Отраслевое положение о маркшейдерской службе в угольной промышленности.

В этом Положении определено, что главными задачами маркшейдерской службы Минэнерго России являются:

- своевременное и высококачественное осуществление комплекса маркшейдерских работ и документации, обеспечивающих наиболее полное и комплексное освоение угольных месторождений;
- совершенствование организации и методов ведения маркшейдерских работ на основе широкого внедрения новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта;
- строгое соблюдение государственных интересов (собственника недр) при пользовании недрами.

В Положении определены права и обязанности маркшейдерской службы Минэнерго и маркшейдерских служб акционерных обществ, предприятий и организаций. В соответствии с пунктом 18 Положения руководитель маркшейдерской службы акционерного общества, предприятия, учреждения имеет право:

- давать руководителям участков цехов и других подразделений предприятия обязательные для исполнения указания по вопросам маркшейдерского обеспечения работ, а также об устранении нарушений требований законодательства о недрах, программ развития горных работ, другой утвержденной проектной и технической документации в целях предотвращения сверхнормативных потерь полезных ископаемых и недопущения других нарушений, наносящих ущерб государственным интересам (собственнику недр);

- приостанавливать работы по строительству и реконструкции предприятий по добыче полезных ископаемых, если проведение этих работ может повлечь за собой порчу месторождений полезных ископаемых, опасность деформации горных выработок, прорыв в горные выработки воды и вредных газов и возникновение других аварийных ситуаций, незамедлительно ставя об этом в известность руководителя предприятия, вышестоящую организацию по подчинению и органы Госгортехнадзора России;
- браковать горные работы, выполненные с отступлениями от программ развития горных работ и утвержденной проектной и технической документации;
- представлять руководителю акционерного общества, предприятия, учреждения предложения о поощрении работников за рациональное использование недр и высококачественное выполнение маркшейдерских работ, а также о наложении в установленном порядке на работников взысканий за нарушение требований законодательства о недрах и утвержденной проектной и технической документации.

В случае получения от руководителя акционерного общества, предприятия учреждения распоряжения, противоречащего требованиям законодательства о недрах, руководитель маркшейдерской службы обязан письменно уведомить этого руководителя о неправильности данного им распоряжения. При подтверждении распоряжения руководитель маркшейдерской службы исполняет его, если это не несет непосредственной угрозы жизни и здоровью работающих и населению, незамедлительно сообщая об этом вышестоящей организации.

В соответствии с п. 19 Положения руководитель маркшейдерской службы (в том числе, осуществляющий работы на сервисной основе) наряду с руководителями акционерного общества, предприятия, учреждения несет ответственность за достоверность отчетных данных акционерного общества, предприятия, учреждения о полноте извлечения из недр запасов полезных ископаемых, правильности подготовки исходных данных для исчисления платежей за право пользования недрами, маркшейдерской документации по учету объемов выполненных работ, а также других документов, связанных с деятельностью маркшейдерской службы.

В соответствии с п. 21 Положения государственный контроль за организацией работы маркшейдерской службы и соблюдением нормативных требований при выполнении маркшейдерских работ при проектировании, строительстве, эксплуатации, консервации и ликвидации угледобывающих акционерных обществ и предприятий осуществляют органы Госгортехнадзора России.

4 июня 2002 г. было подписано Постановление Правительства РФ № 382 "О лицензировании деятельности в области промышленной безопасности опасных производственных объектов и производства маркшейдерских работ". Этим Постановлением было, в частности, утверждено Положение о лицензировании деятельности по производству маркшейдерских работ.

Данное Положение определяет порядок лицензирования производства маркшейдерских работ, осуществляемых на территории Российской Федерации юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Производство маркшейдерских работ в соответствии с Положением включает:

а) пространственно-геометрические измерения горных разработок и подземных сооружений, определение их параметров, местоположения и соответствия проектной документации;

б) наблюдения за состоянием горных отводов и обоснование их границ;

в) ведение горной графической документации;

г) учет и обоснование объемов горных разработок;

д) определение опасных зон и мер охраны горных разработок, зданий, сооружений и природных объектов от воздействия работ, связанных с пользованием недрами.

Лицензирование производства маркшейдерских работ осуществляется Федеральным горным и промышленным надзором России (далее именуется – лицензирующий орган).

Лицензионными требованиями и условиями при производстве маркшейдерских работ являются:

а) наличие в штате юридического лица работников, имеющих высшее профессиональное образование по специальности "маркшейдерское дело" и стаж работы по производству маркшейдерских работ не менее 3 лет; наличие у индивидуального предпринимателя высшего профессионального образования по специальности "марк-

шейдерское дело" и стажа работы по производству маркшейдерских работ не менее 5 лет;

б) наличие у лицензиата принадлежащих ему на праве собственности или на ином законном основании зданий, помещений, приборов и инструментов, необходимых для осуществления лицензируемой деятельности;

в) повышение не реже 1 раза в 3 года квалификации индивидуального предпринимателя и работников юридического лица, осуществляющих производство маркшейдерских работ;

г) выполнение требований законодательства Российской Федерации, соответствующих государственных стандартов и нормативно-технических документов в области производства маркшейдерских работ и горного дела;

д) метрологическое обслуживание приборов и инструментов, используемых при маркшейдерских съемках;

е) наличие системы контроля за качеством выполняемых работ.

Лицензия на осуществление деятельности по производству маркшейдерских работ предоставляется на 5 лет. Срок действия лицензии может быть продлен по заявлению лицензиата в порядке, предусмотренном для переоформления лицензии.

Контроль за соблюдением лицензиатом лицензионных требований и условий осуществляется на основании предписания руководителя лицензирующего органа, в котором определяются лицензиат, срок проведения проверки, должностное лицо или состав комиссии, осуществляющие проверку.

Лицензирующий орган при проведении лицензирования руководствуется Федеральным законом "О лицензировании отдельных видов деятельности" и настоящим Положением.

Проведение маркшейдерских работ в настоящее время регламентируется Инструкцией по производству маркшейдерских работ, разработанной Всесоюзным научно-исследовательским институтом горной геомеханики и маркшейдерского дела и утвержденной Госгортехнадзором СССР 20 февраля 1985 г. Инструкция является обязательной для всех министерств, ведомств, предприятий, организаций и учреждений, осуществляющих проектирование и строительство предприятий по добыче твердых полезных ископаемых и нефти шахтным способом, разработку и доразведку месторождений указанных полезных ископаемых, а также проектирование, строительство и эксплуатацию подземных сооружений, не связан-



ных с добычей полезных ископаемых, или пользующихся недрами в иных целях.

В Инструкции изложены технические требования и указания по построению маркшейдерских опорных и съемочных сетей; съемке горных выработок при открытом и подземном способах разработки; маркшейдерским работам при строительстве (реконструкции) предприятий по добыче полезных ископаемых, монтаже и эксплуатации подъемно-транспортного оборудования; составлению и ведению маркшейдерской документации.

Необходимо отметить, что составление и ведение маркшейдерской документации подпадает под действие двух Федеральных законов.

Во-первых, в ст. 22 Закона РФ "О недрах" указано, что пользователь недр обязан обеспечить ведение геологической, маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность. Во-вторых, поскольку маркшейдерская документация является информационным ресурсом, она попадает под действие правовых норм Федерального закона "Об информации, информатизации и защите информации", подписанного Президентом РФ 20 февраля 1995 г. (№ 24-ФЗ).

В ст. 6 этого Закона указано, что информационные ресурсы могут быть государственными и негосударственными и как элемент состава имущества находятся в собственности граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и общественных объединений. Отношения по поводу права собственности на информационные ресурсы регулируются гражданским законодательством Российской Федерации. В этой статье также установлено, что информационные ресурсы могут быть товаром, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации, а собственник этих ресурсов пользуется всеми правами, предусмотренными законодательством Российской Федерации.

Этот Закон способствует значительному повышению ценности маркшейдерской документации, придавая ей в определенных условиях статус товара.

## 2. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

### ВВЕДЕНИЕ

**В** Основном Законе нашей страны Конституции РФ (статья 9) указано, что "земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории". Среди природных ресурсов недра занимают особое место, поскольку они обладают большим количеством весьма ценных ресурсов.

В соответствии с определением понятия "недра", вошедшим в Закон РФ "О недрах", под недрами понимается "часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водостоков, и простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения". Принято считать, что ресурсы недр (георесурсы) – это твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые, энергетические ресурсы и полости естественного и техногенного происхождения в массиве горных пород, а деятельность человека по изучению, использованию и охране ресурсов недр называется недропользованием.

В общеправовом классификаторе отраслей законодательства России законодательство о недрах выделено в качестве самостоятельной отрасли.

Классификатор отрасли включает следующие разделы:

- общие вопросы охраны и использования недр;
- управление в области использования и охраны недр, контроль за охраной и использованием недр;
- государственный фонд недр, государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых;
- собственность на недра;
- пользование недрами, виды пользования недрами, основные права и обязанности пользователей недр, плата при

пользование недрами, конкурсы и аукционы на пользование недрами;

- охрана недр;
- государственная экспертиза запасов полезных ископаемых;
- ответственность за нарушение законодательства о недрах.

Современное законодательство РФ о недрах основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов "О недрах" (утвержден в 1992 г., изменения и дополнения внесены в 1995, 1999 и 2000 гг.), "О континентальном шельфе" (1995 г.), "О соглашениях о разделе продукции" (утвержден в 1995 г., изменения и дополнения внесены в 1998 г.), "О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности (1996 г.), а также Положения о порядке лицензирования пользования недрами, утвержденного Постановлением Верховного Совета РФ в 1992 г.

Кроме того, имеется большое число подзаконных нормативных правовых актов, изданных органами государственной власти, законов и подзаконных нормативных правовых актов субъектов РФ.

В этих правовых актах заложены новые принципы недропользования, в большей степени соответствующие рыночной экономике, которая строится в нашей стране:

- отнесение вопросов владения, пользования и распоряжения недрами в совместное ведение РФ и субъектов РФ;
- предоставление недр в пользование на основе лицензий на определенный период;
- платность пользования недрами;
- право собственности инвестора на произведенную продукцию (добытое и переработанное минеральное сырье).

Для реализации указанных принципов эффективного и безопасного недропользования необходимо обеспечить:

- государственный контроль и надзор за рациональным использованием и охраной недр;
- государственный контроль и надзор за промышленной безопасностью недропользования;
- государственный контроль и надзор за экологической безопасностью недропользования;
- правовое регулирование условий предоставления геологического, горного и земельного отводов;

- правовое регулирование платежей за пользование недрами;
- ответственность за нарушение законодательства о недропользовании;
- аудит недропользования.

## 2.1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР ЗА РАЦИОНАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ НЕДР

**П**од рациональным использованием недр понимают систему мероприятий научного, производственно-технического и организационного характера, обеспечивающих полное и комплексное использование ресурсов недр для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества. Рациональное использование недр – комплексная проблема, и ее решают в следующих направлениях: геологическом, горно-техническом, технологическом, экономическом и организационном.

Законом РФ "О недрах" предъявляются следующие требования в геологическом направлении (статья 23):

- обеспечение полноты геологического изучения недр;
- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- проведение государственной экспертизы и государственного учета запасов полезных ископаемых, а также участков недр, используемых в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Для выполнения этих требований необходимо проводить совершенствование методов разведки и подсчета запасов полезных ископаемых (в первую очередь, в действующих горно-промышленных регионах), изучение вещественного состава полезных ископаемых и вмещающих пород, геолого-технологическое картирование, разработку научно обоснованных методов прогноза инженерно-геологических и гидрогеологических условий эксплуатации месторождений.

Требования Закона РФ "О недрах" в рамках горно-технического направления включают (статья 23):

- обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых.

Для выполнения этих требований необходимо проведение работ с созданием новой и совершенствованием существующей техники и технологии разработки месторождений, обеспечивающих повышение полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр.

Законом РФ "О недрах" предъявляются следующие требования в технологическом направлении (статья 23-3):

- строгое соблюдение технологических схем переработки минерального сырья, обеспечивающих полное и комплексное извлечение содержащихся в нем полезных компонентов; учет и контроль распределения полезных компонентов на различных стадиях переработки и степени их извлечения из минерального сырья;
- дальнейшее изучение технологических свойств и состава минерального сырья, проведение опытных технологических испытаний с целью совершенствования технологий переработки минерального сырья;
- наиболее полное использование продуктов и отходов переработки; складирование, учет и сохранение временно не используемых продуктов и отходов производства, содержащих полезные компоненты.

Для выполнения этих требований необходимо, в первую очередь, создавать новые и совершенствовать существующие технологические процессы переработки минерального сырья, позволяющие наиболее эффективно извлекать все содержащиеся в нем полезные компоненты, вовлекать в переработку бедные и забалансовые руды, утилизировать вмещающие породы и отходы производства.

Законом РФ "О недрах" установлены следующие требования в экономическом отношении (статья 23-1): государственное регулирование отношений недропользования и решение задач развития минерально-сырьевой базы осуществляются с использованием геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полез-

ных ископаемых и участков недр. Методики геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полезных ископаемых и участков недр по видам полезных ископаемых утверждаются федеральным органом управления государственным фондом недр. Понятие стоимостной оценки месторождений и участков недр является принципиально новым в российском законодательстве о недрах. Однако редакция статьи 23-1 является неудачной по двум причинам: во-первых, необходимо было указать цель проведения стоимостной оценки, а во-вторых, в соответствии со статьей 20 Федерального закона "Об оценочной деятельности в Российской Федерации" от 29 июля 1998 г. № 135 субъекты оценочной деятельности должны использовать не методики, а стандарты, разрабатываемые и утверждаемые Правительством Российской Федерации.

Ряд авторов подчеркивает необходимость повышения роли стоимостной оценки запасов месторождения, что позволит более широко применять рыночные механизмы в недропользовании, а именно:

- запасы полезных ископаемых необходимо учитывать не только в натуральном выражении (тоннах, кубических метрах), но и давать им стоимостную оценку;
- рыночные котировки акций горно-добывающих компаний должны зависеть как от объема находящихся в их распоряжении запасов полезных ископаемых, так и от эффективности этих запасов (их стоимостной оценки);
- акции российских компаний (в частности, нефтегазовых) существенно недооценены против того уровня, на который можно было бы рассчитывать исходя из объема и качества имеющихся запасов полезных ископаемых.

В дополнение к этим требованиям необходимо разработать экономический механизм управления (т.е. систему мероприятий по планированию и стимулированию) полным и комплексным использованием ресурсов недр в условиях перехода к рыночной экономике.

Хотя в Законе РФ "О недрах" не содержится непосредственных требований в рамках **организационного** направления работ по рациональному использованию недр, эти работы, тем не менее, необходимо выполнять, в первую очередь для того, чтобы обеспечить успешную реализацию требований Закона в рамках других вышеперечисленных направлений.

К числу таких работ следует отнести создание законодательной и налоговой базы, стимулирующей:

- увеличение объемов геолого-разведочных работ в освоенных промышленных регионах, так как продление срока деятельности предприятий имеет большое социальное и экономическое значение. Поэтому темпы прироста запасов по горно-промышленным регионам должны быть существенно выше темпов освоения новых минерально-сырьевых баз;
- пересмотр действующих и экономическое обоснование новых потребительских стандартов на минеральное сырье.

Впервые понятие **охраны недр** было дано в Горном положении Союза ССР (ст. 128), утвержденном в 1921 г. и определяющем охрану недр как наблюдение за надлежащим применением горнопромышленниками:

а) технических методов и способов горных работ в соответствии с геологическим строением месторождений, их особенностями и характером залегания пород и ископаемых (геологический контроль);

б) правил, касающихся технической правильности и технической целесообразности горных работ, в целях достижения наиболее полного использования месторождений полезных ископаемых (технический контроль);

в) правил, касающихся съемки подземных и наземных горных выработок, составления маркшейдерских планов, проверки этих планов путем контрольной съемки выработок, а также производства триангуляционных работ (маркшейдерское дело и маркшейдерский контроль).

Изданное в период, когда в разведке и промышленной разработке месторождений полезных ископаемых участвовали частные лица, Горное положение Союза ССР охраняло недра в первую очередь от возможных злоупотреблений этим правом со стороны частных лиц. В настоящее время под охраной недр понимают систему производственно-технических, экономических и административно-правовых мероприятий, обеспечивающих **соблюдение установленного порядка пользования недрами** при их геологическом изучении, добыче полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, захоронении промышленных стоков и отходов производства и удовлетворении иных государственных и общественных потребностей. Такая трактовка этого понятия непо-

средственно вытекает из Закона РФ "О недрах". Основные требования по охране недр, сформулированные в статье 23 Закона РФ "О недрах", включают:

- охрану месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку;
- предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с использованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сброса сточных вод;
- соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- предупреждение самовольной застройки земельных участков, расположенных на месторождении полезных ископаемых, и соблюдение установленного порядка использования этих площадей в иных целях;
- предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого или промышленного водоснабжения.

Законом предусмотрено ограничение, приостановление или прекращение права пользования недрами в случае нарушения требований по охране недр, приведенных в статье 23.

В статьях 25 и 25-1 Закона РФ "О недрах" установлены правовые нормы, регулирующие условия застройки площадей залегания полезных ископаемых и условия землепользования площадей залегания полезных ископаемых:

1. Проектирование и строительство населенных пунктов, промышленных комплексов и других хозяйственных объектов разрешается только после получения заключения федерального органа управления государственным фондом недр или его территориального подразделения о том, что в недрах под участком предстоящей застройки отсутствуют полезные ископаемые.

2. застройка площадей залегания полезных ископаемых, а также размещение в местах их залегания подземных сооружений (в том



числе не связанных с добычей полезных ископаемых) допускаются с разрешения федерального органа управления государственным фондом недр или его территориальных подразделений и органов государственного горного надзора только при условии обеспечения возможности извлечения полезных ископаемых или доказанности экономической целесообразности застройки.

Самовольная застройка площадей залегания полезных ископаемых прекращается без возмещения застройщику производственных затрат по рекультивации земель и демонтажу возведенных объектов.

3. Отчуждение (постоянное или временное) земельных участков, необходимых для проведения геологического изучения и использования в интересах государства, может производиться при выполнении следующих условий:

- наличии решения федеральных органов исполнительной власти или органов исполнительной власти субъектов РФ (в соответствии с разделением их полномочий) об отчуждении данных участков;
- возмещении собственникам указанных участков их стоимости в соответствии с земельным законодательством.

## 2.2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР ЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

**В** 1997 г. Президентом РФ подписан Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", который определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

В данном законе используются такие понятия, как промышленная безопасность опасных производственных объектов – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий

указанных аварий и авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

В соответствии с этим законом к опасным производственным объектам относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

В статье 24 Закона РФ "О недрах" указано, что пользование недрами допускается только при выполнении требований по обеспечению безопасности жизни и здоровья работников предприятий, связанных с использованием недрами, и населения в зоне влияния этих работ. Эти требования включают, в частности, разработку и проведение комплекса мероприятий, обеспечивающих нормальный технологический цикл работ, охрану работников предприятий, ведущих работы, связанные с использованием недрами, и населения в зоне влияния указанных работ от их вредного воздействия при нормальном режиме проведения этих работ и возникновении аварийных ситуаций.

К таким мероприятиям относятся: проведение комплекса геологических, маркшейдерских и иных работ с целью прогнозирования опасных ситуаций и предварительного нанесения на планы горных работ опасных зон; прогнозирование и предупреждение внезапных выбросов газов, прорывов воды, проявлений горных ударов, управление деформационными процессами в массиве горных пород.

Основы государственного надзора за безопасным ведением работ, связанных с использованием недрами, изложены в статье 38 Закона РФ "О недрах".

В ней указано, что задачей государственного надзора за безопасным ведением работ, связанных с использованием недрами, является обеспечение соблюдения всеми пользователями недр законодательства, утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил) по безопасному ведению работ, предупреждению и устранению их вредного влияния на население, окружающую природную среду, здания и сооружения, а также по охране недр.

Государственный надзор за безопасным ведением работ, связанных с использованием недрами, возлагается на органы государственного горного надзора. Органы государственного горного надзора

осуществляют свою деятельность во взаимодействии с органами государственного геологического контроля, природоохранными и иными контрольными органами, профессиональными союзами.

Полномочия органов государственного горного надзора, права, обязанности и порядок работы определяются положением, утвержденным Правительством Российской Федерации.

### **2.3. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР ЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**С**татья 42 Конституции РФ подтверждает право граждан России на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного их здоровью или имуществу экологическим правонарушением. Согласно статье 72 (пункты "в" и "д") в совместном ведении Российской Федерации и субъектов Российской Федерации находятся вопросы владения, пользования и распоряжения землей, недрами, водными и другими природными ресурсами, а также природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности особо охраняемых природных территорий и др.

На базе основного Закона нашей страны в России принят ряд законодательных актов, регулирующих как общие вопросы охраны окружающей природной среды, так и вопросы пользования отдельными видами природных ресурсов.

10 января 2002 г. Президентом РФ был подписан Федеральный закон "Об охране окружающей среды", который определил правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Кроме того, был принят еще ряд законодательных актов РФ, регулирующих использование и охрану других видов природных ресурсов.

К сожалению, в Законе РФ "О недрах" очень слабо реализован принцип минимизации ущерба, наносимого окружающей среде при

пользовании недрами. Для выполнения этого принципа должна быть переработана статья 35 Закона, в которой рассматриваются задачи государственного регулирования отношений недропользования, поскольку в этой статье отсутствует задача снижения воздействия на окружающую среду при использовании недрами.

#### 2.4. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО, ГОРНОГО И ЗЕМЕЛЬНОГО ОТВОДОВ

**В** соответствии с Законом РФ "О недрах" (статья 7) под *геологическим отводом* понимается участок недр, предоставленный в соответствии с лицензией для геологического изучения без существенного нарушения целостности недр (без проходки тяжелых горных выработок и бурения скважин для добычи полезных ископаемых или строительства подземных сооружений для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых). Геологический отвод предоставляется по решению федерального органа управления государственным фондом недр или его территориального подразделения.

В соответствии с Законом РФ "О недрах" (статья 7) под *горным отводом* понимается участок недр, предоставленный в виде геометризованного блока недр в соответствии с лицензией для добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, и образования особо охраняемых геологических объектов. Предварительные границы горного отвода устанавливаются при предоставлении лицензии на пользование недрами. После разработки технического проекта, получения на него положительного заключения государственной экспертизы, согласования указанного проекта с органами государственного горного надзора и государственными органами охраны окружающей среды документы, определяющие уточненные границы горного отвода (с характерными разрезами и ведомостью координат угловых точек) включаются в лицензию в качестве неотъемлемой составной части.

В соответствии со статьей 11 Закона РФ "О недрах" лицензии на пользование недрами предоставляются только после получения предварительного согласия органа управления земельными ресур-

сами (либо собственника земли) на отвод соответствующего земельного участка для целей недропользования. Под *земельным отводом* понимается земельный участок, предоставляемый после получения горного отвода для проведения работ, связанных с использованием недрами. Отвод земельного участка в окончательных границах и оформление земельных прав пользователя недр осуществляется в порядке, предусмотренном земельным законодательством после утверждения проекта работ по недропользованию. Общая площадь земельных участков, используемых предприятием за весь срок его существования, составляет общий земельный отвод. В ходе строительства, эксплуатации и реконструкции предприятия величина земельного отвода может изменяться как в сторону увеличения при получении в пользование новых земель, так и в сторону уменьшения при возвращении землепользователем неиспользованных и рекультивированных площадей и земельных участков, надобность в которых миновала.

## 2.5. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДРАМИ

**З**аконом РФ "О недрах" (раздел V) предусмотрено *платное пользование* ресурсами недр.

Все платежи, предусмотренные этим Законом, могут быть разделены на две группы:

- платежи, не зависящие от вида пользования недрами;
- платежи, зависящие от вида пользования недрами.

В первую группу входят: сбор (бонус) за участие в конкурсе и выдачу лицензии, плата за право пользования геологической информацией, плата за пользование земельным участком.

Вторая группа включает: платежи за право поиска и оценки месторождений полезных ископаемых, платежи за право разведки месторождений полезных ископаемых, платежи за право добычи полезных ископаемых, акцизные сборы, платежи за право пользования недрами в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, платежи за право пользования акваторией и участками морского дна.

Размеры платежей за добычу полезных ископаемых определяются с учетом вида полезного ископаемого, количества и качества

его запасов, природно-географических, горно-технических и экономических условий освоения месторождения, степени риска.

Порядок и условия взимания платежей за пользование недрами, критерии определения размеров ставок платежей устанавливаются Правительством Российской Федерации. Окончательные размеры этих платежей устанавливаются при предоставлении лицензии на пользование недрами.

## 2.6. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

**В** законодательстве о недрах имеется ряд правовых норм, предусматривающих уголовную и административную ответственность за нарушение законодательства и механизм возмещения вреда, причиненного пользователю недр или государству в процессе недропользования.

В частности, привлекаются к ответственности лица, виновные:

- в предоставлении лицензий на пользование недрами по основаниям, не предусмотренным законодательством;
- в нарушении установленного законодательством порядка пользования недрами;
- в самовольной застройке площадей залегания полезных ископаемых;
- в систематическом нарушении порядка внесения платы за пользование недрами и по иным основаниям.

В статье 51 Закона РФ "О недрах" указано, что вред, причиненный государству в результате деятельности пользователя недр, виновного в выборочной отработке богатых участков месторождений полезных ископаемых, а также иных действиях, которые привели к порче месторождения или созданию условий, частично или полностью исключающих возможность дальнейшего пользования недрами, подлежит возмещению за счет собственных средств пользователя недр.

В ряде статей Уголовного Кодекса Российской Федерации, который вступил в действие с 1 января 1997 г., предусмотрены основания и мера ответственности за нарушение правил безопасности при ведении горных работ, а также правил охраны и использования недр.

## 2.7. ПОНЯТИЕ ОБ АУДИТЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Законом РФ "О недрах" предусмотрено 6 видов пользования недрами:

- региональное геологическое изучение и другие работы, направленные на общее геологическое изучение недр;
- геологическое изучение, включающее поиски и оценку месторождений полезных ископаемых;
- разведка и добыча полезных ископаемых, в том числе использование отходов горно-добывающих и связанных с ним перерабатывающих производств;
- строительство и эксплуатация подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- образование особо охраняемых геологических объектов;
- сбор минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов.

Естественно, что аудит предприятий, занимающихся этими видами пользования недрами, имеет свои характерные особенности. В этой связи представляется целесообразным более подробно рассмотреть сущность горного аудита и стоящие перед ним задачи.

**Горный аудит** как новое направление в горной науке и практике возник относительно недавно. Под горным аудитом понимается процесс (процедура) проверки достоверности технической отчетности горного предприятия и соответствия его деятельности существующим нормативным правовым актам и техническим требованиям, а также разработка рекомендаций по устранению нарушений, вскрытых в результате этой проверки.

Необходимость в создании службы горного аудита обусловлена тем, что в настоящее время в стране контроль за соблюдением условий пользования недрами, определенных лицензией на право добычи полезных ископаемых, осуществляют только органы Федерального горного и промышленного надзора и государственного геологического контроля, полномочия, права, обязанности и порядок работы которых определяются положением, утвержденным Правительством РФ. Вместе с тем особенности горных предприятий, даже расположенных в границах одного горного округа, требуют индивидуального подхода к оценке их деятельности и привлечения к этой работе высококлассных специалистов, которые не

всегда имеются в штатах этих достаточно малочисленных организаций.

Для того, чтобы при проверке полностью охватить все аспекты деятельности горного предприятия, используются соответствующие **критерии**, т.е. система количественных и качественных показателей, характеризующих деятельность горного предприятия, по которым их техническая отчетность и фактическое состояние подлежат (в полном объеме или частично) аудиту. Эти критерии объединены в 4 группы. Для проверки деятельности горных предприятий, добывающих твердые полезные ископаемые, эти критерии выглядят следующим образом.

Первая группа включает критерии, по которым проверяются **общие аспекты деятельности горного предприятия**:

- изучение лицензии на право пользования недрами, выданной горному предприятию;
- проверка лицензий на виды деятельности, связанные с повышенной опасностью горного производства, обеспечением безопасности при пользовании недрами и другими видами деятельности, на осуществление которых требуется лицензия в соответствии со статьей 17 Федерального Закона "О лицензировании отдельных видов деятельности" (№ 158-ФЗ от 25 сентября 1998 г.);
- проверка документации о предоставлении горному предприятию горного отвода и его фактического состояния;
- проверка документации о предоставлении горному предприятию земельного отвода и его фактического состояния;
- проверка документации и фактического состояния с застройкой площадей залегания полезных ископаемых;
- оценка технического проекта горного предприятия, проверка соответствия фактического положения горных работ на предприятии плану развития горных работ и техническому проекту;
- проверка указаний геологической и маркшейдерской служб горного предприятия, контрольных и надзорных органов об устранении ранее вскрытых нарушений.

Во вторую группу отнесены критерии, по которым проверяется деятельность горного предприятия, связанная с **рациональным использованием минеральных ресурсов и охраной недр**:



- анализ состояния минерально-сырьевой базы горного предприятия и его обеспеченности разведанными запасами полезных ископаемых;
- проверка технической отчетности горного предприятия и фактического положения, связанных с определением и учетом объемов добычи полезных ископаемых, их количественных и качественных потерь, объемов вскрышных и подготовительных работ;
- проверка технической отчетности горного предприятия и фактического положения, связанных с учетом состояния и движения запасов и их списанием;
- проверка технической отчетности горного предприятия и фактического положения, связанных с сохранностью попутно добываемых, временно не используемых полезных ископаемых и отходов производства, содержащих полезные компоненты.

В третью группу входят критерии, по которым проверяется экологическая безопасность горного предприятия:

- проверка выполнения мероприятий, разработанных горным предприятием на основе данных горно-экологического мониторинга;
- проверка технической документации горного предприятия и фактического положения, связанных с выполнением планов рекультивационных работ.

Четвертая группа охватывает критерии, относящиеся к промышленной безопасности горного предприятия:

- проверка наличия и выполнения мероприятий, обеспечивающих безопасность горных работ и земной поверхности при сдвигении горных пород;
- проверка наличия и выполнения мероприятий, обеспечивающих безопасность горных работ в опасных зонах;
- проверка наличия и выполнения мероприятий по обеспечению устойчивости уступов, бортов карьеров и отвалов;
- проверка наличия и выполнения мероприятий по обеспечению безопасного состояния горных выработок.

Результаты проведенного горного аудита отражаются в аудиторском заключении. **Аудиторское заключение** – это официальный документ, составляемый по результатам горного аудита и со-

держаций общие выводы о достоверности технической документации горного предприятия и соответствия его деятельности существующим нормативным правовым актам и техническим требованиям. В аудиторское заключение, помимо рекомендаций по устранению нарушений, вскрытых в процессе проверки, по просьбе горного предприятия могут быть включены предложения по совершенствованию его деятельности. Горный аудит может быть проведен как самостоятельно, так и в рамках общего аудита горного предприятия.

Горный аудит может применяться для проверки деятельности:

- рентабельных горных предприятий;
- предприятий, не способных удовлетворить требования кредиторов по денежным обязательствам и (или) исполнить обязанности по уплате обязательных платежей, если соответствующие обязательства и (или) обязанности не исполнены ими в течение трех месяцев с момента наступления даты их исполнения, т.е. имеющих признаки банкротства;
- горных предприятий, намеченных по тем или иным причинам (не обязательно экономического характера) к консервации или ликвидации.

Содержание горного аудита во всех перечисленных случаях может быть различным.

Горный аудит представляет собой определенный вид предпринимательской деятельности. Им имеют право заниматься физические лица – горные аудиторы и юридические лица – горно-аудиторские фирмы независимо от форм собственности, в том числе иностранные и созданные совместно с иностранными юридическими и физическими лицами. Права и обязанности горно-аудиторских фирм и горных аудиторов должны регулироваться специальным Положением, утвержденным в установленном порядке. Однако в соответствии с Федеральным законом "О лицензировании отдельных видов деятельности" (№ 158-ФЗ от 25 сентября 1998 г.) аудиторская деятельность относится к видам деятельности, на осуществление которых требуется лицензия. Горные аудиторы должны обладать глубокими знаниями в области геологии, технологии горных работ, экономики, горной экологии, горного права и особенно маркшейдерского дела, поскольку основное содержание горно-аудиторской деятельности, как было показано выше, связано с маркшейдерским обеспечением горных работ. Но все эти предпо-

лагаемые требования для получения права заниматься горно-аудиторской деятельностью должны быть подтверждены в установленном порядке.

Внедрение в практику недропользования такой формы контроля состояния сырьевой базы горного предприятия и его производственной деятельности, как горный аудит и его правовое закрепление, позволит более успешно развивать минерально-сырьевой комплекс страны в условиях ее перехода к рыночной экономике.

### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМКАХ

#### 3.1. СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

**И**нструкция по производству маркшейдерских работ устанавливает примерный перечень маркшейдерско-геодезических инструментов и приборов, который может быть разделен на две группы:

- маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы для полевых работ;
- инструменты и приборы для камеральной обработки съемок и графических работ.

В первую группу входят:

- приборы для угловых измерений и тахеометрической съемки (теодолиты и тахеометры), приборы для линейных измерений (светодальномеры, рулетки и др.);
- вспомогательные приборы, приспособления и устройства для линейных и угловых измерений и съемок (приборы центрировочные, отвесы, динамометры и пр.);
- приборы и устройства для нивелирования (нивелиры различной точности);
- приборы и оборудование для ориентирования и центрирования маркшейдерской опорной сети в подземных горных выработках (гироскопы, стальная проволока, лебедки, блоки, центрировочные пластины и пр.);
- приборы для передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки (длиномер, длинные шахтные ленты);
- приборы для съемки нарезных выработок и очистных забоев (угломеры, висячая буссоль и др.);
- приборы для задания направления выработкам (лазерные указатели направлений).

Кроме того, к первой группе следует отнести и спутниковые инерциальные приборы, сущность и условия применения которых будут рассмотрены ниже.

Во вторую группу входят приборы и инструменты:

- для вычислений;
- для графических работ и подсчета объемов;
- для размножения графической документации.

## **3.2. ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ И ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ В МАРКШЕЙДЕРИИ**

### **3.2.1. МОБИЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ**

**Т**радиционные геодезическо-маркшейдерские работы на основе угловых, линейных, азимутальных и нивелирных измерений не могут оперативно решать задачи обеспечения потребителей параметрами, характеризующими местоположение и ориентировку в пространстве. Точность и сроки доведения до потребителей плановых координат, азимутов (дирекционных углов) и высот точек и специальных пунктов в районах действующих и строящихся объектов горно-добывающей отрасли в конечном счете обуславливают своевременное определение параметров смещения поверхности и горных пород, деформации подземных выработок и оборудования.

В настоящее время в передовых странах мира разрабатывают и внедряют в практику автоматизированные системы геодезическо-маркшейдерских измерений. Как правило, подобные системы создаются на основе результатов научно-технического прогресса в области высшей геодезии, астрономии, маркшейдерии, измерительной прецизионной техники, электронно-вычислительных средств, математики, программирования и освоения космоса.

В настоящее время разработаны принципиально новые технические средства – спутниковые (космические) навигационные и геодезические системы, а также инерциальные навигационные и геодезические комплексы, являющиеся автономными системами определения геодезических параметров при решении практически всех научных и прикладных задач геодезическо-маркшейдерского

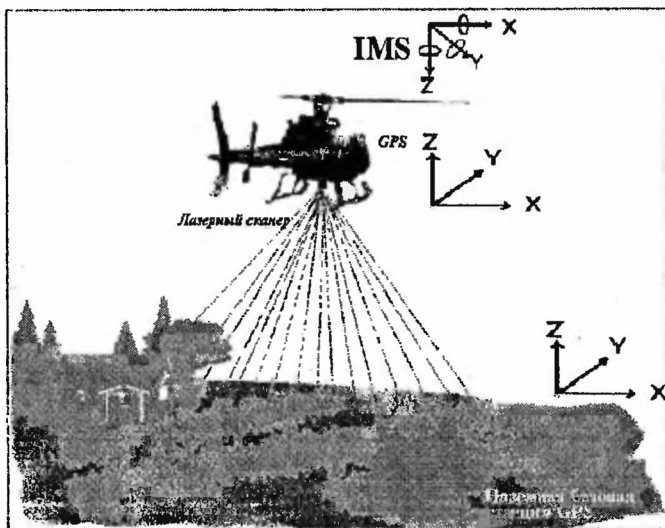


Рис. 3.1. Трехмерное лазерное сканирование

обеспечения. К мобильным технологиям производства маркшейдерских, геодезических и картографических работ следует отнести и трехмерное лазерное сканирование, являющееся дальнейшим развитием принципа безотражательных дальнометров (рис. 3.1), требующего использования на борту носителя как GPS (глобальной системы местоопределения), так и инерциальной системы.

Космической геодезией называется раздел геодезической науки, в котором изучаются вопросы использования наблюдений искусственных и естественных спутников Земли и планет для решения научных и практических задач геодезии. Однако подавляющее большинство данных задач решается на основе теории движения искусственных спутников Земли (ИСЗ) в околоземном пространстве. Поэтому правомочно также называть космическую геодезию спутниковой, как это делается в большинстве научных трудов.

Спутниковая геодезия является самым новым и наиболее быстро развивающимся разделом высшей геодезии. Она использует весь арсенал измерительных средств, предоставляемых современной физикой и техникой, а обработка результатов измерений ввиду огромного количества информации, поступающей от современных измерительных средств, возможна сейчас только с использованием мощных ЭВМ.

Датой возникновения спутниковой геодезии можно считать 4 октября 1957 г., когда первый советский ИСЗ открыл космическую эру в истории человечества и уже первые фотографии спутников на фоне звездного неба использовались для решения геодезических задач.

Для геодезическо-маркшейдерской практики наибольший интерес представляет сфера прикладных задач, решаемых с помощью спутников, а именно оперативные и высокоточные определения координат пунктов при создании, сгущении опорных и специальных геодезических сетей, точек местности для решения различных горно-геологических и геофизических задач и других практических приложений.

Подобные задачи решаются благодаря созданию глобальных спутниковых навигационных систем (СНС) типа "Навстар" (США) и "Глонасс" (РФ).

Первоначальное назначение СНС – обеспечение военных потребителей, т.к. оперативность, глобальность и универсальность задач, решаемых на основе СНС, необходимы именно для топогеодезического обеспечения различных видов вооруженных сил, однако быстрый прогресс в области радиотехнических спутниковых методов измерений, электронно-вычислительной техники привели к использованию спутниковой технологии в гражданской сфере. К 1990 г. появились серийные портативные приемники спутниковой информации GPS "Навстар", обеспечивающие новую эру в развитии геодезии и навигации в многочисленных сферах их приложения.

Одним из существенных факторов, обеспечивающих надежность и эффективность спутниковой технологии в геодезическо-маркшейдерских работах, является высокий уровень интеграции международного сообщества в этой области.

### **3.2.2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ**

**К**ак отмечалось выше, развитие компьютерной техники и радиоэлектроники, а также вывод на орбиту искусственных спутников Земли позволили разработать прогрессивные высокоточные методы определения координат фиксируемых точек на земной поверхности, основанные на работе глобальных систем местоопреде-

Таблица 3.1

Показатели	GPS	"Глонасс"
Количество активных спутников	24	24
Время обращения спутника	12 ч	11 ч 15 мин
Склонение	54°	65°
Передача орбитальных данных один раз	в 1 ч	в 55 мин
Синхронизация времени	UTC (США)	UTC (Россия)

ления. Эти системы, создававшиеся для военных целей, в последнее время находят все большее применение в различных отраслях промышленности многих стран мира.

Глобальные системы местоопределения на настоящий момент времени представлены двумя видами: "Глонасс" (Россия) и "Навстар" (США). Отечественная система "Глонасс", предназначенная для мирных целей, находится в стадии завершения и должна включать 24 искусственных спутника Земли. Баллистическое построение и тактико-технические данные системы весьма близки к соответствующим характеристикам американской системы "Навстар", функционирующей в полном объеме уже несколько лет (табл. 3.1). Уровень развития приемников спутниковой информации определяет точность фиксирования координат точек на земной поверхности, что характеризует состояние внедрения и эффективности спутниковой технологии.

В ранцевом исполнении аппаратура потребителей системы "Глонасс" весит 5–10 кг и рассчитана на различные условия применения. В России серийно выпускается хорошо зарекомендовавший себя спутниковый навигационный приемоиндикатор А-72-4М-01. Координаты с его помощью в абсолютном режиме определяются с точностью 16–21 м. Для пунктов, удаленных от 10 до 100 км от исходного пункта, при сеансах наблюдения до 2–3 ч можно получить точность взаимного положения 1,5–2,5 м. Приемоиндикатор работает по закрытому коду, является одноканальным, одночастотным. Потребляемая мощность приемоиндикатора – 180 Вт, масса – 27,5 кг, стоимость около 1 млн руб. Ведутся работы по созданию шестиканального геодезического приемоиндикатора "Репер", основанного на использовании радиосигналов спутников систем "Глонасс" и "Навстар" одновременно. При длительных наблюдениях это обес-



Основные характеристики приемников GPS

Шифр приемника	Название фирмы (страны)-изготовителя	Число каналов (частот)	Точность определения координат		Общая масса комплекта, кг	Примерная стоимость (тыс. \$)
			в абсолютном режиме, м	в относительном режиме		
GPS WILD-System	"Лейка" (Швейцария)	9 (2)	15	$5+1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм	15-20	70
Sersel TRSS	"Серсель" (Франция)	5 (2)	10-15	$5+1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм	40	65
Achtech XII	"Аштек" (США)	12 (2)	20	3-5 мм	5	35
4000 SST	"Тримбл" (США)	8,12 (2)	4	$5+1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм	15	35
MX 4200D	"Магновокс" (США)	6 (2)	10-15	2-5 см	0,9	30
Magellan	"Магеллан" (США)	5 (1)	15-20	10-20 см	0,85	11
A-72-4M-01	Россия	1 (1)	16-21	1,5-25 м	27,5	03
"Землемер Л1"	Россия - Швейцария	6 (1)	15	$(5+10) \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм	10-15	13

печат получение координат точек с точностью до 1–5 см. В дифференциальном режиме ошибка определения координат составит 1–5 м, в оперативном режиме – 15–20 м. Питание от аккумулятора 12 В, от сети 115–220 В, масса приемника – 5 кг, стоимость – свыше 1,5 млн руб. Из-за отсутствия надежных отечественных элементных баз окончательная доводка и запуск в серию откладывается уже в течение нескольких лет.

В настоящее время (совместно со Швейцарской фирмой Lieka) используется и экспериментальный одночастотный приемник сигналов GPS "Землемер Л1", а также программное обеспечение для постобработки результатов измерения (BL-L1), основанное на стандартном пакете программ фирмы Lieka – SKI.

Система США "Навстар" по надежности, точности и дизайну на 1–2 порядка превосходит отечественную систему "Глонасс". Рынок приемников системы "Навстар" (табл. 3.2) непрерывно расширяется благодаря выпуску их более чем 200 фирмами США, Западной Европы и Японии. Приведенные в таблице характеристики наилучших приемников системы "Навстар", имеющих различное назначение и класс, отличаются в основном точностью определения координат (от 0,001 до 10–15 м) и стоимостью.

Американская система, как и российская, состоит из трех сегментов: сегмент управления, космический и наземный сегменты (рис. 3.2).

Сегмент управления предназначен для управления режимом движения спутников, корректировки их работы и проведения профилактических работ. При возникновении неполадок в передаче сигналов неисправный спутник переводится из рабочего режима в запасной. Сегментом управления контролируется синхронность генераторов, установленных на спутниках.

Космический сегмент представляет собой 31 искусственный спутник Земли, 24 из которых постоянно находятся в рабочем режиме, а остальные 7 включаются в работу при аварии или профилактических работах. Спутники вращаются в шести орбитальных плоскостях с отклонением  $55^\circ$  по отношению к экватору, что позволяет в каждой точке земного шара одновременно фиксировать сигналы от 16 спутников Земли. Период обращения – около 12 ч. Дальность удаления от поверхности Земли – 20 200 км. Спутниками испускается сигнал, состоящий из двух несущих частот закрытого (S/A) и открытого (C/A) кодов, длины волн кото-

рых  $L_1 = 0,19$  м,  $L_2 = 0,24$  м. Для мирных целей применяется открытый код (С/A).

Наземный сегмент представлен различными приемоиндикаторами (табл. 3.2), предназначенными для приема сигналов спутников. Используя исходящие от спутников сигналы и произведя определенные вычисления, приемоиндикатор обеспечивает определение местоположения точки приема сигнала. Приемоиндикаторы, в зависимости от точности, используются для навигационных (определение местоположения судна, самолета и т.д.) и геодезических (высокоточных местоопределений отдельных точек) целей.

Приемоиндикаторы GPS подразделяются на две основные группы: двухчастотные и одночастотные.

При определении координат двухчастотными приемоиндикаторами используются коды двух частот  $L_1$  и  $L_2$ , что обеспечивает быстрое разрешение неопределенностей фазы несущей частоты, присущих определению псевдодальностей (расстояние от спутника до приемоиндикатора). Точность таких приемоиндикаторов достигает 1–5 мм при работе в дифференциальном режиме.

Одночастотные приемоиндикаторы используют только код несущей частоты  $L_1$ . Точность их колеблется в пределах менее 1 м при времени измерения 10–15 мин.

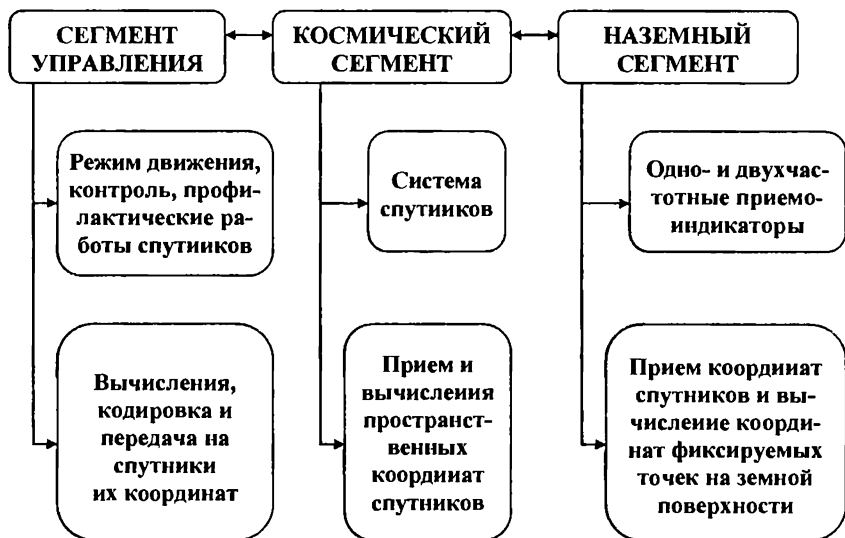


Рис. 3.2. Блок-схема работы GPS

Для геодезических целей приемоиндикаторы специально ориентированы на получение высоких точностей и характеризуются в связи с этим функцией измерения фаз несущих волн, многоканальностью приемоиндикатора (6–12 каналов), двухчастотными измерениями фаз и другими устройствами. Поэтому их стоимость в несколько раз выше портативных одночастотных приемоиндикаторов.

### 3.2.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ GPS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОЧАСТОТНОГО ПРИЕМОИНДИКАТОРА

**Р**абота спутниковых навигационных систем во многом определяется техническими особенностями приемоиндикаторов (см. табл. 3.2). Ниже приведен принцип работы одночастотного приемоиндикатора GPS.

Применение GPS на карьерах связано прежде всего с возможностью использования относительного (дифференциального) метода определения координат точек земной поверхности. Сущность этого метода заключается в выполнении синхронных наблюдений на двух пунктах (один из которых является исходным) в течение короткого промежутка времени (до 10–15 мин) с записью информации на носитель. В результате последующей обработки получается вектор, соединяющий два пункта, образуемый как разность двух топоцентрических векторов пункт – спутник. В этом случае хордовый вектор свободен от ошибок прохождения среды (ионосферы и тропосферы), так как для расстояний до 50–60 км можно считать прохождение сигналов спутников по параллельным линиям. Поэтому в дифференциальном методе для таких расстояний возможно эффективно использовать как одночастотные, так и двухчастотные приемоиндикаторы.

Принципом работы GPS является метод "Пространственной засечки", т.е., зная координаты спутников Земли и дальность удаления каждого из них от антенны приемника (псевдодальность  $S$ ), определяется местоположение приемоиндикатора. Для определения трехмерных координат точки стояния достаточно трех спутников (рис. 3.3)

Задача местоопределения по трем известным координатам и расстояниям решается математическим способом. Основной проблемой является определение псевдодальности до каждого из спутников. В одночастотном приемнике реализован фазово-час-

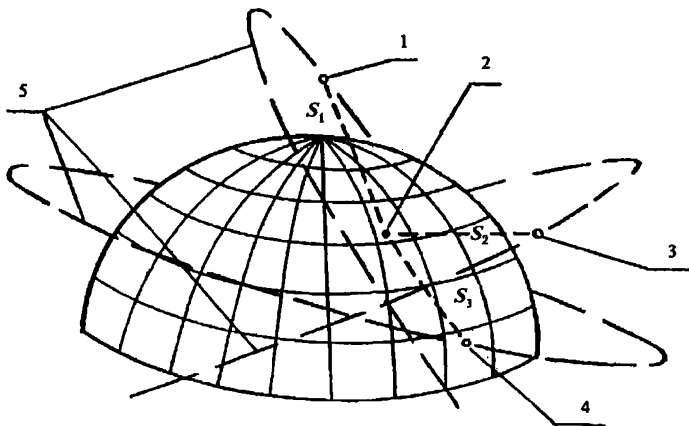


Рис. 3.3. Общий пример расположения спутника и приемника: 1–5 – орбиты спутников

точный метод измерения дальности до искусственных спутников Земли. Фазово-частотное дифференциальное местоопределение, реализованное в одночастотном приемнике, наилучшим образом представлено на примере абстрактной проблемы местоопределения с одной координатой. Для этой цели примем, что Земля представляет собой плоский круглый диск и что единственный спутник движется по концентрической орбите в плоскости диска (рис. 3.4).

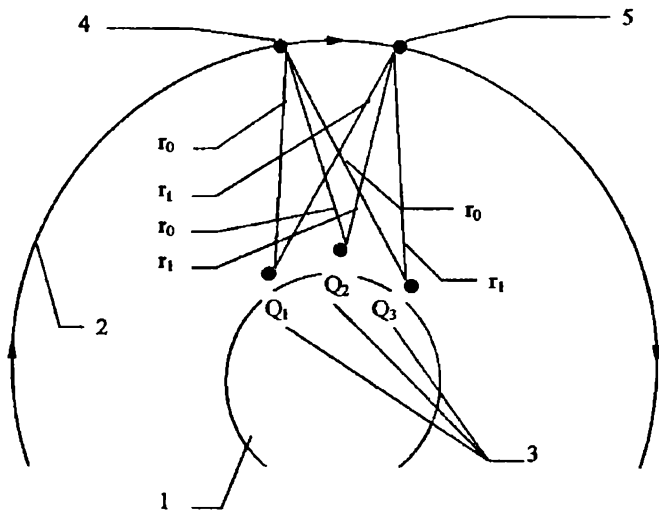
Позиция приемника:  $Q_1: r_1 > r_0$  – эффект доплеровского снижения частоты (увеличивающееся расстояние);

Позиция приемника:  $Q_2: r_1 = r_0$  – небольшое доплеровское смещение или отсутствие (почти постоянное расстояние);

Позиция приемника:  $Q_3: r_1 < r_0$  – эффект доплеровского возрастания частоты (уменьшающееся расстояние).

Простой алгоритм местоположения: подбор  $Q$  таким образом, чтобы рассчитанный на компьютере доплеровский сдвиг частоты и наблюдаемый совпадали.

Задача заключается в том, чтобы определить широту  $Q$  приемника на периметре диска. Принимается, что приемник снабжен стабилизирующим генератором, который синхронизирован со временем GPS. Из полученных эфемерид (точных орбитальных данных) точное положение спутника и точная частота передаваемой им несущей известны постоянно. (При этом принимается, что система избирательной доступности, которая могла бы



**Рис. 3.4. Пример определения местоположения приемника:**  
 1 – Земля – плоский диск; 2 – орбита спутника в плоскости земного диска;  
 3 – позиции приемника по отношению к движущемуся по орбите спутнику;  $r_0$ ,  $r_1$  – расстояние от приемника до спутника при его положении на орбите соответственно в точках 4 и 5

привнести неизвестные погрешности измерения частоты, не включена.)

Движение спутника относительно приемника вызывает доплеровский сдвиг принимаемой несущей частоты. Величина доплеровского сдвига зависит от расположения пользователя  $Q$  и от расположения спутника, а также от вектора его скорости во время передачи, причем оба эти параметра известны из эфемерид. Доплеровский сдвиг рассчитывается на компьютере для любого значения  $Q$ . Местоположение определяется измерением величины доплеровского смещения и нахождением затем значения, для которого рассчитанное на компьютере и измеренное доплеровское смещение совпадают. В приемнике "Землемер Л1" вместе с тем используется вариант этого метода, позволяющий уменьшить погрешность определения, вызываемую помехами при измерении. Вместо измерения доплеровского сдвига накопленная фазово-частотная функция  $\Phi(t, Q)$ , или просто фазовая функция, регистрируется в течение известного интервала времени от  $t_0$  до  $t_1$ . Эта фазовая функция определяется следующим образом.

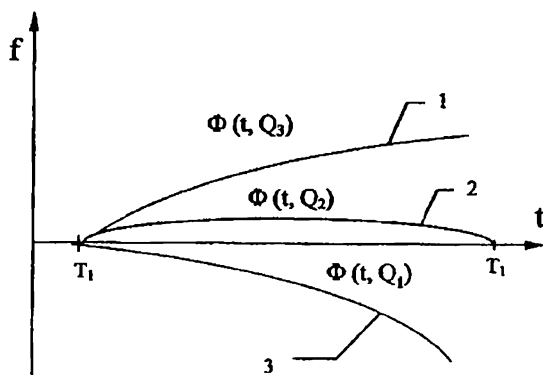
$\Phi(t, Q)$  характеризуется числом дополнительных циклов несущей фазы из-за доплеровского сдвига, которые имели место в разное время от  $t_0$  до текущего времени  $t$ , где  $\Phi(t, Q)$  положительна для доплеровского возрастания частоты (замыкающая частота) и отрицательна для доплеровского снижения частоты (начальная частота).

Отметим, что стартовое значение фазовой функции всегда равно нулю, т.е.  $\Phi(t_0; Q) = 0$ .

Запись, выбранная для фазовой функции, показывает, что в целом функция зависит от частоты  $Q$ , на которой находится пользователь. Если доплеровский сдвиг во время  $t$  для приемопередатчика, расположенного на широте  $Q$  будет  $f_d(t, Q)$ , то доплеровский сдвиг в герцах – производная по времени, или наклон фазовой функции,

$$f_d(t; Q) = \frac{d}{dt} \Phi(t; Q). \quad (3.1)$$

Эта взаимосвязь, наряду с условием  $\Phi(t_0; Q) = 0$ , достаточна, чтобы показать, что  $f_d(t, Q)$  и  $\Phi(t, Q)$  несут одну и ту же информацию. Подобно доплеровскому сдвигу, полная фазовая функция может быть рассчитана для любого значения. Местоположение определяется регистрацией принятой фазовой функции и затем нахождением значения  $Q$ , для которого рассчитанная на компьютере фазовая функция наиболее близко совпадает с реально наблюдаемой фазовой функцией.



**Рис. 3.5. Зависимость фазовой функции от расположения приемопередатчика:**

1 – возрастание частоты; 2 – незначительный доплеровский сдвиг; 3 – снижение частоты

Исходя из того, что фазовая функция зависит от расположения  $Q$ , получаем зависимость фазовой функции от расположения приемоиндикатора (рис. 3.5). Приемоиндикатор, находящийся в позиции  $Q_1$  на рис. 3.5, будет испытывать эффект доплеровского снижения частоты по мере того, как расстояние до спутника будет возрастать в интервале времени от  $t_0$  до  $t_1$ . Следовательно, наклон, принимаемый на позиции  $Q_3$ , будет испытывать эффект доплеровского возрастания частоты, потому что расстояние до спутника уменьшается, в этом случае наклон фазовой функции положительный. Фазовая функция для приемоиндикатора в позиции  $Q_2$  имеет почти нулевой наклон, потому что расстояние до спутника почти постоянно в интервале времени от  $t_0$  до  $t_1$  и результирующий доплеровский сдвиг незначителен.

Простой алгоритм местоположения: выбрать  $Q$  так, чтобы наблюдаемая фазовая функция  $\Phi(t; Q)$  совпадала с функцией, рассчитанной на компьютере.

Рассмотренные возможности спутниковых навигационных систем соответствуют требованиям к точности определения координат фиксируемых точек, совокупность которых отражает пространственное положение отдельных элементов ресурсов литосферы.

На основании этого представляется обоснованным внедрение методов спутниковых навигационных систем для целей маркшейдерского обеспечения недропользования.

#### 3.2.4. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ СПУТНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ

Технология производства работ с использованием GPS включает два основных этапа: во-первых, определение координат точек, фиксирующих геометрические параметры объектов, и, во-вторых, составление графической документации на этой основе. Рассмотренные в предыдущих параграфах принцип работы и характеристика GPS показывают, что организация работ наземных сегментов с различными приемниками в основном мало чем отличается друг от друга. Одночастотный приемоиндикатор имеет относительно низкую стоимость, а также точность определения координат фиксируемых точек, удовлетворяющих действующим требованиям.

Комплект аппаратуры используется в режиме навигации и дифференциальном режиме. Режимы отличаются друг от друга методиками и точностью полученных координат.



Режим навигации предполагает автономное использование прибора. При этом достигается точность около 15 м. Результаты наблюдения, полученные в этом режиме, могут быть обработаны при помощи программных средств, что повышает точность навигационных измерений до 1 м.

Более высокая точность может быть достигнута при использовании дифференциального режима, когда по меньшей мере два приемника принимают сигналы одной группы спутников. Один приемник располагается на пункте с известными координатами, другой – на точке, координаты которой необходимо определить. Дифференциальные измерения могут вестись в нескольких режимах:

- статика;
- быстрая статика;
- "стою/иду" и др.

Статическая съемка идеальна для больших расстояний и для достижения наиболее высокой точности при наличии не менее четырех спутников. При ее использовании наблюдения следует проводить в течение одного часа, а для длинных линий – два и более часов.

На коротких расстояниях, при достаточном количестве спутников (более четырех) и их хорошей геометрии возможно получение высоких точностей при относительно коротком времени наблюдения. При этом один приемник устанавливается на опорном пункте ("базовая" станция), а другой приемник перемещается с одного неизвестного пункта на другой, с выполнением необходимых наблюдений ("передвижная" станция). Мобильный приемник находится на каждой точке около 15–20 мин. В то же время "базовая" станция непрерывно осуществляет прием и фиксирование информации, получаемой от спутников. Такая съемка получила название "быстрая статика".

Съемка "стою/иду" позволяет отнаблюдать большое количество точек. Первоначально "передвижная" станция располагается на первой точке и находится на ней, пока не будет набрано количество данных, достаточное для разрешения многозначности (период инициализации). "Передвижную" станцию можно перемещать от точки к точке, при этом поддерживая слежение за сигналами спутников. Режим идеально подходит для съемки в небольших областях, где точки расположены близко одна от другой и где нет препятствий для прохождения сигналов спутников.

Дифференциальные фазовые измерения позволяют достигать точности от 5 до 30 мм. Данные по режимам приведены табл. 3.3.

## Показатели работы аппаратуры "Землемер Л1"

Показатели	Автономный режим		Дифференциальный режим	
	Позиционирование	С постобработкой	Полевой дифференциал	Дифференциал по фазе несущей
Точность	15 м	1–2 м	5–10 мм	20–30 мм
Время наблюдений	2–3 мин	2–3 мин	10–15 мин	2–5 с

Как видно из табл. 3.3, дифференциальные измерения наиболее пригодны к применению в маркшейдерско-геодезических работах.

## 3.2.5. МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Методика выполнения работ предполагает устройство "базовой" станции в полевых условиях (рис. 3.6).

Опыт работы в карьере показал острую зависимость качества и надежности выполняемой работы на "базовой" станции от источников питания, поскольку "базовая" станция должна постоянно находиться в работе. К тому же оператор "базовой" станции вынужден находиться весь рабочий день под влиянием погодных усло-

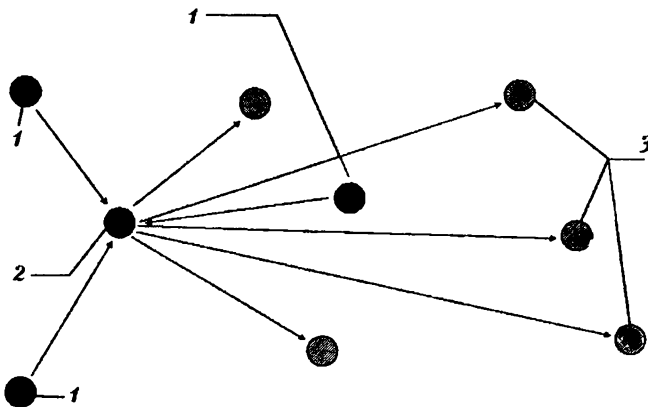


Рис. 3.6. Устройство "базовых" станций в полевых условиях:  
 1 – пункты с известными координатами; 2 – "базовая" станция на здании, где размещается маркшейдерская служба; 3 – рабочие точки, где определяются координаты

## Результаты контрольного определения координат пунктов

№ п/п	Значение	Названия пунктов	X	Y	Z
1	Истинное	Ерик	5 623 384,34	7 324 817,25	178,77
	Полученное		5 623 384,18	7 324 8817,31	179,07
2	Истинное	Красная поляна	5 614 120,42	7 330 846,58	211,96
	Полученное		5 614 120,40	7 330 846,49	211,72
3	Истинное	Яруга	5 614 263,07	7 327 493,30	225,25
	Полученное		5 614 262,93	7 327 493,11	255,50
4	Истинное	Грязное	5 606 691,02	7 320 541,18	202,31
	Полученное		5 606 690,94	7 320 541,27	202,07
5	Истинное	Болховец	5 611 031,58	7 312 310,84	197,95
	Полученное		5 611 031,55	7 312 310,67	197,69
6	Максимальное отклонение		0,14	0,19	0,30

вий. Исходя из этого и с целью повышения оперативности и эффективности наблюдений, нами предлагается новая методика организации работ. Основной ее идеей является размещение "базовой" станции в помещении маркшейдерских служб с вынесением антенны на крышу здания. Работы выполняются в два этапа: 1-й – определение координат "стационарной базовой" станции с использованием нескольких точек с известными координатами ("временных базовых" станций); 2-й – выполнение непосредственно съемочных работ.

Обычно при переносе координат наблюдается потеря точности, но так как координаты "стационарной базовой" станции определяются с использованием нескольких точек с известными координатами, этого не наблюдается и точность определения координат "передвижных" станций не снижается (табл. 3.4).

Как видно из таблицы, погрешность в определении координат не превышает 0,3 м.

### 3.2.6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ GPS НА ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Использование GPS позволяет, в частности, проводить наблюдения за сдвижением массивов горных пород без предвари-

тельной "привязки" к опорным пунктам, которые на практике необходимо выносить за пределы горного отвода.

Эффективность внедрения GPS в маркшейдерскую практику на горно-добывающих предприятиях заключается в сокращении времени на выполнение измерительных работ. Кроме того, использование GPS аппаратуры дает возможность ведения измерительных работ даже одному оператору на "передвижной" станции, так как "базовая" станция является стационарной и работает в автономном режиме.

### 3.2.7. ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ

Использование инерциальных систем для геодезических целей началось в топографической лаборатории армии США в начале 60-х гг. Первый контракт был заключен с компанией General Computer System, однако созданная ею система была чувствительна к ударам и вибрациям и не нашла широкого применения. В 1969 г. фирмой Litton был создан более удачный вариант инерциальной геодезической системы, который получил наименование PADS (Position and Azimuth Determining System). Эта система за несколько часов работы в ходах с опорой только на начальную точку определяла координаты с погрешностью 20 м, высоту с погрешностью 10 м и азимут с погрешностью несколько десятков секунд. Система могла функционировать в любое время суток и при любых погодных условиях.

Анализ результатов, получаемых системой PADS, показал, что помимо плановых координат, высоты и азимута система может давать ускорение силы тяжести и ускорения отвесной линии.

Со временем модернизации подверглось материальное обеспечение системы, в частности, была разработана программа после рейсового уравнивания результатов измерений. Новый вариант системы получил название IPS (Inertial Positioning System). В замкнутых ходах с опорой на две крайние точки система могла определить координаты и высоту с погрешностью 1–2 м. В дальнейшем в систему IPS был поставлен более чувствительный вертикальный акселерометр и вновь модернизировано ее материальное обеспечение. Этот вариант системы, названный RGSS (Rapid Geodetic Survey System), позволял помимо координат и высот определять аномалии ускорения силы тяжести с погрешностью до 2 мГал и отклонения отвесной линии с погрешностью 1 с.

Научно-исследовательские работы в этой области велись и в СССР. Благодаря им подготовлена современная научно-техническая база для создания инерциальных систем в настоящее время.

В 1976 г. к работам по созданию инерциальных геодезических систем подключилась фирма Honeywell (США). На основе одной из высокочувствительных навигационных инерциальных систем ею была разработана инерциальная геодезическая система, которая в замкнутых ходах с опорой на две крайние точки протяженностью до 10 км определяла плановые координаты и превышения с погрешностью несколько десятков см, а ускорение силы тяжести и отклонения отвесной линии – с погрешностями соответственно менее 1 мГал и 1 с.

В настоящее время работы по созданию и совершенствованию ИГС ведут многие фирмы Америки, Западной Европы и РФ.

Реализация инерциального метода местоопределения основана на законах классической механики. Физические принципы, лежащие в основе инерциального метода, связаны с механикой – наукой об общих законах механического движения и взаимодействия материальных тел. Работа инерциальных геодезических систем основана на известных законах динамики Ньютона, а сами системы получили название по названию таких систем координат, которые движутся в пространстве равномерно и прямолинейно без ускорений и вращений.

Инерциальные системы координат имеют две особенности, которые являются решающими для создания соответствующих измерительных систем. Первая особенность состоит в том, что при неравномерном движении или вращении относительно них всегда появляются силы инерции, и, следовательно, могут быть созданы датчики, "чувствующие" ускорения или повороты. Такие датчики получили названия инерциальных.

Второй особенностью является то, что показаниями только инерциальных датчиков и заданным начальным условием в инерциальной системе координат можно полностью описать движение любой другой системы, используя законы динамики Ньютона (мы не будем рассматривать случаи больших скоростей, близких к скорости света, или больших напряженностей гравитационного поля, когда проявляются релятивистские эффекты).

К инерциальным датчикам относятся акселерометры – измеряющие ускорение, датчики угловой скорости (ДУС) – измеряю-

щие угловую скорость вращения относительно инерциальной системы отсчета. Реализовать инерциальную систему координат, т.е. зафиксировать ее какими-то материальными объектами, практически невозможно, так как не только Земля, но и вся Солнечная система и даже Галактика находятся в непрерывном вращении, и, следовательно, связанные с ними системы координат не являются инерциальными. Для целей геодезии допустимо считать инерциальные системы координат, связанные с центром масс Земли и не вращающиеся относительно звезд. Это означает практически, что учитывать необходимо только суточное вращение Земли.

Рассмотрим принцип работы инерциальной системы. Пусть в некотором транспортном носителе имеется акселерометр  $A$ , ось чувствительности которого расположена вдоль некоторой оси  $OX$  с ускорением  $a(t)$ .

Скорость транспортного носителя в любой момент времени может быть определена как интеграл текущего ускорения:

$$v = \int a(t)dt + v, \quad (3.2)$$

где  $v$  – скорость в начальной точке.

Интегрируя скорость, можно определить текущее перемещение по оси  $X$  транспортного носителя:

$$X = \int vdt = \iint a(t)dt + \int vdt + X. \quad (3.3)$$

Как следует из формулы (3.3), для определения текущего перемещения и, следовательно, координаты необходимо знать координату  $X$  начальной точки и скорость  $v$  транспортного носителя в ней.

Если мы имеем три акселерометра, установленные вдоль трех взаимно перпендикулярных осей, то можно определить перемещение вдоль этих осей и, следовательно, три координаты носителя или координаты той точки пространства, в которой находится носитель.

Однако приведенные рассуждения могут быть справедливы, если отсутствует гравитационное поле и направления осей чувствительности акселерометров неизменны в пространстве. Гравитационное ускорение действует на акселерометр точно так же, как и ускорения, вызванные движением (динамические ускорения). Согласно принципу эквивалентности эти ускорения измерить раздельно невозможно ни одним прибором. Поэтому для получения

динамических ускорений, которые и надо интегрировать для определения перемещений, необходимо знать проекции ускорения силы тяжести на оси чувствительности акселерометров и вычитать их из показаний акселерометров. На практике применяют ту или иную математическую модель поля ускорения силы тяжести, по которой вычисляют эти проекции. Погрешности этой модели являются источником погрешностей инерциальной системы и одним из основных факторов, ограничивающих ее точность.

Для поддержания неизменного направления осей чувствительности акселерометров в заданной системе координат применяются гиросtabilизированные платформы. При этом могут быть созданы системы двух видов: пространственно-стабилизированные и локально-уровневые.

В первых системах ориентация акселерометров остается неизменной относительно инерциальной системы отсчета (например, неподвижных звезд), но меняется относительно Земли из-за ее суточного вращения. Во вторых системах к гиropлатформе прикладываются дополнительные моменты так, чтобы оси чувствительности акселерометров были все время ориентированы по направлениям север – восток – вертикаль.

Первый принцип используется в системах фирмы Honeywell, второй – в системах Litton и Ferranty. Оба типа систем отличаются незначительно по инструкции и матобеспечению.

Процесс интегрирования показаний датчиков, лежащий в основе работы инерциальных систем, характеризуется быстрым накоплением погрешностей. Так, например, погрешность в оценке смещения нулевого отсчета акселерометра дает погрешность расстояния, возрастающую пропорционально квадрату времени, а неучтенный дрейф гироскопов или датчиков угловой скорости приводит к погрешности измерения расстояний пропорционально кубу времени. Поэтому результаты измерений инерциальной системы требуют периодических коррекций.

Для проведения коррекции необходимо, чтобы в какой-то момент времени были известны все, или хотя бы некоторые параметры движения, или ориентации блока чувствительности элементов инерциальной системы. Например, текущие координаты, скорость, углы ориентации в пространстве или совокупность этих или других параметров. Основное отличие инерциальных геодезических систем от инерциальных навигационных заключается в том, что для

получения приемлемых в геодезии точностей коррекции приходится проводить очень часто, через каждые 3–5 мин. Это значительно уменьшает эффективность инерциальных геодезических систем, особенно на воздушных (самолет) и морских носителях. Что касается наземных носителей и вертолетов, существует достаточно простой, не требующий дополнительного оборудования и вспомогательных измерений способ коррекции при короткой остановке носителя. Во время остановки известна скорость транспортного носителя (она равна нулю) и ориентация блока чувствительных элементов относительно вектора ускорения силы тяжести (вычисляется по показаниям горизонтальных акселерометров). Частые остановки транспортного носителя, конечно, тоже снижают эффективность инерциальных систем, но без них применение таких систем для геодезических целей при современном уровне техники практически невозможно. При работе с вертолета кроме посадок для коррекции возможно зависание. В открытых (висячих) ходах инерциальные системы практически не обеспечивают точности, приемлемой для геодезии.

Как следует из принципа работы инерциальных систем, в начальной точке должны быть известны координаты, скорость и ориентация блока чувствительности элементов. Координаты и скорость задаются при остановке в точке с известными координатами. Ориентация по отношению к вектору ускорения силы тяжести определяется по показаниям горизонтальных акселерометров. При этом платформенные системы устанавливаются так, что их вертикальная ось направлена по вектору ускорения силы тяжести. Что касается азимута, то платформенные системы имеют способность самоустанавливаться на север путем гирокомпасирования. Этот процесс продолжительностью 30–60 мин характеризуется тем, что по показаниям горизонтальных акселерометров вырабатываются корректирующие сигналы для гироскопов и происходит поворот платформы относительно трех осей до равенства нулю показаний акселерометров. В таком положении платформа оказывается ориентированной по вертикали к азимуту. Далее платформа будет сохранять это положение при всех перемещениях транспортного носителя. При этом из-за вращения Земли и ее кривизны ориентация платформы по отношению к местному направлению вектора силы тяжести будет меняться. С помощью акселерометров, находящихся на платформе, можно при остановках носителя определить эту ори-



ентацию и тем самым положение вектора ускорения силы тяжести в данной точке в системе координат, заданной в начальной точке и физически зафиксированной гироплатформой.

Таким образом, во всех типах инерциальных систем обеспечивается измерение проекций вектора ускорений в одной и той же начальной заданной системе координат. Это позволяет определять текущие скорости и перемещения системы путем интегрирования компонент этого вектора, а при остановках транспортного носителя определять еще отклонения отвесной линии и ускорение силы тяжести.

### 3.3. МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**В** соответствии с Законом РФ "О недрах" (статья 22) пользователь недр обязан обеспечить ведение маркшейдерской документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность.

Журналы измерений и вычислительная документация ведутся по всем видам маркшейдерских работ, выполняемых на горном предприятии. При этом рекомендуется использовать журналы типовых форм, соответствующих виду выполняемой работы. Записи в журналах должны быть четкими. Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.

В журналах вычислений должны быть сделаны ссылки на журналы (документы), из которых взяты исходные данные, и результаты измерений. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверена главным маркшейдером предприятия, о чем делается соответствующая запись.

Маркшейдерская графическая документация, которая обязательно должна вестись на горном предприятии, включает:

- чертежи, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности (к этой группе относятся план земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия в масштабе от 1:1000 до 1:10 000, план застроенной части земной поверхности в масштабе от 1:1000 до 1:2000, план промышленной площадки в масштабе от 1:500 до 1:1000, планы породных отвалов и гидроотвалов в масштабе от 1:1000 до 1:5000 и пр.);

- чертежи, отражающие обеспеченность горного предприятия пунктами маркшейдерских опорной геодезической и съемочной сетей (планы расположения пунктов маркшейдерской опорной сети и пунктов разбивочной сети, абрисы и схемы конструкции реперов);
- чертежи отводов горного предприятия;
- чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.

Чертежи, входящие в состав маркшейдерской документации, делятся на исходные и производные.

К исходным относятся планы земной поверхности и чертежи горных выработок, которые по точности и полноте отображения объектов съемки соответствуют требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ. Для составления исходной документации, как правило, используют результаты съемки.

К производным чертежам относят копии и репродукции с исходных чертежей, дополненные при необходимости специальным содержанием и предназначенные для решения текущих задач предприятия, организации. Перечень производных чертежей и требования к их изготовлению устанавливаются отраслевыми инструкциями.

Исходная маркшейдерская документация выполняется в соответствии с ГОСТами.

Исходные чертежи открытых и подземных горных выработок пополняют не реже одного раза в месяц.

Для решения различных производственно-технических вопросов, связанных с деятельностью горного предприятия, используется так называемая обменная горная графическая документация, которая должна составляться на предприятии.

Эта документация отражает схему вскрытия месторождения, применяемые системы разработки, динамику технологических процессов горного производства, плановое развитие горных работ, структуру, форму и элементы залегания полезного ископаемого, а также содержит различную горно-техническую и геологическую документацию.

В соответствии с Указаниями по составлению чертежей обменной горной графической документации, согласованными с Госгортехнадзором России 8 декабря 1992 г. и утвержденными Департаментом угольной промышленности Минтопэнерго России, в ком-

плект обменных планов по действующим, строящимся и реконструируемым шахтам и разрезам, включены:

а) для шахт

Планы промышленной площадки в масштабе .....	1:500, 1:1000
Вертикальная схема вскрытия шахтного поля в масштабе	1:1000, 1:2000, 1:5000
План или проекция на вертикальную плоскость горных выработок по каждому пласту (слою) .....	1:1000, 1:2000, 1:5000
План горных выработок по основным горизонтам (при разработке свиты пластов крутого падения) .....	1:2000, 1:5000
Планы околоствольных горных выработок, приемно-отправительных площадок главных уклонов и бремсбергов	1:200, 1:500, 1:1000
Вертикальный разрез шахтного ствола (находящегося в проходке, углубке, расширении) с геологической колонкой .....	1:200, 1:500
План поверхности шахтного поля в пределах горного отвода .....	1:5000
Совмещенный план горных выработок .....	1:1000, 1:2000

б) для разрезов

Ситуационный план территории разреза .....	1:5000, 1:10000 1:25000
Сводно-совмещенный план горных выработок .....	1:2000, 1:5000
Разрезы по профильным линиям .....	1:1000, 1:2000
План горных работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами .....	1:2000, 1:5000
План промышленной площадки .....	1:500, 1:1000
План дренажных подземных горных выработок .....	1:2000, 1:5000

Чертежи обменных планов составляют и пополняют маркшейдерская и геологическая службы горного предприятия.

Геологические нарушения и пояснительные разрезы к ним, структурные разрезы по пластам и вмещающим породам, участки пльвунных и обводненных пород, карстовых пустот, гипсометрия почвы пласта, углы падения и мощности пластов, разведочные, водопонижающие и гидронаблюдательные скважины и другая геологическая информация на чертежах обменных планов изображается геологической службой горного предприятия.

Ответственность за полноту, достоверность, качество обменных планов и своевременность представления несут технический руководитель, главный маркшейдер и главный геолог шахты (разреза) и соответствующие службы акционерных обществ, концернов, ассоциаций.

### 3.4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМКАХ

Измерения, выполняемые в маркшейдерских съемках на земной поверхности и в подземных выработках, из-за ограниченной точности приборов, неблагоприятных внешних условий измерений и несовершенства органов чувств человека сопровождаются неизбежными погрешностями.

Ниже будут рассмотрены погрешности, возникающие при измерении углов и длин линий.

Как известно, и в маркшейдерии, и в геодезии проводятся измерения углов и длин. Основное отличие маркшейдерских измерений от геодезических состоит в том, что их задачей является не только зафиксировать (заснять) существующие объекты, но и дать направление горным выработкам на будущее, в соответствии с техническим проектом горных работ. Из этих задач следуют:

- во-первых, весьма жесткие требования к точности маркшейдерских измерений, так как ошибки в последних приведут к неправильному развитию горных работ, и,
- во-вторых, необходимость заранее знать (предвычислить) точность, с которой маркшейдерские работы могут быть выполнены.

Однако измерения, выполняемые в маркшейдерских съемках на земной поверхности и в подземных выработках, сопровождаются неизбежными погрешностями. Причиной этих погрешностей могут быть: ограниченная точность приборов, неблагоприятные внешние условия измерений, несовершенство органов чувств человека и др.

Ниже будет дана общая характеристика погрешностей маркшейдерских измерений, а также будут рассмотрены погрешности, возникающие при измерении углов и длин линий.

#### 3.4.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАРКШЕЙДЕРСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Многократно измеряя одну и ту же величину, можно обнаружить, что результаты измерений отличаются друг от друга из-за того, что каждый результат измерения сопровождается неизбежной ошибкой. Если эта ошибка выходит за пределы принятой точности измерений, то такая ошибка называется грубой и является следствием промаха, просчета или небрежности при производстве

измерений. Результаты измерений, в которых имеются грубые ошибки, из рядов измерений исключаются и обработке не подлежат.

Ошибка измерения  $\delta_i$  есть разность между действительным, точным или истинным значением  $L$  измеряемого объекта и полученным результатом измерения:

$$L - l_i = \delta_i. \quad (3.4)$$

При каждом отдельном измерении одной и той же величины результат измерения по абсолютному значению может быть больше или меньше величины измеряемого объекта. Поэтому ошибка измерения соответственно будет иметь либо знак плюс, либо знак минус. При многократных измерениях из таких ошибок образуются ряды ошибок. Распределение ошибок в ряду может носить либо вполне определенный, закономерный, либо случайный или статистический характер.

Ряды ошибок с определенно выраженной закономерностью являются следствием причин, действующих по определенным законам и в определенном направлении. Поэтому ряды ошибок, в которых преобладает влияние односторонних факторов, систематически искажающих результаты измерений, можно назвать рядами из систематических ошибок.

Во всех случаях измерения маркшейдеру необходимо стремиться к исключению или ослаблению ошибок систематического характера, так как получение результата из большого числа следующих друг за другом измерений приведет к суммированию ошибок и к существенному влиянию их на окончательные результаты измерений.

Исследование рядов из неизбежных ошибок случайного характера показывает, что при отсутствии видимой закономерности в них подобные ряды тем не менее подчинены так называемой статистической закономерности. Закономерность эта проявляется отчетливее с возрастанием числа измерений. Опытным путем установлено, что неизбежные ошибки случайного характера обладают следующими свойствами:

- 1) положительные ошибки возникают так же часто, как и равные им по абсолютной величине отрицательные ошибки;
- 2) малые по абсолютной величине ошибки чаще встречаются в измерениях, чем большие;

3) при данных условиях измерения абсолютные значения неизбежных ошибок случайного характера не могут превосходить определенного предела;

4) с увеличением числа равноточных измерений одной и той же величины среднее арифметическое из неизбежных ошибок случайного характера стремится к нулю.

Основным, наиболее распространенным среди маркшейдеров и геодезистов критерием точности измерений является средняя квадратическая ошибка из данного ряда измерений. Однако такой критерий точности не является единственным. С целью оценки точности измерений иногда пользуются средней арифметической ошибкой и вероятной ошибкой.

Смысл указанных ошибок состоит в следующем.

**Средняя квадратическая ошибка.** Средней квадратической ошибкой ряда равноточных измерений называется число  $m$ , вычисляемое по формуле

$$m = \pm \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n}}, \quad (3.5)$$

где  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – истинные ошибки измерений;  $n$  – число измерений.

Так как в обозначениях Гаусса сумма  $\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2$  равна  $[\delta\delta]$ , или  $[\delta^2]$ , то

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n}}. \quad (3.6)$$

Итак, средняя квадратическая ошибка данного ряда равноточных измерений ошибок этого ряда равна корню квадратному из суммы квадратов истинных ошибок этого ряда, деленной на число всех измерений.

**Средняя арифметическая ошибка.** Среднее арифметическое из абсолютных значений истинных ошибок ряда равноточных измерений

$$\Theta = \pm \frac{|\delta_1| + |\delta_2| + \dots + |\delta_n|}{n}, \text{ или } \Theta = \pm \frac{[\delta]}{n} \quad (3.7)$$

есть арифметическая средняя ошибка.

**Вероятная ошибка.** Вероятной ошибкой ряда равноточных измерений, обозначаемой буквой  $r$ , называется такое значение истинной ошибки, по отношению к которому ошибки, большие этого значения, встречаются в ряду так же часто, как и ошибки, меньшие его. Эту ошибку иногда называют срединной, так как она находится в середине ряда истинных ошибок, расположенных в возрастающем или убывающем порядке их абсолютных величин.

**Предельная ошибка.** По величине средней квадратической ошибки устанавливают предельную ошибку. Предельная ошибка находится по формуле

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m \quad (3.8)$$

и, таким образом, принимается как утроенная средняя квадратическая ошибка.

**Относительная ошибка.** Зная абсолютное значение средней арифметической, средней квадратической и вероятной ошибок, можно найти относительные выражения этих ошибок. С этой целью достаточно абсолютную ошибку разделить на значение измеренного объекта.

Таким образом, средняя квадратическая ошибка есть функция вторых степеней ошибок, а средняя арифметическая ошибка есть линейная функция этих ошибок.

В практике маркшейдерских и геодезических работ в России в качестве критерия точности принимают среднюю квадратическую ошибку, имея в виду, что средняя квадратическая ошибка:

- в простой форме связана с предельной ошибкой для данного ряда измерений;
- достаточно устойчива и при ограниченном числе измерений позволяет удовлетворительно судить об их точности;
- более выпукло отражает в конечном ряду наличие крупных ошибок и тем самым не сглаживает их влияния на окончательную ошибку.

#### 3.4.2. ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

**И**змерение углов сопровождается погрешностями: грубыми, систематическими и случайными. Грубые и систематические погрешности обнаруживаются при измерениях и исключаются. Влияние погрешностей случайного характера может быть снижено

соответствующим способом измерения углов и методикой обработки результатов измерений.

### Погрешность измерения горизонтального угла

Общая погрешность измерения горизонтального угла складывается из трех погрешностей и определяется по формуле

$$m_{\beta} = \sqrt{m_i^2 + m_e^2 + m_c^2}, \quad (3.9)$$

где  $m_i$  – погрешность, зависящая от качества прибора и от способа измерения угла (инструментальная погрешность), которая включает погрешность визирования (наведения)  $m_b = \pm \frac{60''}{\nu}$  (здесь  $\nu$  –

увеличение трубы), погрешность отсчитывания  $m_0 = \frac{t}{2\sqrt{3}}$  (здесь  $t$  – точность отсчитывания), погрешность деления лимба и др;  $m_e$  – погрешность от неточности центрирования теодолита;  $m_c$  – погрешность от неточности центрирования сигналов (редукция).

**Погрешность** определения угла зависит от способа его измерения. При измерении углов способами повторений и приемов количество наведений трубы на сигнал одинаковое, но отсчетов при способе приемов больше.

Общие формулы средней квадратической погрешности измерения угла в зависимости от ошибок отсчитывания и визирования имеют следующий вид:

для способа повторений

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{m_0^2}{2n^2} + \frac{m_b^2}{2n} \left( \frac{1}{\cos^2 \delta_{\text{п}}} + \frac{1}{\cos^2 \delta_3} \right)}, \quad (3.10)$$

для способа приемов

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{m_0^2}{n} + \frac{m_b^2}{2n} \left( \frac{1}{\cos^2 \delta_{\text{п}}} + \frac{1}{\cos^2 \delta_3} \right)}, \quad (3.11)$$

где  $m_{\beta}$  – погрешность измерения горизонтального угла;  $m_0$  – погрешность отсчитывания одного направления;  $m_b$  – погрешность



одного визирования;  $n$  – число приемов или повторений при измерении угла;  $\delta_{\text{п}}, \delta_{\text{з}}$  – углы наклона визирных лучей соответственно на передний и задний сигналы.

Сравнивая формулы (3.10) и (3.11) видно, что погрешность отсчитывания в формуле (3.11) значительно меньше (в  $\sqrt{2n}$ ), чем в формуле (3.10).

**Погрешность от неточности центрирования теодолита** зависит от величины измеряемого угла  $\beta$ , длины сторон  $a$  и  $b$ , величины  $e$  – линейной ошибки центрирования и выражается формулой

$$m_e = \rho'' \frac{e}{av\sqrt{2}} \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}. \quad (3.12)$$

**Погрешность из-за неточности центрирования сигналов** определяется по формулам:

при разных длинах сторон  $a$  и  $b$  угла

$$m_{c_A} = \rho'' \frac{e_1}{a\sqrt{2}}; \quad m_{c_B} = \rho'' \frac{e_2}{b\sqrt{2}}; \quad (3.13)$$

при равенстве сторон  $a = b = S$  и линейных погрешностей центрирования сигналов  $e_1 = e_2$  общая погрешность имеет вид

$$m_c = \sqrt{m_{c_A}^2 + m_{c_B}^2} = \pm \rho'' \frac{e}{S}. \quad (3.14)$$

Общая формула среднеквадратической погрешности измерения горизонтального угла, подставляя найденные выражения (3.12) и (3.13) в формулу (3.9), примет вид

$$m_{\beta} = \sqrt{m_i^2 + \frac{\rho''^2}{2a^2b^2} \left[ e^2 (a^2 + b^2) + e^2 (a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta) \right]}. \quad (3.15)$$

### Погрешность измерения вертикального угла

Угол  $\delta$  определяют по формуле

$$\delta = \text{кп} - \text{м0} = \text{м0} - \text{кл} = \frac{\text{кп} - \text{кл}}{2}, \quad (3.16)$$

где КП, КЛ, М0 – отсчеты соответственно при круге право при круге лево и место нуля  $M_0 = \frac{КП+КЛ \pm 360}{2}$ , следовательно

$$m_{\delta} = \frac{1}{2} \sqrt{m_{КП}^2 + m_{КЛ}^2} \quad (3.17)$$

При каждом полуприеме производят одно визирование и берут один отсчет, вследствие этого

$$m_{КП} = m_{КЛ} = \sqrt{m_0^2 + m_B^2}, \quad (3.18)$$

тогда

$$m_{\delta} = \sqrt{\frac{m_0^2 + m_B^2}{2}} \quad (3.19)$$

При измерении угла наклона  $n$  приемами

$$m_{\delta} = \sqrt{\frac{m_0^2 + m_B^2}{2n}} \quad (3.20)$$

Погрешность отсчета принимают равной  $m_0 = \pm \frac{t}{3,5}$ , погрешность визирования с учетом производства его не по биссектору, а по горизонтальной нити определяют по формуле

$$m_B = \frac{1}{2} \frac{v}{f_{об}} \rho'' \quad (3.21)$$

где  $v$  – толщина горизонтальной нити теодолита;  $f_{об}$  – фокусное расстояние объектива.

Горизонтальное проложение расстояния  $l$  определяют по формуле

$$d = l \cos \delta \quad (3.22)$$

Точность определения горизонтального проложения измеренной линии в зависимости от погрешности  $m_{\delta}$  угла наклона ее определяют по формуле

$$m_d = l \sin \delta m_\delta . \quad (3.23)$$

Разность высот  $h$  между двумя смежными пунктами  $A$  и  $B$  хода подземной съемки определяют по формуле

$$h = l \sin \delta + i - v , \quad (3.24)$$

где  $i$  и  $v$  – вертикальные расстояния соответственно от центров знаков до горизонтальной оси трубы теодолита и точки визирования на шнуре отвеса (на сигнале).

Погрешность  $m_h$ , обусловленная ошибкой измерения угла  $\delta$ , определяется по формуле

$$m_h = l \cos \delta \frac{m_\delta}{\rho} . \quad (3.25)$$

### 3.4.3. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИН ЛИНИЙ

Измерения линий неизбежно сопровождаются погрешностями, которые могут быть случайными, систематическими или носить тот и другой характер. Погрешности зависят от несовершенства мерных приборов, методики выполнения работ, условий в горных выработках и личных качеств наблюдателя.

Допустимые погрешности устраняют путем введения поправок в результаты измерений.

Поправку за компарирование рулетки определяют из таблицы компарирования или по формуле

$$\Delta l_k = \frac{l}{l_0} \Delta , \quad (3.26)$$

где  $\Delta l_k$  – поправка на всю измеренную длину, мм;  $\Delta$  – поправка на длину рулетки, мм;  $l$ ,  $l_0$  – длина соответственно всей линии и рулетки, м.

**Поправка за температуру**

$$\Delta l_t = l \alpha (t_{\text{изм}} - t_k) , \quad (3.27)$$

где  $l$  – измеренная длина, м;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали;  $t_{\text{изм}}$ ,  $t_k$  – температура соответственно при измерении и компарировании рулетки, градус.

Пример:  $t_k = 20^\circ$ ,  $t_{\text{изм}} = 5^\circ$ ,  $l = 20$  м,  $\alpha = 0,012$ , тогда  $\Delta l_t = -3,6$  мм, т.е. поправку следует учитывать.

**Поправка за растяжение рулетки.**

Согласно закону Гука

$$\Delta l_p = \frac{l(P - P_0)}{ES}, \quad (3.28)$$

где  $P_1, P_0$  – натяжение рулетки при измерении и компарировании соответственно, кг (1 кг = 9,8 Н);  $E$  – модуль Юнга;  $S$  – площадь поперечного сечения полотна рулетки,  $\text{см}^2$ ;

$$S = \frac{q}{\gamma} \cdot 10;$$

здесь  $q = 0,03$  кг/м;  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>.

Этой поправкой можно пренебречь, если натяжение при измерении не превышает  $\pm 3$  кг установленного норматива ( $P = 10$  кг).

**Поправка за провес рулетки.**

При измерении "на весу" длина  $l$  измеряется не по прямой, а по дуге  $l_0$  (рис. 3.7,а). Поэтому поправку  $\Delta l_f = l_0 - l$  вводят всегда со знаком (-). Стрела провеса рулетки  $f_0$  на всю длину  $l_0$  может быть определена непосредственно масштабной линейкой при экспериментальных работах или вычислена по формуле

$$f_0 = \frac{q l_0^2}{8P}, \quad (3.29)$$

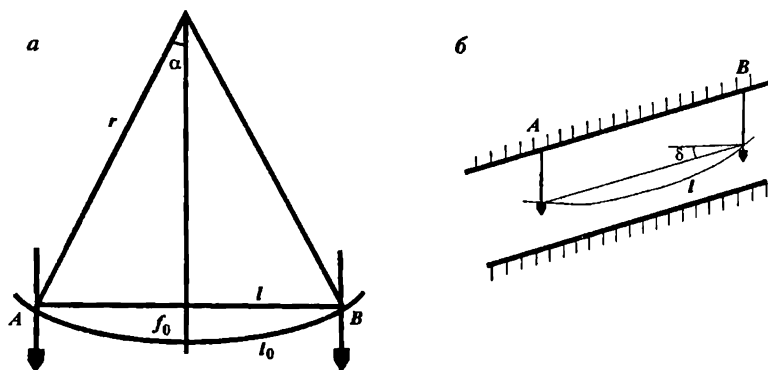


Рис. 3.7. Определение поправок за провес рулетки

где  $q$  – масса 1 м рулетки, кг;  $l_0$  – длина рулетки, м;  $P$  – натяжение рулетки, кг.

Поправку за провес на всю длину рулетки  $l_0$  вычисляют по формуле (дается без вывода) и выражают в мм:

$$\Delta l_{f_0} = -\frac{8f_0^2}{3l_0}, \text{ или } \Delta l_{f_0} = -\frac{q^2 l_0^3}{24P^2}. \quad (3.30)$$

Если в измерении участвует не вся длина рулетки, а только ее часть, то поправку находят из пропорции

$$\Delta l_f = -\frac{l^3}{l_0^3} \Delta l_{f_0}. \quad (3.31)$$

Пример:  $l_0 = 30$  м,  $l_{\text{изм}} = 24,300$  м,  $f_0 = 0,160$  м. Найдем поправку за провес рулетки:

а) поправка за провес на всю длину рулетки  $\Delta l_{f_0} = -22,8$  мм;

б) поправка за провес на длину  $l_{\text{изм}}$   $\Delta l_f = -12,1$  мм.

Как видно из расчетов, поправка за провес рулетки растет с увеличением измеряемого расстояния, особенно при  $l > 20$  м.

При измерении линий в наклонных выработках возникает дополнительная поправка за несимметрию цепной линии (рис. 3.7,б) Она может быть вычислена по формуле

$$\Delta l_{\text{н.с}} = -\Delta l_f \sin^2 \delta \cos \delta, \quad (3.32)$$

где  $\Delta l_f$  – поправка за провес для горизонтального положения рулетки;  $\delta$  – угол наклона измеряемой линии.

Поправку вводят при  $l > 50$  м. При малых длинах она мала и ею пренебрегают.

**Поправка за наклон линии.**

Эту поправку вводят для проведения наклонной линии к горизонтальному положению  $d$  (рис. 3.8,а). Она может быть определена:

а) если известна длина  $l$  и угол наклона  $\delta$  стороны,

$$\Delta l_{\text{н}} = -2l \sin^2 \delta / 2; \quad (3.33)$$

б) если известно превышение  $h$  между двумя точками стороны длиной  $l$ ,

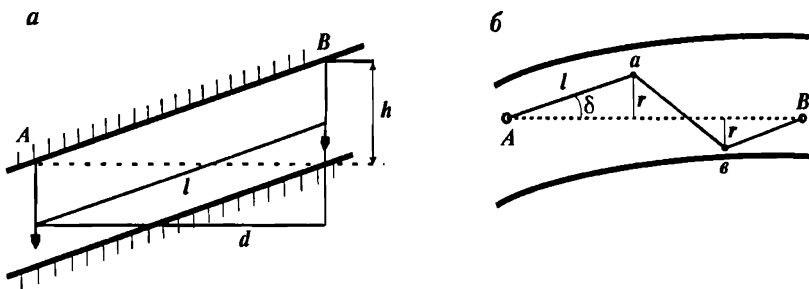


Рис. 3.8. Определение поправок за наклон линии

$$\Delta l_n = -\frac{h^2}{2l}. \quad (3.34)$$

Поправку вводят, если  $\delta > 1^\circ$ .

Поправка за провешивание линии.

Выставленные промежуточные отвесы  $a$ ,  $b$ , "на глаз" могут отклоняться от створа в ту или иную сторону на величину  $r$  (рис. 3.8, б). В результате длину линии измеряют не по прямой, а по ломаной линии. Поправку по этому фактору вычисляют по формуле

$$\Delta l_r = -\frac{r^2}{2l}. \quad (3.35)$$

Этой поправкой обычно пренебрегают, поскольку выставление промежуточных точек производят при помощи зрительной трубы теодолита и при этом в сторону теодолита.

Отклонение  $r$  промежуточных отвесов от створа не должно быть более 10 см.

Кроме указанных погрешностей и поправок, связанных с ними, могут быть погрешности за счет взятия отсчетов по рулетке, совмещения рулетки с отвесом и др., но они малы, и ими пренебрегают.

При измерении длин сторон в подземных полигонах рулетками следует учитывать следующие основные четыре поправки:

- 1) за компарирование рулетки –  $\Delta l_k$ ;
- 2) за температуру –  $\Delta l_t$ ;
- 3) за провес рулетки –  $\Delta l_f$ ;

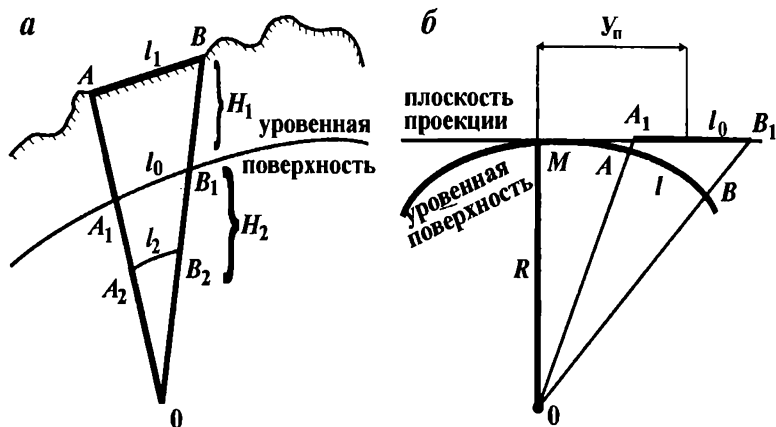


Рис. 3.9. Определение поправок за приведение длины сторон к уровню моря и плоскости проекции

4) за наклон линии –  $\Delta l_n$ .

Кроме указанных обязательных поправок в отдельных условиях необходимо учитывать еще две поправки: за приведение длины стороны к уровню моря и плоскости проекции.

Поправку за приведение длин сторон к уровню моря (горизонту) вводят при съемках в гористой местности или ниже уровенной поверхности (рис. 3.9, а).

Планы горных работ и земной поверхности составляют в плоскости горизонта (уровенной поверхности), а измерения ведут значительно выше  $l_1$  или ниже его  $l_2$ .

Поэтому измеренная длина линии  $l$  в первом случае будет всегда больше  $l_0$ , а во втором – меньше  $l_0$ .

Поправку вычисляют по формуле

$$\Delta l_{y.m} = \mp \frac{H}{R} l, \quad (3.36)$$

где  $H$  – высота места съемки относительно уровня моря;  $R$  – радиус Земли ( $R \sim 6371$  км);  $l$  – измеренная длина.

Поправку вводят при  $H > 600$  м со знаком (–) в первом случае и со знаком (+) – во втором при  $l_2 < l_0$ , т.е. ее вводят со знаком, противоположным знаку абсолютной отметки.

Поправка за приведение длины линии к плоскости проекции.

Плоскость проекции, на которой составляют план, касается осевого меридиана зоны в точке  $M$ . Искажение здесь равно нулю (рис. 3.9, б).

К краям зоны расхождение между линией  $l$ , измеренной на поверхности Земли (или в горных выработках), и ее проекцией  $l_0$  на плоскость увеличивается. Поправку за приведение  $l$  к плоскости проекции вычисляют по формуле

$$\Delta l_{\text{пл.пр}} = \frac{y_n^2}{2R^2} l, \quad (3.37)$$

где  $Y_n$  – ордината середины измеренной линии.

Эту поправку учитывают со знаком плюс, если  $Y_n > 90$  км.



## 4. ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ НЕДР

### ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем изложить сущность маркшейдерских работ, указанных в названии главы, необходимо привести значения ряда терминов, используемых в инструктивных и нормативных документах, в соответствии с которыми и выполняются эти работы

**1. Полезные ископаемые** – минеральные образования земной коры, химический состав и физические свойства которых позволяют эффективно использовать их в сфере материального производства.

**2. Минеральное сырье** – полезные ископаемые, вовлеченные (учтенные или используемые) в сферу общественного производства.

**3. Руда** – природное минеральное образование, содержащее какой-либо металл или несколько металлов в концентрациях, при которых экономически целесообразно их извлечение. Термин "руда" иногда применяется и к ряду неметаллических полезных ископаемых.

**4. Горная масса** – полезное ископаемое и порода (как в смешанном виде, так и в раздельном), получаемые в результате разработки месторождения.

**5. Концентрат** – продукт обогащения полезных ископаемых, в котором содержание ценных минералов выше, чем в исходном сырье.

**6. Передел** – стадии переработки минерального сырья, представляющие собой самостоятельные технологические процессы. Так, при переработке железной руды первой стадией является обогащение руды – получение концентратов, окатышей, второй стадией – выплавка чугуна, третьей – стали, соответственно первым товарным продуктом является концентрат, окатыши, вторым – чугун, третьим – сталь.

**7. Добыча полезного ископаемого** – совокупность технологических процессов по извлечению полезного ископаемого из недр. К добыче относится все количество полезного ископаемого, выданного из недр на поверхность при подземном способе разработки месторождения, вывезенного из карьера – на открытых горных работах, но без учета пород, разубоживающих полезное ископаемое, если они не были включены в подсчет балансовых запасов.

**8. Разубоживание** – изменение (снижение) содержания полезных компонентов в добытом из недр полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в запасах в недрах вследствие примешивания к ним пород в технологическом процессе добычи полезного ископаемого.

**9. Засорение полезного ископаемого при добыче** – вовлечение в добываемое полезное ископаемое некондиционных полезных ископаемых и пустых пород, не включенных в контуры подсчета балансовых запасов.

**10. Потери полезного ископаемого при добыче** – это часть балансовых запасов полезного ископаемого, не извлеченная из недр при разработке месторождения, добытая и направленная в породные отвалы, оставленная (потерянная) в местах складирования, погрузки и на транспортных путях технологического цикла горного производства, а также потери попутного (растворенного) газа при добыче нефти.

**11. Общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери** – запасы полезных ископаемых в охранных целиках, оставленных для безопасного ведения горных работ вблизи геологических нарушений, под водоемами, площадями застройки, в зонах отчуждения железных и автодорог, нефтегазопроводов, высоковольтных линий электропередачи, и других целиках специального назначения, отработка которых проектом не предусмотрена.

**12. Эксплуатационные потери при добыче** – потери при добыче полезного ископаемого в массиве (в недрах) и потери отделенных (отбитых) от массива полезных ископаемых, связанные с системой разработки и применяемой технологией добычи, образующиеся непосредственно в технологическом процессе добычи.

**13. Нормативные потери при добыче** – эксплуатационные потери полезных ископаемых при добыче, уровень которых обосно-

ван при современном состоянии горной техники и технологии для определенных горно-геологических условий разработки месторождения.

**14. Выемочная единица** – участок месторождения полезного ископаемого с относительно однородными горно-геологическими условиями, отработка которого осуществляется одной системой разработки и технологической схемой выемки (карьер, уступ карьера – в контуре годовой отработки, блок эксплуатационный или геологический, камера, панель, лава и т.п.), в пределах которого с достаточной достоверностью подсчитаны балансовые запасы полезного ископаемого и возможен первичный учет полноты извлечения из недр полезного ископаемого.

**15. Потери при добыче фактические** – потери полезного ископаемого, определенные маркшейдерской и геологической службами горного предприятия прямым методом по месту образования этих потерь или косвенным (расчетным) методом.

**16. Погашенные запасы** – сумма объемов добытого из недр и потерянного при добыче полезного ископаемого.

**17. Сверхнормативные потери** – превышение фактических потерь над нормативными потерями полезного ископаемого при добыче, определенные по выемочной единице.

**18. Технологические потери полезного ископаемого** – потери полезного ископаемого (полезного компонента), образующиеся при обогащении добытой горной массы, в эксплуатационные потери и в погашенные запасы не включаются и при расчете платежей за пользование недрами учитываться не должны.

**19. Книжный остаток** – количество полезного ископаемого, которое числится на складе по данным бухгалтерского учета.

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

**21. Склад** – один или несколько отвалов добытого полезного ископаемого, готовой продукции, дробленого полезного ископаемого и других материалов, расположенных на специально подготовленной территории (открытые склады) или в специальных помещениях (закрытые склады).

## 4.1. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ОБЪЕМОВ ВЫПОЛНЕННЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Объемы выполненных горных работ на горном предприятии за отчетный период времени устанавливаются маркшейдерской службой предприятия при производстве маркшейдерских замеров. Замеры горных работ производятся в установленные сроки в присутствии начальника участка или лица, его замещающего. Перед каждым замером начальник участка обязан привести горные выработки в безопасное состояние. Запрещается производить маркшейдерские замеры в условиях, не отвечающих правилам техники безопасности.

В результате этих замеров определяются:

- фактическое положение горных работ на конец отчетного периода;
- объемы выполненных горных работ по выработкам, экскаваторам, горизонтам и в целом по шахте (руднику) и карьере (разрезу);
- наличие остатков полезного ископаемого на складе;
- распределение выполненных объемов по видам работ;
- соответствие выполненных горных работ утвержденной технической документации и плану развития горных работ.

Все измерения, произведенные на месте работ, с отметкой соответствия их вышеупомянутым документам заносятся в полевую книгу замеров. При этом отмечаются забракованные работы. Материалы замеров подписываются лицом, производившим замер. Полевая книга замеров является основным первичным документом, ее заполнение должно быть четким без подчисток, с обязательным ведением необходимой графической документации. Записи должны вестись таким образом, чтобы была возможность проконтролировать результаты замеров.

По результатам маркшейдерского замера заполняются книги замеров горных работ, учета забракованных горных работ, замеров остатков полезного ископаемого на складах и объема закладочных работ и незаложенных пустот (если эти работы производились).

Документация по замерам учитывается в инвентарной книге маркшейдерского отдела и хранится в установленном порядке.

Полевая, вычислительная, графическая документация и точность измерений должны соответствовать требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Если дата маркшейдерского замера не совпадает с концом отчетного периода, то объемы добычи вскрыши, проходческих и других работ за период между датой замера и концом отчетного периода принимаются на основании справок, выданных за подписью лиц, ответственных за оперативный учет, в объемах, не превышающих среднесуточного планового производства текущего месяца. В случае превышения в эти дни фактического суточного производства над плановым более чем на 20 % для подтверждения данных создается специальная комиссия, которая составляет соответствующий акт.

Маркшейдерские замеры остатков продукции на складах в конце отчетного месяца производятся не раньше чем за два дня до его окончания.

Маркшейдерская служба горного предприятия несет ответственность за достоверность определения объемов выполненных горных работ и остатков полезного ископаемого на день замера, за точность съемок и замеров, за правильность контроля соответствия геометрических параметров горных выработок их проектным данным в части соблюдения направлений, сечений и габаритов, за качество и своевременность ведения маркшейдерской документации.

#### **4.1.1. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ И ВСКРЫШИ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ**

**М**аркшейдерские работы по определению объемов добычи и вскрыши на карьерах и угольных разрезах (далее везде будет употребляться термин "карьер") производятся, как правило, за 3–5 дней до конца месяца. Замеру подлежит горная масса (полезное ископаемое и вскрышные породы), вынутая и вывезенная из карьера за месяц.

Эти работы регламентируются Инструкцией по производству маркшейдерских работ (утверждена Госгортехнадзором СССР 20 февраля 1985 г.), Межотраслевой инструкцией по определению и контролю добычи и вскрыши, Методическими указаниями по определению объемов вскрыши, перезекскавации и перемещения земляных масс и пород при рекультивации (1990 г.) и другими нормативными документами. На основании этих материалов в отдельных горно-добывающих отраслях разработаны свои инструктивные документы, учитывающие специфику горно-геологических условий

на подведомственных предприятиях. Кроме того, некоторые крупные предприятия с открытым способом добычи утвердили стандарты предприятия, детализирующие порядок маркшейдерских замеров и контроля горных работ.

Объемы вынутых горных пород по данным маркшейдерской съемки определяют способами вертикальных и горизонтальных сечений и другими способами, обеспечивающими необходимую точность результата.

Способы определения объемов выемки горной массы приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Способ определения объемов	Формулы подсчета	Параметры	Рисунки	Область применения
Вертикальные сечения	Параллельные $V = \sum_{i=1}^n V_i$ При $S_i, S_{i+1}$ , отличающихся не более чем на 40 %, $V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} a_i$ При $S_i, S_{i+1}$ , отличающихся более чем на 40 %, $V_i = \frac{S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i + S_{i+1}}}{3} a_i$ Для крайних блоков $V_i = \frac{S_{i+1}}{3} a_{i+1}$	$V_i$ – объем между смежными сечениями $S$ – площадь сечения $a$ – расстояние между смежными сечениями $\alpha$ – угол между сечениями $y_c$ – ордината центра тяжести		Определение объемов заходок и выемочных блоков с вытянутыми и примерно параллельными контурами
	Непараллельные $V_i = \frac{\alpha}{6} \left[ y_{c_i} (2S_i + S_{i+1}) + y_{c_{i+1}} (2S_{i+1} + S_i) \right]$			

Способ определения объемов	Формулы подсчета	Параметры	Рисунки	Область применения
Горизонтальные сечения	$V = \sum_{i=1}^n V_i$ <p>При <math>S_i, S_{i+1}</math>, отличающихся не более чем на 40 %,         <math display="block">V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} h_i.</math>         При <math>S_i, S_{i+1}</math>, отличающихся более чем на 40 %,         <math display="block">V_i = \frac{S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i + S_{i+1}}}{3} h_i</math></p>	$V_i$ – объем между смежными сечениями $S$ – площадь сечения $h$ – высота сечения		Определение объемов при изображении рельефа горизонталями
Трехгранные призмы	$V = \sum_{i=1}^n V_{Bi} - \sum_{j=1}^k V_{Hj}$ <p>значения <math>V_{Bi}</math> и <math>V_{Hj}</math> определяют по формуле         <math display="block">V_{в,н} = \frac{1}{3} S (Z_A + Z_B + Z_C).</math>         Основанием каждой призмы служит треугольник, в котором относительно исходной стороны <math>AB</math> выбирают пикетную точку <math>C_i</math> при условии <math>y_0 = \max(y_{0i})</math>, где <math>y_{0i}</math> – ордината центра описанной окружности треугольника <math>ABC_i</math></p>	$V_{в}, V_{н}$ – объемы трехгранных призм, построенных независимо для верхней и нижней поверхностей тела в границах выемки $n, k$ – число призм, сформированных на верхней и нижней поверхностях соответственно $S$ – площадь основания призмы		Определение объемов при изображении рельефа в проекции с числовыми отметками

Способ определения объемов	Формулы подсчета	Параметры	Рисунки	Область применения
Трехгранные призмы		$Z_A, Z_B, Z_C$ – высотные отметки вершин призмы $AB$ – отрезок контура или сторона построенного треугольника		
Объемная палетка	$V = S \sum_{i=1}^n h_i$	$S$ – площадь прямоугольника $h$ – высота вынимаемого слоя $n$ – число точек в границах выемки		Определение объемов при изображении поверхности в числовых отметках по прямоугольной сетке или при равнинном рельефе, изображенном в горизонталях

При подсчете вынутых объемов горной массы возникает задача сопоставления объемов разрыхленных пород и объемов пород в целике, по которым собственно и ведется учет. С этой целью производится определение коэффициента разрыхления. Он определяется на каждом блоке сразу после взрыва и зачистки блока. Отношение объема разрыхленной массы к объему блока в целике и является коэффициентом разрыхления.

Горная масса замеряется и подсчитывается по каждому блоку. Распределение объемов по экскаваторам (если на блоке работал не один экскаватор) производит начальник участка пропорционально объемам, определенным по данным оперативного учета.



Поскольку дата маркшейдерской съемки не совпадает с концом отчетного периода, то объем горной массы, вынудой за месяц,  $m^3$ , обычно определяется по формуле

$$V = V_m + V_k - V_n, \quad (4.1)$$

где  $V_m$  – объем пород, вынутых за период между съемками за предыдущий и отчетный месяцы,  $m^3$ ;  $V_k$ ,  $V_n$  – объем пород, вынутый между съемкой и концом отчетного периода в текущем и предыдущем месяцах соответственно,  $m^3$ .

В забоях, где выемка породы производится без взрывных работ (например, в песчано-глинистых породах) или со взрывными работами, но забои на момент съемки зачищаются, замером определяется вынутый объем непосредственно по результатам съемки.

Проверку достоверности отчетных данных по вскрыше и добыче выполняют один раз в год контрольным подсчетом объемов по карьеру.

Если для месячных отчетов принимают данные оперативного учета, то для проверки их достоверности дополнительно выполняют контрольный подсчет объемов, руководствуясь следующими положениями:

- при разработке пород с предварительным взрыванием на зачищенный откос уступа, если взорванные породы отгружают больше чем за месяц, контрольный подсчет объема вынутых пород выполняют по блокам после завершения отгрузки пород;
- при разработке пород с предварительным взрыванием на неубранную горную массу, если взорванные породы отгружают больше чем за месяц, контрольный подсчет объема вынутых пород проводят за период между двумя съемками, выполненными перед каждым очередным взрывом.

Контрольный подсчет объемов выполняют по планам горных выработок и разрезам, пополненным на конец отчетного периода.

Расхождения между объемом, принятым к учету за год, и объемом по контрольному подсчету не должны превышать значений, приведенных ниже.

Объемы вынутых пород, тыс. $m^3$ ...	До 20	20–50	50–100	100–200
Допустимая относительная разность объемов вынутых пород при контрольном подсчете, % .....	15	12	9	6

Объемы вынутых пород, тыс. м <sup>3</sup> ....	200–	500–	1000–	Более
	500	1000	2000	2000
Допустимая относительная раз- ность объемов вынутых пород при контрольном подсчете, % .....	4	3	2	1,5

Если объемы вынутых пород вскрыши определяют по маркшейдерской съемке в разрыхленном состоянии, а затем приводят к объемам в целике, то приведенные значения увеличивают в 1,5 раза.

#### 4.1.2. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ОБЪЕМОВ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**О**бъемы выполненных горных работ за соответствующий отчетный период определяют по результатам замеров и съемок положений забоев горных выработок и их состояния, отражаемых в маркшейдерской документации (на планах, вертикальных разрезах, книгах замеров и т.п.).

Замеру подлежат все камерные и линейные, капитальные, разведочные, подготовительные, нарезные и очистные выработки, а также временное и постоянное их крепление, капитальные железнодорожные пути в них.

При производстве замера капитальных, разведочных, подготовительных и нарезных выработок проверяют:

- выдержанность выработок по направлению и уклону;
- соответствие фактического сечения выработок в проходке и в свету проектным (паспортным) данным;
- соблюдение установленных допусков на отставание от забоя крепи и водоотливной канавы.

Замеры производят линейным промером расстояний стальной или тесьмянной рулеткой от постоянных маркшейдерских и от замерных точек (углов стенок в местах пересечения выработок или других характерных мест на стенках и крепи выработок, отмечаемых в натуре специальными знаками) до забоя выработки. По этим промерам определяют подвигание забоя за соответствующий период.

При приемке железнодорожных капитальных путей в выработках проверяются:

- положение фактической оси пути относительно проектной, закрепленной маркшейдерскими точками;

- соответствие фактических уклонов проектным.

Укладка временных путей в горных выработках маркшейдерской службой, как правило, не замеряется, однако при замерах в горных выработках, в которых уложены временные пути, должно быть проверено соответствие фактических зазоров и высотного положения путей требованиям инструкций.

**Замеру подлежат все виды крепи выработок**, включая временное крепление, при этом в акте замера выделяется каждый вид крепи по каждой выработке. При замере крепления маркшейдер проверяет соответствие фактических геометрических параметров крепления паспортным (проектным), а также положение крепления относительно оси выработки в плане и по высоте.

**Замер взрывных скважин** производится маркшейдером в течение месяца по мере готовности скважин. При замере проверяется расстояние между веерами (привязывается каждый веер к съемочным маркшейдерским точкам), глубина и угол наклона каждой скважины. Угол разворота скважин проверяется при необходимости в выборочном порядке.

Методика маркшейдерских работ, связанных с определением объемов добытого полезного ископаемого, зависит от применяемой системы разработки.

Замер границ очистных работ при системах с открытым выработанным пространством (камерные системы) с различными способами отбойки производится обычным измерением рулеткой с привязкой к постоянным или временным маркшейдерским точкам. Съёмка очистных камер может производиться с помощью специальных инструментов и приборов.

Контурные точки забоя определяются со средней квадратичной ошибкой 0,15–0,25 м.

При системах разработки с этажным и подэтажным обрушением с отбойкой руды глубокими скважинами или минными зарядами очистное пространство съемке и замеру не подлежит, а объем отбитой руды определяется косвенным способом по контурам на планах и разрезах, построенных на основании результатов съемки и замера взрывных скважин или минных зарядов.

**Приемка объемов отбойки руды и вмещающих пород массовыми взрывами** производится на основе акта, утвержденного руководителем предприятия. Акт составляется через несколько дней после взрыва. Во время осмотра маркшейдер должен привязать

зять фактические границы отбойки (обрушения) к съемочным маркшейдерским точкам в буровых, подсечных и других выработках и затем нанести их на соответствующие планы и разрезы. Доступ для осмотра разрешается после приведения выработок в безопасное состояние. В случае отсутствия доступа к границам обрушения для их привязки за фактические границы отбойки секции принимается положение последнего веера (ряда) взрывных скважин, заснятых до массового взрыва. Объем отбойки подсчитывается по маркшейдерским планам и разрезам.

Количество добытой руды за отчетный период в целом по шахте (руднику) определяется по данным весового учета отгрузки ее потребителю с учетом остатков руды на складах (бункерах) на начало и конец отчетного периода, подтвержденных актом о наличии остатков на складе.

Учет добытой руды отдельно по камерам, блокам, участкам и в целом по шахте (руднику) ведется на основе весового учета руды в вагонетках. На шахтах (рудниках), не имеющих весов, количество добытой руды определяется путем оперативного учета.

**Объем закладочных работ** устанавливается по объему выработанного пространства с учетом определяемого из контрольно-смотровых выработок уровня закладки на конец отчетного периода. При маркшейдерском замере работ, связанных с закладкой выработанного пространства, маркшейдерская служба несет ответственность за достоверность определения геометрических параметров выработанного пространства, подлежащего закладке, за определение объемов закладочных работ, выполненных за отчетный период, и объем оставшихся незаложенных пустот при наличии контрольно-смотровых выработок.

Все предъявляемые к замеру горные выработки должны быть зачищены, обезопасены, освещены, подготовлены для беспрепятственной проверки их направления, уклонов, сечения, зазоров, должен быть обеспечен безопасный доступ к ним.

Выработки, технология проходки которых не позволяет производить замеры по всем сечениям или по всей высоте (например, проходка камер большей площади сечения и др.), должны предъявляться к маркшейдерским замерам с такой периодичностью, чтобы обеспечить полный контроль всей выработки.

#### 4.1.3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА СКЛАДАХ

Для определения объемов добычи полезных ископаемых за отчетный период производят ежемесячно (желательно в один и тот же день) замер полезного ископаемого в бункерах, штабелях и отвалах.

Замер в бункерах с известной емкостью заключается в определении части (в процентах) загрузки бункера.

Определение объемов штабелей (отвалов) производят по данным наиболее приемлемого способа съемки: рулеточного замера, способа профилей, тахеометрической или мензульной съемки.

Для ПЭВМ разработана программа определения объемов и автоматического построения планов крупных складов и отвалов по результатам тахеометрической съемки, которая полностью автоматизирует камеральные работы маркшейдера.

Съемку штабеля производят рулеточными замерами по сечениям. Объем штабеля вычисляют методом параллельных сечений:

$$V = h \left( \frac{S_1 + S_2}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} S_i \right). \quad (4.2)$$

Объем высокого отвала определяют по изолиниям высот отвала. Последние строят по данным тахеометрической съемки на плане в крупном масштабе (1:200 – 1:500). Объем определяют объемной палеткой Соболевского:

$$V = \omega \sum m_i, \quad (4.3)$$

где  $\omega$  – площадь основания палетки в масштабе плана;  $m_i$  – отметка высоты (мощности) отвала в точке палетки, определяемая по изолиниям высот.

Объем невысокого отвала определяют нивелированием поверхности отвала по линиям или сетке. Нивелир устанавливают на поверхности отвала. Рейку ставят по линии (например, IV) в характерных точках профиля. По разности отсчетов по рейке, удаление которой от точки (например, 1, 2, 3 и пр.) измеряют рейкой или рулеткой, строят профиль в крупном масштабе. Определяют площади сечений, вычисляют объем отвала по формуле параллельных сечений.

Определение объемов выполненных работ по данным замеров и маркшейдерских съемок в настоящее время производят с использованием компьютерных съемок.

Для вычисления запасов полезного ископаемого помимо объема необходимо определить объемную массу как в целике, так и на складе.

### **Определение объемной массы полезного ископаемого**

Объемную массу полезного ископаемого в целике определяют способом пробной вырубki, путем лабораторных определений и аналитического подсчета.

*Способ пробной вырубki.* В забое без применения ВВ производят выемку полезного ископаемого в виде правильной геометрической фигуры объемом 2–5 м<sup>3</sup>. Вырубленную массу взвешивают. Получают объемную массу  $\gamma$ , т/м<sup>3</sup>. Погрешность определения  $\gamma$  пробной вырубкой составляет 2–4 %.

*Лабораторное определение объемной массы полезного ископаемого* по методу гидростатического взвешивания. Образцы полезного ископаемого массой 200–400 г очищают щеткой от пыли и взвешивают на технических весах с точностью 1 г. Затем образцы помещают в сосуд с водой и кипятят. Насыщенные водой образцы обтирают и снова взвешивают с точностью до 0,1 г. Далее образцы взвешивают с точностью до 0,1 г в воде на гидростатических весах.

Объемную массу образца определяют по формуле

$$\gamma = \frac{P_1}{P_3 - P_2}, \quad (4.4)$$

где  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  – масса образцов соответственно до насыщения водой, после насыщения водой и в воде.

Точность определения объемной массы лабораторным методом 2 %.

*Аналитическое определение объемной массы полезного ископаемого.* Объемную массу вычисляют на основе установленной корреляции объемной массы и известного содержания тех или иных компонентов.

### **Определение объемной массы полезного ископаемого в штабелях (отвалах)**

Значение объемной массы полезного ископаемого в штабелях (отвалах) зависит от качественного состава полезного ископаемого

(например, от зольности угля), его плотности, содержания в нем примесей (породы), крупности кусков (степени разрыхления), влажности и степени уплотнения, длительности содержания в отвалах. Объемную массу полезного ископаемого в отвалах определяют: замером объема и взвешиванием полезного ископаемого небольших штабелей; замером объема и взвешиванием полезного ископаемого, погруженного в железнодорожный вагон; способом пробной вырубki, закладкой ящиков определенных размеров в отвал с последующим взвешиванием заполнившего их полезного ископаемого; взвешиванием полезного ископаемого, насыпанного в ящик правильной формы и определенного объема.

Последний из перечисленных способов дает наиболее удовлетворительные результаты определений объемной массы при условии, что полезное ископаемое – сухое измельченное. При этом вводят поправку  $\Delta R$  за уплотнение его в отвале. Значения поправки  $\Delta R$  при продолжительности хранения угля в отвале при сухой погоде: до 1 мес. – 0,02; до 2 мес. – 0,03; до 6 мес. – 0,04; свыше 1 года – 0,08.

При хранении угля в дождливую погоду поправку  $\Delta R$  принимают соответственно 0,04; 0,05; 0,06; 0,08. В ящик засыпают уголь, отбираемый из точек, равномерно распределенных на глубине 0,5–1 м от поверхности штабеля (отвала). Размер ящика принимается для рядового угля  $1 \times 1 \times 1$  м, а для крупного –  $2 \times 2 \times 1$  м. Для каждой разновидности угля производят несколько определений объемной массы. Для различных классов крупности и зольности антрацитов, бурых и каменных углей объемную массу определяют раздельно. Погрешность определения объемной массы в отвалах и штабелях составляет 2–3 %.

## 4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УЧЕТ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ

**О**пределение величины потерь и разубоживания полезных ископаемых и их учет при добыче традиционно проводится в основном с целью выявления мест потерь, определения сверхнормативных потерь, причин их образования, разработки конкретных мероприятий по их оптимизации, а также для решения вопросов, связанных с извлечением ранее потерянных запасов при повторной разработке месторождения (участка).

При введении платежей за право добычи полезных ископаемых определение и учет величины нормативных и сверхнормативных потерь стали необходимыми при расчете размеров платежей горного предприятия за пользование недрами.

В "Типовых методических указаниях по определению и учету потерь твердых полезных ископаемых при добыче", утвержденных Госгортехнадзором СССР 28 марта 1972 г., содержится "Единая классификация потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений", которая является основой для:

- единообразного учета потерь полезных ископаемых по видам в процессе разработки месторождения;
- контроля за полнотой извлечения полезного ископаемого из недр на различных стадиях технологического процесса добычи;
- решения практических задач по рациональному использованию минеральных ресурсов и охране недр.

Данная классификация является единой для всех отраслей горно-добывающей промышленности и была использована при составлении отраслевых классификаций, в которых учитывается специфика горных работ, присущая данной отрасли.

В соответствии с "Единой классификацией..." потери твердых полезных ископаемых при разработке месторождений разделены на два класса: общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери и эксплуатационные потери.

К первому классу отнесены запасы полезных ископаемых в различного рода охранных целиках, которые оставляются в недрах после погашения горизонта, участка или ликвидации горнодобывающего предприятия и безвозвратно теряются. До этого они должны находиться на учете как временно неактивные запасы. Если охранные целики являются временными и проектом предусмотрена полная или частичная их отработка, запасы в них не относятся к потерям и числятся как временно неактивные. Потери, отнесенные к первому классу, исчисляются в весовых единицах и в процентах от общих балансовых запасов горного предприятия.

Ко второму классу отнесены потери при добыче полезных ископаемых, которые также исчисляются в весовых единицах и в процентах по отношению к погашаемым балансовым запасам. Потери этого класса разделены на две группы. К первой отнесены потери



полезного ископаемого в массиве, ко второй – потери отделенного (отбитого) от массива полезного ископаемого.

В первую группу входят потери:

- в недоработанной части целиков у подготовительных выработок;
- в целиках внутри выемочного участка;
- в лежащем и висячем боках залежи;
- в местах выклинивания и на флангах залежи;
- между выемочными слоями;
- в подработанных частях залежи;
- в целиках пожарных, затопленных, заваленных участков;
- в целиках у геологических нарушений.

Во вторую группу включены потери:

- в подготовительных и очистных забоях при совместной выемке и смешивании с вмещающими породами;
- оставленные в выработанном пространстве;
- в местах обрушений, в завалах, в пожарных и затопленных участках;
- в местах погрузки, разгрузки, складирования, сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

Определение, учет и оценку достоверности показателей полноты и качества извлечения, а также потерь твердых полезных ископаемых при добыче осуществляют маркшейдерская и геологическая службы горных предприятий с привлечением при необходимости других подразделений и служб.

"Типовыми методическими указаниями..." предусмотрены два основных метода определения потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче: прямой и косвенный.

**Прямой метод** основывается на непосредственном измерении объемов потерянных полезных ископаемых и примешанных пустых пород, определении их плотности и опробовании качества потерянных полезных ископаемых.

Этот метод является основным, поскольку обеспечивает наибольшую достоверность определения потерь и разубоживания полезного ископаемого. Его применяют при системах разработки, позволяющих производить съемку и замеры в отработанных выемочных единицах. Сущность этого метода заключается в систематически производимых съемках и замерах объемов потерь полезно-

го ископаемого и объемов примешиваемых пород, составлении контуров тел полезного ископаемых, отображаемых на геолого-маркшейдерских планах и разрезах, с контурами фактической отработки. Объем потерянной части полезного ископаемого устанавливают по замеру и опробованию пройденных на контакте горных выработок, шпуров и скважин.

Например, величина потерь полезного ископаемого в целике определяется как произведение средней площади сечения целика, средней высоты целика и плотности полезного ископаемого.

Потери руды  $P_p$ , полезного компонента  $P_k$  и разубоживания  $P$  от количества погашенных запасов  $B$  и добытой рудной массы  $D$  при прямом методе определяют по формулам

$$P_p = \frac{\sum P_i}{B} 100 \% ; \quad (4.5)$$

$$P_k = \frac{\sum P_i c_i}{B c} 100 \% ; \quad (4.6)$$

$$P = \frac{\sum B_i}{D} 100 \% . \quad (4.7)$$

В этих формулах  $\sum P_i$  – сумма отдельных видов потерь;  $c$  – содержание полезного компонента в погашенных запасах;  $c_i$  – содержание полезного компонента в каждом виде потерянной руды;  $B$  – масса примешиваемых пород.

При косвенном методе количество потерянного полезного ископаемого определяется расчетным путем с использованием качественных и количественных показателей погашенных запасов и добытого полезного ископаемого.

Величина потерь в этом случае определяется из выражения

$$P = B - \frac{D(a-b)}{B(c-b)}, \quad (4.8)$$

где  $B$  – балансовые запасы, т;  $D$  – добытое из недр полезное ископаемое, т;  $a$  – содержание полезного компонента в добытом полезном ископаемом;  $b$  – содержание полезного компонента в примешанных породах;  $c$  – содержание полезного компонента в балансовых запасах.

Величина разубоживания  $P$  устанавливается по снижению содержания полезного компонента в добытом полезном ископаемом  $a$  по сравнению с содержанием  $c$  в погашенных балансовых запасах.

$$P = (c - a) / (c - b). \quad (4.9)$$

Общий порядок учета и документирования потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче на горных предприятиях регламентируется "Типовыми методическими указаниями" и отраслевыми инструкциями. В соответствии с данными документами основные требования к учету потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче сводятся к следующему.

Учет потерь и разубоживания полезных ископаемых должен отражать конкретные места их образования, состояние и фактическое качество потерянного полезного ископаемого, стадию производственного процесса, на которой образовались потери и причины отклонения фактического размера потерь от нормативного. Причины отклонения должны устанавливаться техническим руководством горного предприятия и его геолого-маркшейдерской службой.

Различают первичный и сводный учет потерь полезного ископаемого.

**Первичный учет** включает ведение книги подсчета размеров потерь и количества примешанных пустых пород и книги первичного учета фактических потерь и разубоживания. Обязательным приложением к книгам первичного учета потерь являются маркшейдерская и геологическая графическая документация.

Книги учета потерь заполняются ежемесячно не позднее 10-го числа месяца, следующего за отчетным. Порядок заполнения книг излагается ниже.

Порядок заполнения "Книги подсчета размеров потерь и количества примешиваемых пустых пород" (табл. 4.2) устанавливается для каждого карьера, рудника, шахты отдельно и ведется в течение всего периода его существования. В ней по материалам маркшейдерской и геологической съемок и опробования ведется непосредственный расчет размеров потерь полезного ископаемого и потерь полезного компонента в массиве и в отбитом состоянии, а также количества примешанных к полезному ископаемому пустых пород или некондиционных полезных ископаемых. Во избежание пропусков книга заполняется постоянно по мере образования данного вида потерь или примешивания пустых пород.

В графе 1 указывается место, где образовались потери или примешались пустые породы. В случае необходимости указывается, в пределах какой добычной заходки и в пределах каких пикетов находится данная подсчетная фигура.

В графе 2 указывается вид потерь или разубоживания согласно рассмотренной выше классификации.

В графе 3 ставится номер подсчетной фигуры, для которой производится подсчет потерь или примешанных пустых пород. Этот же номер должен быть проставлен на плане подсчета потерь и прилагаемых к книгам разрезах. Во избежание путаницы целесообразно принять сквозную нумерацию фигур.

Площадь в графах 4 и 9 определяется по маркшейдерской съемке потерянных запасов или по геологическим разрезам (фронтальным планам).

Таблица 4.2

**Книга подсчета размеров потерь и количества примешанных пустых пород**

Уступ, горизонт, блок	Вид потерь (разубоживания)	Номер подсчетной фигуры	Потери полезного ископаемого				
			Площадь, м <sup>2</sup>	Средняя мощность, м	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Среднее содержание, %	Потери полезного ископаемого, т
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание табл. 4.2

Уступ, горизонт, блок	Вид потерь (разубоживания)	Номер подсчетной фигуры	Примешанные пустые породы (некондиционное полезное ископаемое)				
			Площадь, м <sup>2</sup>	Средняя мощность, м	Плотность пород, т/м <sup>3</sup>	Среднее содержание полезного ископаемого в примешанной массе, %	Масса примешанных пород, т
1	2	3	9	10	11	12	13

## Книга первичного учета фактических потерь и разубоживания

Карьер, рудник	Блок, горизонт, уступ	Фактические эксплуатационные потери полезного ископаемого, тыс. т. полезного компонента													
		В массиве						отбитого						всего	
		В почве (лежащем боку)	В местах вклинивания залежи	В целиках у геологических нарушений	В пожарных, затопленных и заваленных участках	В кровле (висячем боку)	При селективной выемке	При перезкскавации	При буровзрывных работах	При транспортировании и на складах	В пожарных, затопленных и заваленных участках	В результате окисления	Количество	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

Продолжение табл. 4.3

Плановые эксплуатационные потери, %	Общекарьерные потери		Разубоживание		
	Количество пустых пород, тыс. т	%	Фактическое		Плановое, %
			Количество пустых пород, тыс. т	%	
16	17	18	19	20	21

Окончание табл. 4.3

Извлечено (добыто)		Погашено запасов		Коэффициент извлечения $K_n$		Коэффициент изменения качества $K_k$	
Количество, тыс. т	Среднее содержание полезного компонента, тыс. т	Количество, тыс. т	Среднее содержание полезного компонента, тыс. т	Плановый, %	Фактический, %	Плановый, %	Фактический, %

В графе 5 приводится средняя мощность теряемых запасов в фигуре, которая определяется по данным бурения. Аналогично определяется средняя мощность в графе 10.

Плотность полезного ископаемого (графа 6) и плотность примешиваемых пустых пород (графа 11) определяются по специальным методикам. Плотность полезного ископаемого приводится в сухом состоянии.

Средние содержания полезного компонента в полезном ископаемом и некондиционном полезном ископаемом (графы 7 и 12) определяются по данным опробования.

В графе 8 в числителе проставляются размеры потерь полезного ископаемого, а знаменателе – потери полезного компонента. Потери полезного ископаемого и масса примешанных пустых пород определяются перемножением соответственно данных граф 4–6 и 9–11, а размеры потерь полезного ископаемого – перемножением граф 4–7.

В конце каждого месяца перед заполнением "Книги первичного учета фактических потерь и разубоживания" данные граф 8 и 13 суммируются. Кроме того, ведется сумма нарастающим с начала года итогом.

Данные книги служат исходным материалом для ежемесячного заполнения "Книги первичного учета фактических потерь и разубоживания" (см. табл. 4.3).

"Книга первичного учета фактических потерь и разубоживания" является основным документом, характеризующим использование недр горным предприятием.

В графе 1 приводится название карьера, рудника.

В графе 2 указывается блок, горизонт или уступ, в пределах которого имели место потери и разубоживание.

Данные для граф 3–13 и 19 выбираются из "Книги подсчета ..." (графы 8 и 13). При заполнении граф в числителе указываются потери полезного ископаемого, а в знаменателе – потери полезного компонента. Графа 14 является суммой граф 3–13.

Графа 15: числитель представляет собой отношение графы 14 к графе 24; знаменатель представляет собой отношение графы 14 к произведению графы 24 на графу 25.

Плановые потери (графа 16) берутся из плана развития горных работ за отчетный период.

Предприятие, организация

Адрес \_\_\_\_\_

Организационно-правовая форма \_\_\_\_\_

Форма №70-тп

Отчет об извлечении полезных ископаемых при добыче за \_\_\_\_\_ 200\_\_ год

1	Код по ОКТИ и ПВ																		
2	Полезное ископаемое (сорт, тип, марка), полезный компонент																		
3	Способ разработки																		
4	Единица измерения																		
5	Код по СОЕИ																		
6	Потрачено запасов (г.7 + г.9)																		
7	Добыто (извлечено) из недр																		
8	Потери при добыче	Нормативные																	
9		Фактические																	
10	Извлечено из недр, % (г.7 : г.6) × 100																		
11	Потери при добыче, % (г.9 : г.6) × 100																		
12	Фактически																		
13		В процентах (г.12 × 100) (г.7 + г.12)																	
14	Сверхнормативные потери по полностью отработанным выемочным участкам																		
15	Внесено в бюджет за сверхнормативные потери, тыс. руб. СОЕИ-0372																		

Потери в графе 17 указываются по графе 8 "Книги подсчета ..." в конце отработки залежи, карьерного или рудничного поля.

Данные графы 18 вычисляются из выражения

$$P_k = PC_{\text{п}} : B_{\text{пог}} C, \quad (4.10)$$

где  $P_k$  – коэффициент потерь полезного компонента;  $C_{\text{п}}$  – среднее содержание полезного компонента в потерянном полезном ископаемом;  $B_{\text{пог}}$  – погашенные запасы полезного ископаемого;  $C$  – содержание полезного компонента в балансовых запасах.

Графа 19 – данные выбираются из графы 13 "Книги подсчета ..."

Графа 20 – определяется как отношение графы 19 к графе 22 (в %).

Графа 21 – данные выбираются из плана горных работ за отчетный период.

Графа 22 заполняется по данным маркшейдерской отчетности о добыче полезного ископаемого и полезного компонента за отчетный период.

Среднее содержание полезного компонента в добытой руде (графа 23) проставляется по данным ОТК.

Графа 24: числитель = гр. 22 + гр. 14 + гр. (17–19), знаменатель = гр. 22 + гр. 14 + гр. 17.

При вычислении числителя или знаменателя берутся данные указанных граф соответственно в числителе или знаменателе.

Графа 25 представляет собой отношение знаменателя к числителю гр. 24.

Графа 26 вычисляется по формуле

$$K_{\text{и}} = (D - \epsilon) : B_{\text{пог}}, \quad (4.11)$$

где  $K_{\text{и}}$  – коэффициент извлечения запасов полезного ископаемого из недр;  $D$  – количество полезного ископаемого (совместно с примешанными пустыми породами), извлеченное из недр в определенный промежуток времени;  $\epsilon$  – количество разубоживающих пород в добытом полезном ископаемом;  $B_{\text{пог}}$  – погашенные запасы.

Графа 27 вычисляется из выражения (гр. 22 × гр. 23) : (гр. 24 × гр. 25).

Графа 28 вычисляется по формуле

$$K_{\text{к}} = a : c, \quad (4.12)$$

где  $K_{\text{к}}$  – коэффициент изменения качества полезного ископаемого;  $a$  – содержание полезного компонента в добытом полезном иско-



паемом;  $c$  – содержание полезного компонента в погашенных балансовых запасах.

Графа 29 вычисляется из отношения гр. 23 : гр. 25.

Геолого-маркшейдерская документация при первичном учете потерь включает:

- план потерь неотбитого полезного ископаемого;
- геологические разрезы;
- литологические колонки по скважинам.

Планы потерь неотбитого полезного ископаемого составляются на основании маркшейдерских планов добычных забоев (уступов) в масштабе 1: 1000 – 1: 2000.

На планах показываются:

- контуры погашенных запасов для каждого отчетного периода;
- геолого-разведочные скважины;
- утвержденный контур балансовых запасов полезного ископаемого;
- границы постоянных запасов;
- следы вертикальных разрезов.

Геологические разрезы составляются в масштабах, принятых для вертикальных маркшейдерских разрезов, или крупнее, и по направлению могут совпадать с этими разрезами.

Книги учета потерь и графические приложения к ним (планы потерь и разрезы) хранятся в маркшейдерских отделах горных предприятий наравне с основной маркшейдерской документацией.

**Сводный учет.** Для сводного учета потерь полезных ископаемых горное предприятие составляет ряд статистических форм.

Учет потерь твердых полезных ископаемых и полезных компонентов в зависимости от применяемых систем разработки в соответствии с установленными нормативами ведется по статистической форме отчетности № 70-тп "Отчет об извлечении полезных ископаемых при добыче", в котором отражается и разубоживание полезного ископаемого. Новая форма отчетности № 70-тп утверждена постановлением Госкомстата России 22.06.94 № 82 и приведена в табл. 4.4.

Учет потерь угля ведется по статистической форме отчетности № 11-шрп "Отчет о потерях угля (сланца) в недрах (подземные и открытые работы)".

В отчете по форме № 11-шрп содержатся показатели о погашении запасов угля, потерях по норме и фактически, распределении потерь по видам и системам разработки. В этих формах приводятся также данные о сверхнормативных потерях.

### 4.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И УЧЕТ СОСТОЯНИЯ И ДВИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### 4.3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обеспеченность горного предприятия разведанными запасами полезных ископаемых является одним из важнейших условий его эффективной работы.

При определении подготовленности разведанных месторождений (участков) полезных ископаемых для промышленного освоения и возможности использования данных о запасах руководствуются "Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых". Эта Классификация разработана Государственной Комиссией по запасам (ГКЗ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 февраля 1996 г. № 210 "Об органах, осуществляющих государственную экспертизу запасов полезных ископаемых, геологической, экономической и экологической информации о предоставляемых в пользование участках недр" и утверждена приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997 г. № 40.

Классификация определяет (пункт 1.1) единые для Российской Федерации принципы подсчета, оценки и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в недрах по степени их изученности и экономическому значению.

Государственному учету подлежат (пункт 1.2) выявленные и экономические оцененные запасы полезных ископаемых, количество и качество которых, хозяйственное значение, горно-технические, гидрогеологические, экологические и другие условия добычи подтверждены государственной экспертизой.

Классификация выделяет по степени изученности:

- **разведанные** месторождения полезных ископаемых;
- **оцененные** месторождения полезных ископаемых;
- **прогнозные ресурсы.**

Запасы подсчитываются и учитываются, а прогнозные ресурсы оцениваются всеми недропользователями по каждому виду твердых полезных ископаемых и направлениям их возможного промышленного использования.

Запасы подсчитываются по месторождениям (участкам) на основании результатов геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их геологического изучения и освоения. Прогнозные ресурсы оцениваются в целом по бассейнам, рудным районам, полям исходя из благоприятных геологических предпосылок и обоснованной аналогии с известными месторождениями, а также по результатам геологосъемочных, геофизических и геохимических работ.

Запасы полезных ископаемых в недрах подсчитываются (пункт 1.4) в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций, подтвержденными государственной экспертизой, без введения поправок на потери и разубоживание при добыче, обогащении и переработке концентратов.

Необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений, которые подразделяются (пункт 2) по данному признаку на следующие группы.

**1-я группа.** Месторождения (участки) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

**2-я группа.** Месторождения (участки) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки. Особенности

строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

**3-я группа.** Месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительным невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

**4-я группа.** Месторождения (участки) с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категории С<sub>2</sub>.

При отнесении месторождений к той или иной группе могут использоваться количественные показатели оценки изменчивости основных свойств оруденения, характерные для каждого конкретного вида полезного ископаемого.

Запасы твердых полезных ископаемых по степени их разведанности и прогнозные ресурсы по степени их обоснованности классифицируются следующим образом (пункт 4).

**1. Запасы категории А** выделяются на участках детализации разведываемых месторождений 1-й группы сложности и должны удовлетворять, в частности, следующим основным требованиям:

- установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;
- определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;

- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их детального опробования.

**2. Запасы категории В** выделяются на участках детализации разведываемых месторождений 1-й и 2-й групп и должны, в частности, удовлетворять следующим основным требованиям:

- установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещения, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений;
- определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого;
- контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с включением в него ограниченной зоны экстраполяции, обоснованной геологическими критериями, данными геофизических и геохимических исследований.

**3. Запасы категории С<sub>1</sub>** составляют основную часть запасов разведываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп, а также выделяются на участках детализации месторождений 4-й группы сложности и должны, в частности, удовлетворять следующим основным требованиям:

- выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения;
- определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого;
- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологически обоснованной экстраполяции.

**4. Запасы категории  $C_2$**  выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы составляют основную часть запасов, и они должны удовлетворять следующим требованиям:

- размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;
- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений, а также путем геологически обоснованной экстраполяции параметров, определенных при подсчете запасов более высоких категорий.

**5. Прогнозные ресурсы** имеют в соответствии с Классификацией категории  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  и учитывают различную степень возможности выявления, обнаружения или открытия новых рудных тел полезного ископаемого или новых месторождений того или иного вида полезных ископаемых. Количественная оценка прогнозных ресурсов производится комплексно. При этом используются существующие на момент оценки требования к качеству и технологическим свойствам полезных ископаемых аналогичных месторождений с учетом возможных изменений этих требований в ближайшей перспективе.

**Разведанные месторождения** по степени изученности должны удовлетворять, в частности, следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную ценность месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

**Оцененные месторождения** по степени изученности должны, в частности, удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории  $C_2$ ;
- вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных технико-экономических расчетов или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных географических и горно-геологических условиях;
- рассмотрено и оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

В соответствии с Классификацией запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них полезных компонентов по их экономическому значению подразделяются (пункт 5) на две основные группы, подлежащие раздельному подсчету и учету:

- балансовые (экономические);
- забалансовые (потенциально экономические).

Балансовые запасы подразделяются на:

а) запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам **экономически эффективно** в условиях конкурентного рынка при использовании техники и технологии добычи и переработки сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию и охране окружающей среды;

б) запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам **не обеспечивает экономически приемлемую эффективность** их разработки в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, **но освоение которых становится экономически возможным** при осуществлении со стороны государства специальной поддержки недропользователя в виде налоговых льгот, субсидии и т.п. (гранично экономические или пограничные запасы).

Забалансовые запасы подразделяются на:

а) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невоз-

можно по горно-техническим, правовым, экологическим и другим обстоятельствам;

б) запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания полезного компонента, малой мощности тел полезного ископаемого или особой сложности условий их разработки или переработки, но использование которых в ближайшем будущем может стать экономически эффективным в результате повышения цен на минерально-сырьевые ресурсы или при техническом прогрессе, обеспечивающем снижение издержек производства.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их сохранения в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения к забалансовым (экономических, технологических, горно-технических, экологических и т.п.).

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании специальных технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой.

**Рациональное соотношение запасов различных категорий в разведанных и оцененных месторождениях определяется недропользователем, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, условий финансирования и строительства горно-добывающего предприятия.**

#### **4.3.2. УЧЕТ СОСТОЯНИЯ И ДВИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**У**чет движения запасов представляет собой периодическое определение количества запасов с начала разработки месторождения. Движение запасов – это изменение их количества в результате добычи, разведки или их переоценки за определенный период.

Учет состояния и движения запасов на горных предприятиях, который осуществляют на основе геолого-маркшейдерской документации, подразделяется на следующие виды:

- первичный учет состояния и движения запасов;



- сводный учет состояния и движения запасов;
- отчетный баланс запасов по состоянию на 1 января каждого года (форма 5-гр).

Балансовые запасы подлежат учету по всем трем названным видам. Забалансовые запасы отражаются только в отчетном балансе по состоянию на 1 января каждого года.

Причины изменения величины забалансовых запасов (доразведка, переоценка и др.) должны быть указаны в пояснительной записке к отчетному балансу запасов. Если в процессе эксплуатации месторождения будет обоснована экономическая целесообразность отработки забалансовых запасов, то эти запасы подлежат переводу в группу балансовых и взятию на баланс горного предприятия. Количество вновь подсчитанных и переведенных в балансовые запасы рассматривается как прирост с дальнейшим учетом их движения в группе балансовых, а числящиеся на площади пересчета забалансовые запасы списываются.

Первичный учет состояния и движения запасов производится на основе обобщения геолого-маркшейдерских материалов, полученных в процессе геолого-разведочных и эксплуатационных работ.

За подсчетную единицу (объект) первичного учета запасов могут быть приняты: уступ, блок, панель, камера и др. Объект подсчета при первичном учете выбирается горным предприятием в зависимости от применяемой системы разработки и горно-геологических особенностей месторождения. Первичный учет запасов отражается в паспорте, заведенном для каждой подсчетной единицы первичного учета запасов, к которому прилагается соответствующая таблица.

Первичный учет состояния и движения запасов по указанным выше подсчетным единицам слагается из учета:

- а) количества запасов, находящихся в недрах на начало операционного периода;
- б) количества добытого полезного ископаемого;
- в) количества добытого полезного компонента;
- г) потерь и разубоживания полезного компонента.

Длительность операционного периода первичного учета по каждой из приведенных позиций может быть неодинаковой (месяц, квартал). Она зависит от особенностей ведения горно-эксплуатационных работ и от возможностей организации учета по каждой из этих позиций и устанавливается предприятием.

**Запасы подсчетной единицы первичного учета (уступа, блока, панели, камеры), определенные проектом разработки месторождения**

Полезные ископаемые по видам	Категория запасов	Параметры единицы учета		
		Площадь	Высота, мощность и пр.	Объемная масса
1	2	3	4	5

Окончание табл. 4.5

Балансовые запасы						
Количество запасов руды, тыс. т	Содержание компонентов, %			Количество запасов полезных компонентов, тыс. т		
	основного	попутного	попутного	основного	попутного	попутного
6	7	8	9	10	11	12

В этой таблице количество столбцов для попутных компонентов соответствует тому, сколько последних числится на балансе предприятия

Главный инженер  
Главный маркшейдер  
Главный геолог

Движение запасов в подсчетной единице первичного учета отражается в специальной ведомости (табл. 4.5).

Сводный учет состояния и движения балансовых запасов производится на 1 января года, следующего за отчетным, в специальной прошнурованной книге с пронумерованными страницами, составляемой по специальной форме. В этой книге отражается состояние и движение запасов как по отдельным объектам первичного учета запасов (уступ, блок, панель и т.д.), так и суммарно по более крупным объектам учета: этажу, пласту, линзе, залежи, участку и в целом по месторождению.

Кроме запасов основного полезного ископаемого сводному учету подлежат также запасы всех сопутствующих полезных ископаемых и ценных компонентов, числящихся на балансе горного предприятия независимо от извлечения их при добыче, обогащении и дальнейшей переработке.

Таблица 4.6

Ведомость движения запасов подсчетной единицы первичного учета (уступа, блока, панели, камеры), тыс. т

Операционный период	Запасы блока (и т.д.) на начало операционного периода		Погашено по геолого-маркшейдерскому учету за операционный период										Остаток запасов блока (и т.д.) на конец операционного периода													
	Руды	ПОПУТНОГО	Добыто		Потеряно при добыче			Всего погашено			Компонентов		В том числе во временных цехах		ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО									
			Руды	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	Руды	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	Руды				ОСНОВНОГО								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
									Фактическое разубоживание	Руды	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	Руды	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО	Руды	ОСНОВНОГО	ПОПУТНОГО	ПОПУТНОГО

Контроль:

Графы 15 = 6 - 10 + 11

"- 16 = 7 + 12

"- 19 = 2 - 15

"- 20 = 3 - 16

Главный инженер

Главный маркшейдер

Главный геолог

В книге сводного учета запасов (табл. 4.6) содержатся следующие сведения:

а) учет уменьшения запасов полезных ископаемых, происходящего в результате добычи, потерь при добыче, нецелесообразности отработки отдельных участков месторождения по технико-экономическим соображениям или в случае неподтверждения запасов при эксплуатационной разведке или эксплуатации месторождения и т.п.;

б) учет прироста запасов в результате проведения геолого-разведочных и эксплуатационных работ и по другим причинам производится после утверждения в установленном порядке протокола об увеличении запасов;

в) учет объемов добычи и потерь полезных ископаемых.

По части месторождения, запасы которой не претерпели изменений, остаток запасов вносится одной строкой, после чего производится суммирование запасов.

Отчетный баланс запасов по месторождению составляется по форме № 5-гр или 5-гр (уголь).

## 5. ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

### 5.1. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ

**В** соответствии с Положением о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах, согласованным с Госгортехнадзором России и утвержденным Министерством топлива и энергетики России 23.07.1993, под опасной зоной понимается участок недр, в пределах которого при ведении горных работ требуется осуществить дополнительные меры безопасности, предусматриваемые, как правило, специальными проектами.

В Положении по причинам их образования выделяются четыре типа опасных зон:

- возникающие под воздействием геомеханических процессов (опасные по горным ударам, опасные по внезапным выбросам угля и газа, зоны повышенного горного давления);
- обусловленные геологическими факторами (у геологических нарушений, опасные по прорыву плавунных пород, опасные по суффлярным выделениям метана геологического происхождения);
- опасные по прорыву воды (расположенные под водными объектами на земной поверхности, расположенные вблизи затопленных выработок, в том числе у технических скважин различного назначения);
- обусловленные горно-техническими факторами (опасные по прорыву глины и пульпы, пожарные участки, загазированные выработки, опасные по суффлярным выделениям метана эксплуатационного происхождения).

Положением определены порядок и обязанности служб шахты при разработке и реализации мероприятий по безопасному веде-

нию горных работ в опасных зонах. При этом выделены следующие виды ответственности служб шахт:

- за отнесение участков к опасным зонам;
- за расчет и построение границ опасной зоны;
- за разработку проекта ведения горных работ в опасной зоне.

Маркшейдерская служба предприятия несет ответственность за безопасное ведение горных работ в опасных зонах следующих типов:

- опасные по горным ударам;
- особо опасные по внезапным выбросам угля, породы и газа;
- повышенного горного давления от целиков и краевых частей, оставленных при разработке смежных пластов;
- расположенные под водными объектами;
- у затопленных выработок, в том числе у технических скважин различного назначения.

Общая ответственность за разработку и реализацию мероприятий по безопасному ведению горных работ в опасных зонах возложена на главного инженера шахты (шахтостроительного управления – ШСУ). После установления наличия опасной зоны руководитель службы, ответственный за отнесение участков к опасной зоне, обязан письменно уведомить об этом главного инженера шахты или ШСУ, указав вид опасной зоны и ее местоположение.

В письменном распоряжении главного инженера шахты (ШСУ) указываются сроки и конкретные лица, ответственные за выполнение следующих мероприятий:

- расчет и построение границ опасной зоны;
- нанесение границ опасной зоны на планы горных выработок;
- составление проекта безопасного ведения горных работ в опасной зоне;
- ведение горных работ в опасной зоне с реализацией предусмотренных в проекте решений;
- контроль со стороны шахты за выполнением мероприятий, намеченных проектом.

Маркшейдерская служба предприятия выполняет применительно к вышеуказанным типам опасных зон следующие работы:

- относит участки к опасным зонам и строит их границы;
- наносит границы опасных зон на планы горных выработок;
- представляет соответствующим службам шахты (ШСУ) маркшейдерскую документацию, необходимую для отнесения участков к опасным зонам, построения границ этих зон, составления проекта ведения горных работ в опасных зонах;
- разрабатывает мероприятия по маркшейдерскому обеспечению проведения горных выработок вблизи и в пределах границ опасных зон;
- участвует в разработке мероприятий по безопасному ведению горных работ в опасных зонах;
- не позднее, чем за месяц до подхода горных выработок к границам опасных зон, письменно (в Книге указаний и уведомлений маркшейдерской службы) уведомляет об этом главного инженера шахты и начальника соответствующего участка, а также знакомит с содержанием этого уведомления горно-технического инспектора, закрепленного за шахтой;
- при подходе горных выработок к границе опасной зоны на расстояние не менее 20 м, но не позднее, чем за трое суток до подхода к этой границе, выдает начальнику участка под расписку эскиз выработок с указанием на нем границ входа и выхода, а также расстояний до них от маркшейдерских пунктов или от характерных элементов сопряжений горных выработок;
- ведет совместно с главным геологом (геологом) Книгу учета опасных зон шахты.

Проект безопасного ведения горных работ в опасной зоне разрабатывается, как правило, технической службой предприятия и состоит из пояснительной записки и графических материалов.

В пояснительной записке приводятся:

- краткая горно-геологическая характеристика участка, расположенного в опасной зоне;
- данные, на основании которых участок отнесен к опасной зоне;
- обоснование целесообразности или производственной необходимости проведения горных работ в опасной зоне;
- сведения о построении границ опасной зоны (метод, использованные методические материалы и др.) и при необ-

ходимости данные о запасах полезного ископаемого в границах опасной зоны;

- мероприятия по безопасному ведению горных работ в опасной зоне, в том числе связанные с приведением участка в менее опасное состояние;
- график выполнения намеченных в проекте мероприятий с указанием сроков и должностных лиц, ответственных за реализацию и контроль выполнения этих мероприятий;
- другие сведения, поясняющие и уточняющие намеченные мероприятия и направленные на повышение безопасности пребывания людей в опасной зоне и близи нее (укрытия, пути отхода, специальные меры безопасности и т.п.).

Графическая часть проекта должна включать:

- выкопировку из плана горных выработок масштаба 1:1000 или 1:2000, на которой изображаются границы опасной зоны, места установки охраняющих сооружений, ниши для укрытия, проектируемые горные выработки, в том числе направленные на приведение участка в менее опасное состояние;
- при необходимости вертикальные разрезы (в том числе геологические), выкопировки из плана земной поверхности с изображением объектов, связанных с опасной зоной;
- графические материалы, связанные с построением границ опасных зон;
- при разработке свиты пластов выкопировку из совмещенного плана горных выработок в едином с основной выкопировкой масштабе;
- схему расположения скважин и шпуров, служащих для приведения участка в менее опасное состояние.

Для составления проекта маркшейдерская служба представляет необходимые материалы. Проект подписывается ведущими специалистами предприятия, в том числе и обязательно главным маркшейдером.

Ответственность за соблюдение мероприятий, предусмотренных проектом безопасного ведения горных работ в опасной зоне, возлагается на начальника соответствующего участка и на горных мастеров, ведущих работы в опасной зоне.

Основная задача маркшейдерской службы предприятия при ведении горных работ в опасных зонах – это своевременное и качественное



венное построение границ опасных зон и изображение их в проектах ведения горных работ в опасных зонах, на обменных и рабочих планах. Расчет границ опасных зон производится маркшейдерской службой на основе соответствующих инструктивно-нормативных материалов.

## 5.2. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАСТРОЙКИ ПЛОЩАДЕЙ ЗАЛЕГАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основным нормативным документом, регулирующим порядок застройки площадей залегания полезных ископаемых, является Положение о порядке выдачи разрешения на застройку площадей залегания полезных ископаемых, утвержденное Госгортехнадзором России 19 июня 1995 г. Оно направлено на предупреждение самовольной и необоснованной застройки площадей залегания полезных ископаемых, сохранение условий для наиболее полного извлечения полезных ископаемых и обеспечение охраны объектов строительства от вредного влияния работ, связанных с использованием недр, а также обеспечение охраны окружающей природной среды.

Застройка площадей залегания полезных ископаемых, а также размещение в местах залегания подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, допускается при условии обеспечения возможности извлечения полезных ископаемых или доказанности экономической целесообразности застройки при получении в органах Госгортехнадзора России и Министерства природных ресурсов РФ разрешения на такую застройку. При этом в проектах на строительство (реконструкцию) объектов должны быть предусмотрены, а при их строительстве (реконструкции) – осуществлены строительные, горные или иные меры охраны в соответствии с действующими нормативными документами.

Горные и иные меры должны обеспечивать:

- возможность извлечения полезных ископаемых из недр;
- охрану объектов строительства и технологического оборудования организаций от вредного влияния горных работ путем применения специальных строительных и санитарно-защитных мероприятий, предусмотренных соответствующими нормативными документами по проектированию и строительству на подрабатываемых территориях;

- охрану горных выработок от вредного влияния объектов строительства и размещение этих объектов с учетом требований, предусмотренных проектом строительства и эксплуатации организаций по добыче полезных ископаемых и планами горных работ, в том числе и от проникновения вредных веществ в горные выработки;
- охрану месторождения полезных ископаемых от затопления, подтопления, пожаров и от других факторов, связанных с его застройкой, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождения или осложняющих его разработку;
- охрану окружающей природной среды от вредного воздействия объектов строительства.

Разрешение на застройку площадей залегания полезных ископаемых или размещение в местах их залегания подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, должно быть получено на основе горно-геологического обоснования в органах Госгортехнадзора России и Министерства природных ресурсов РФ на стадии разработки ТЭО или проекта намечаемого строительства (реконструкции).

Застройка площадей залегания полезных ископаемых, а также размещение в местах их залегания подземных сооружений допускается с разрешения федерального органа управления фондом недр или его территориальных подразделений и органов государственного горного надзора только при условии обеспечения возможности извлечения полезных ископаемых или доказанности экономической целесообразности застройки.

Организация, осуществляющая по согласованию с пользователем недр строительство (реконструкцию) объектов на площади залегания полезных ископаемых или размещение в местах их залегания подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, после окончания строительства объектов обязана представить организации – пользователю недр, разрабатывающему месторождение полезных ископаемых под площадью застройки, и организации, эксплуатирующей построенный объект:

- исполнительный план построенных объектов с координатами угловых точек;
- выписку из акта приемки объектов строительства (реконструкции) государственной комиссии о выполнении строи-

тельных мер, обеспечивающих сохранность указанных объектов от вредного влияния горных работ при их подработке в соответствии с проектом и с условиями, на которых разрешена подработка, а также выполнении мер по охране окружающей природной среды.

Горно-геологическое обоснование намечаемой застройки площади залегания полезных ископаемых, а также размещения в местах их залегания подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, должно разрабатываться специализированной проектной организацией, имеющей лицензию, выданную органами Госгортехнадзора России на этот вид работ, и состоять из следующих документов и материалов:

а) копии топографического плана площади намечаемой застройки и прилегающей к ней территории в масштабе не мельче 1:10 000, а для объектов значительной протяженности (железных и автомобильных дорог, трубопроводов для транспортировки нефти, газа, воды и других веществ и материалов, линии электропередачи и т.д.) – в масштабе 1:50 000 с изображением на ней элементов горно-геологической ситуации, контуров существующей и проектируемой застройки, границ зон вредного влияния разработок на объекты застройки, а также границ опасных зон при производстве взрывных работ;

б) выкопировки из геологической карты, гипсометрических планов всех пластов, жил и других залежей полезных ископаемых, залегающих под площадью предстоящей застройки в масштабе не мельче 1:10 000, а также копии геологических разрезов по этой площади (для месторождений нефти и газа – структурных карт и профилей) и, при необходимости, копии планов горных работ;

в) пояснительной записки, в которой излагается следующее:

- наименование проектной организации, подготовившей горно-геологическое обоснование;
- наименование объекта строительства;
- краткая геологическая характеристика района, в котором намечается застройка площади залегания полезных ископаемых;
- описание объектов намечаемого строительства;
- обоснование экономической целесообразности застройки;

- расчет ожидаемых деформаций земной поверхности и горных пород при выемке полезных ископаемых, залегающих под участком застройки;
- необходимые меры охраны объектов строительства от вредного влияния горных работ и ряд других документов.

Пояснительная записка и графическая документация подписываются руководителем организации, разработавшей горно-геологическое обоснование застройки.

Ответственность за полноту и качество предусмотренных проектом строительных мер охраны несет организация, выполнившая строительство зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.

Ответственность за выполнение предусмотренных проектом горных мер охраны зданий и сооружений от вредного влияния горных работ, выданные величины ожидаемых (расчетных) деформаций горных пород и земной поверхности несет организация – пользователь недр.

Ответственность за правильные технические условия эксплуатации зданий и сооружений, расположенных на подрабатываемых территориях, несет организация, в чьем ведении находятся эти объекты.

Большую роль в решении проблемы застройки площадей залегания полезных ископаемых играет маркшейдерская служба горного предприятия.

Хотя в положении о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр функции маркшейдерской службы применительно к решению проблемы застройки площадей полезных ископаемых специально не сформулированы, тем не менее их можно определить таким образом:

- участие в осуществлении контроля за соблюдением требований Закона РФ "О недрах", Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" и иных федеральных законов и нормативных правовых актов;
- своевременное и качественное проведение предусмотренного нормативными требованиями комплекса маркшейдерских работ, достаточных для обеспечения технологического цикла горных, строительно-монтажных и иных видов

работ, а также для прогнозирования опасных ситуаций при проведении таких работ;

- контроль за выполнением мероприятий по безопасному ведению работ в опасных зонах, охране зданий и сооружений от вредного влияния горных разработок;
- ведение мониторинга состояния недр, включая процессы сдвижения горных пород и земной поверхности в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на объекты поверхности;
- подготовка материалов по оформлению горных и земельных отводов.

## 6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСЕРВАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Организация, имеющая в собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении предприятие по добыче полезных ископаемых, может быть как юридическое лицо ликвидировано в соответствии с Гражданским Кодексом РФ (статья 61) на следующих основаниях:

- по решению его учредителей (участников) либо органа юридического лица, уполномоченного на то учредительными документами, в том числе в связи с истечением срока, на который создано юридическое лицо, с достижением цели, ради которой оно создано, или с признанием судом недействительной регистрации юридического лица в связи с допущенными при его создании нарушениями закона или иных правовых актов, если эти нарушения носят неустранимый характер;
- по решению суда в случае осуществления деятельности без надлежащего разрешения (лицензии), либо деятельности, запрещенной законом, либо с иными неоднократными или грубыми нарушениями закона или иных правовых актов.

Законодательство о недропользовании развивает и дополняет эти основания следующим образом:

- при полной отработке запасов полезных ископаемых и отсутствии их прироста в пределах горного отвода и прилегающих площадях;
- при технико-экономическом обосновании нецелесообразности дальнейшей разработки месторождения;
- при возникновении непосредственной неустранимой угрозы жизни или здоровью людей, работающих или проживающих в зоне влияния работ, связанных с использованием недрами;
- при возникновении чрезвычайных ситуаций (стихийные бедствия, военные действия, катастрофы), выведшие из строя предприятия или объекты.

В техническом аспекте:

- под ликвидацией предприятия или его части следует понимать комплекс мероприятий, направленных на полное и окончательное прекращение работ, связанных с добычей и обогащением полезных ископаемых, решение вопросов, связанных с оставшимися запасами, с последующим обязательным осуществлением мероприятий, исключающих доступ в открытые и подземные горные выработки и обеспечивающих безопасность населения, охрану окружающей природной среды, зданий и сооружений, сохранность недр;
- под консервацией предприятия или его части следует понимать комплекс мероприятий, направленных на временное прекращение работ, при условии обеспечения готовности всех объектов в будущем к разработке месторождений полезных ископаемых и долговременной сохранности горных выработок.

В соответствии со статьей 26 Закона РФ "О недрах" при полной или частичной ликвидации или консервации предприятия или подземного сооружения горные выработки и буровые скважины должны быть приведены в состояние, обеспечивающее безопасность жизни и здоровья населения, охрану окружающей природной среды, зданий и сооружений, а при консервации – также сохранность месторождения, горных выработок и буровых скважин на все время консервации. Ликвидация или консервация предприятия или его части осуществляется по специальным проектам, выполненным организациями, имеющими соответствующую лицензию, согласованным с органами Госгортехнадзора России и территориальным подразделением МПР и пользователем недр. Продолжительность периода, в течение которого предприятие должно находиться на консервации до возобновления работ по добыче полезных ископаемых, устанавливается решением органов представительной и исполнительной власти и Госгортехнадзора России и должно быть отражено в проекте. По истечении установленного периода срок консервации может быть продлен этими же организациями в установленном порядке. До завершения процесса ликвидации или консервации предприятие-пользователь недр несет ответственность, возложенную на него Законом РФ "О недрах".

Для получения разрешения на полную или частичную ликвидацию или консервацию предприятия владелец лицензии на право

пользования недрами должен направить письменное заявление в органы представительной власти в зависимости от принадлежности предприятия, его правовой и организационной формы с обоснованием необходимости намечаемой ликвидации или консервации предприятия или его части.

К заявлению прилагаются:

а) копии основной горно-графической, топографической, маркшейдерской и геологической документации;

б) технико-экономический расчет, обосновывающий необходимость ликвидации или консервации предприятия;

в) справки:

- об остатках балансовых и забалансовых запасов полезных ископаемых, в том числе промышленных, с разделением на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке;
- о запасах полезных ископаемых в предохранительных и других целиках с указанием состояния этих запасов;
- о наличии попутно добытых, временно не используемых полезных ископаемых, а также отходов производства в хвостохранилищах, отвалах и т.п., содержащих полезные компоненты и пригодных для производства строительных материалов или доизвлечения полезных компонентов;
- о состоянии производственных и санитарно-бытовых зданий, сооружений и водоотливных установок, о наличии объемов выработанного пространства и состоянии горных выработок, максимальных фактических и ожидаемых величинах сдвижения земной поверхности;

г) перечень мероприятий:

- по обеспечению безопасности работ по ликвидации или консервации предприятия;
- по сохранению предприятия на время его консервации;
- по приведению земельных участков, нарушенных горными работами, в безопасное состояние, а также в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Технические работы, связанные с консервацией и ликвидацией угольных шахт и разрезов в России, регулируются Отраслевой инструкцией о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца), утвержденной Федеральным горным и промышленным надзором России (Госгортехнадзором) и Министерством топлива и энергетики РФ в 1997 г. Инструкция устанавливает



единый порядок полной или частичной ликвидации и консервации на территории России предприятий по добыче угля (сланца) – шахт, разрезов, разведочных выработок, обеспечивающий безопасность жизни и здоровья населения, охрану недр, природной среды и водных ресурсов от загрязнения.

В соответствии с Инструкцией в проекте ликвидации предприятия в обязательном порядке должны быть отражены:

- геологическая и гидрогеологическая характеристика шахтного поля, состояние балансовых и забалансовых запасов;
- состояние подготовительных выработок, барьерных и предохранительных целиков, оценка их устойчивости, характеристика действующих подземных пожаров и способы их ликвидации, возможность и последствия затопления шахты после ее ликвидации;
- состояние устойчивости карьерных откосов и отвалов, возможные последствия в случае затопления выработанного пространства для населения и окружающей природной среды;
- экологическое состояние земной поверхности, окружающей среды и водных ресурсов на дату прекращения добычи и возможность отрицательных явлений после ликвидации предприятия.

В соответствии с Инструкцией в разделе проекта, отражающем состояние запасов угля на дату прекращения горных работ, должны быть разработаны и обоснованы предложения:

- по отнесению части оставшихся балансовых запасов в потери, в том числе находящихся в постоянных целиках и сложных горно-геологических условиях;
- по списанию запасов, не подтвердившихся и нецелесообразных к отработке по технико-экономическим, горно-геологическим и другим условиям;
- по возможной привязке (прирезке) части или всех запасов к полям соседних предприятий и резервным площадям;
- по учету оставшейся части запасов на ликвидируемом предприятии.

Инструкцией предусмотрены требования к проекту ликвидации предприятий по добыче угля в части разработки мер и технических решений по обеспечению устойчивости горных выработок и охране окружающей среды, в том числе ликвидации провалов и тре-

щин, образовавшихся на земной поверхности, и ограждению опасных участков.

При ликвидации шахт необходимо применить меры, предупреждающие:

- попадание в горные выработки, провалы и воронки людей и животных;
- нарушение гидрогеологического режима подземных и поверхностных вод, земель, лесов и других природных объектов;
- повреждение зданий, сооружений, подземных и надземных коммуникаций, расположенных в зоне вредного влияния горных выработок;
- прорывы воды и вредных газов в выработки, смежные с выработками ликвидируемых предприятий;
- нарушение геодезической и маркшейдерской сети;
- активизацию опасных геомеханических процессов на поверхности;
- загрязнение и истощение запасов подземных вод, утвержденных с целью обеспечения населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов водой питьевого качества;
- проникновение вредных газов в поверхностные сооружения и в атмосферу.

Контроль за соблюдением требований этой Инструкции осуществляют органы Федерального горного и промышленного надзора, территориальные подразделения Министерства природных ресурсов РФ с уведомлением органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Поскольку обеспечение своевременного выполнения работ по ликвидации предприятия возлагается либо на данное предприятие, либо на орган, уполномоченный на это учредительными документами, возрастает роль маркшейдерской службы предприятия.

Ее задачи, права и обязанности определяются, как отмечалось выше, двумя документами:

- Положением о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр, утвержденным Постановлением Госгортехнадзора России от 22 мая 2001 г. № 18;

- Отраслевым положением о маркшейдерской службе в угольной промышленности, согласованным с Госгортехнадзором России и утвержденным Приказом Министерства топлива и энергетики Российской Федерации в 1998 г.

В соответствии с первым документом руководитель маркшейдерской службы организации вносит предложения руководителю организации по приостановке работ по консервации или ликвидации объектов по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, если проведение этих работ может повлечь за собой порчу месторождений полезных ископаемых, прорыв в горные выработки воды и вредных газов, возникновение опасных деформаций горных выработок, охраняемых объектов поверхности и других аварийных ситуаций, а также в случае отступлений и нарушений требований проекта и установленных норм и правил, незамедлительно ставя об этом в известность руководителя организации и работников, ответственных за осуществление производственного контроля.

В функции служб главного маркшейдера, в частности, входит своевременное и качественное маркшейдерское обеспечение работ при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции, консервации или ликвидации объектов по добыче полезных ископаемых, подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

В Отраслевом положении закреплены нормы, регламентирующие деятельность маркшейдерской службы:

- Министерства топлива и энергетики Российской Федерации;
- акционерных обществ, предприятий и организаций.

Применительно к рассматриваемой проблеме маркшейдерская служба министерства:

- обеспечивает техническое и методическое руководство маркшейдерской службой подведомственных предприятий;
- участвует в рассмотрении представляемых на согласование проектов ликвидации акционерных обществ и предприятий по добыче полезных ископаемых.

Маркшейдерская служба акционерного общества, предприятия, организации:

- обеспечивает: построение и развитие маркшейдерских опорных и съемочных сетей на земной поверхности и в горных выработках, производство съемок горных вырабо-

ток и земной поверхности, составление и пополнение маркшейдерской документации, перенесение в натуру границ безопасного ведения горных работ, барьерных и предохранительных целиков; организацию и проведение инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород, проявлений горного давления, деформациями земной поверхности, за устойчивостью уступов, бортов карьеров и откосов отвалов; передачу при ликвидации предприятий маркшейдерской и топографо-геодезической документации Государственному Архивному фонду Российской Федерации;

- участвует: в разработке проектов ликвидации горных предприятий; в подготовке материалов по переоценке, списанию и временной консервации запасов полезных ископаемых; в составлении установленной отчетности о полноте отработки запасов полезных ископаемых и состоянии горных выработок; в работе по ликвидации угольных предприятий, по ликвидации горных выработок и провалов, выходящих на земную поверхность.

В обязанности маркшейдерской службы ликвидируемого горного предприятия входит подготовка документации, в которой отражается состояние запасов месторождения полезных ископаемых, состояние горных выработок, рельеф земной поверхности, данные о наличии подземных пустот и об ожидаемых величинах сдвижения земной поверхности, данные о запасах полезных ископаемых в предохранительных и других целиках и пр.

Государственный контроль за организацией работы маркшейдерской службы и соблюдением нормативных требований при ликвидации горно-добывающих предприятий осуществляют органы Госгортехнадзора России.

При ликвидации и консервации предприятия по добыче полезного ископаемого или его части геологическая, маркшейдерская и иная документация пополняется на момент завершения работ и сдается в установленном порядке на хранение. Ликвидация и консервация предприятия по добыче полезных ископаемых считаются законченными после подписания акта о ликвидации или консервации органами, предоставившими лицензию, и органом государственного горного надзора.

## 7. ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

**В** 1985 г. Горгостехнадзор СССР утвердил Единые правила охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых. Эти правила с изменениями, внесенными в 1987 г., действуют и в настоящее время. Один из разделов правил посвящен охране окружающей среды при разработке месторождений и содержит ряд требований по обеспечению экологической безопасности недропользования:

- при строительстве, реконструкции и эксплуатации предприятий по добыче полезных ископаемых должна быть обеспечена безопасность для жизни и здоровья населения, охрана атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, животного мира и других объектов окружающей среды, зданий и сооружений, а также сохранность заповедников, памятников природы, истории и культуры от вредного влияния работ, связанных с использованием недрами, в соответствии с требованиями природоохранного законодательства;
- предприятия обязаны осуществлять систематический контроль за состоянием природной среды и за выполнением природоохранных мер, предусмотренных проектом. Соответствующие службы предприятия должны быть обеспечены необходимыми техническими средствами для эффективного ведения контроля за загрязнением и изменением природной среды;
- если при разработке месторождений полезных ископаемых выявляется необходимость применения более эффективных мероприятий по охране окружающей природной среды, требующих существенного или полного изменения проектных решений, то предприятие обязано выдать техническое задание генеральному проектировщику на изменение соответствующих разделов проекта;

- добыча полезных ископаемых, производство буровзрывных работ, размещение и эксплуатация отвалов пород, хранилищ отходов производства должны осуществляться с соблюдением правил по предотвращению или сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с соответствующими федеральными органами;
- размещение в населенных пунктах отвалов пород и хранилищ отходов, являющихся источником загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газами, дурно пахнущими веществами, а также сжигание отходов вне специальных установок на территории предприятия и населенных пунктов запрещается. Предприятия обязаны обеспечить своевременный вывоз загрязняющих атмосферный воздух отходов на предприятия, использующие их в качестве сырья, или на специализированные полигоны.

Среди многих аспектов обеспечения экологической безопасности деятельности горного предприятия, в которых принимает участие маркшейдерская служба, наиболее важное значение имеет рекультивация земель, нарушенных горными работами.

Преобразование земель, нарушенных в результате производственной деятельности, в состояние, пригодное для дальнейшего использования в народном хозяйстве, предотвращение их отрицательного воздействия на прилегающие ландшафтные комплексы, охрана этих комплексов, оптимизация сочетания техногенных и природных ландшафтов достигается **рекультивацией земель**.

Термин "рекультивация" используется в законодательных актах о недрах и земле, а также в ряде директивных и нормативных документов и в соответствии с государственным стандартом (ГОСТом) означает "комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды". Тем же ГОСТом дано определение понятия "**нарушенные земли**" – это земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрогеологического режима или образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

Рекультивация относится к мероприятиям восстановительного характера, направленным на устранение последствий воздействия

промышленного производства на окружающую среду и, в первую очередь, на земельные ресурсы.

Ежегодное увеличение объемов добычи полезных ископаемых открытым способом приводит к возрастанию земельных площадей, занятых под горные разработки. Поэтому проблема рекультивации земель, нарушенных ведением горных работ, является очень актуальной и имеет важное народнохозяйственное значение. Кроме того, в соответствии со статьей 22 Закона РФ "О недрах" пользователь недр обязан обеспечить приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Горное предприятие выполняет технический этап рекультивации, который включает:

- планировку поверхности нарушенных земель (грубую и чистовую);
- выполаживание или террасирование откосов отвалов и бортов карьерных выемок;
- ликвидацию последствий усадки отвалов;
- противоэрозионные мероприятия;
- снятие, транспортирование, складирование (при необходимости) и нанесение на рекультивируемые земельные участки почвенно-растительного слоя и (или) пригодных (плодородных и потенциально плодородных) пород;
- комплекс мелиоративных мероприятий (при необходимости), направленных на улучшение химических и физических свойств пород и их смесей, слагающих поверхностный слой рекультивируемых земель;
- строительство гидротехнических и мелиоративных сооружений, дорог, прокладку прочих инженерных коммуникаций.

Маркшейдерской службой горных предприятий на всех стадиях отработки месторождений выполняется определенный комплекс маркшейдерских работ по обеспечению рекультивации земель, который включает:

- подготовку исходных данных и материалов для текущего и перспективного планирования рекультивации;
- участие в разработке мероприятий по рекультивации нарушенных земель и обеспечение сохранности почвенного слоя;

- развитие на рекультивируемой территории сети опорных и съемочных пунктов;
- производство топографических и специальных видов съемок на начало рекультивации, в процессе и по ее окончании;
- составление маркшейдерской документации, связанной с проектированием и выполнением как отдельных этапов, так и рекультивационных работ в целом;
- работы, связанные со снятием плодородных почв и почвообразующих пород и включающие в себя определение мощности почвенного и подпочвенного слоев и их объемов, а также мест для размещения снятых плодородных почв и возможности их использования в дальнейшем;
- составление почвенных планов и производство учета запасов, потерь и разубоживания наиболее ценных плодородных почв;
- учет объемов выполненных работ по планировке земной поверхности, снятию грунта, укладке на место складирования;
- производство съемки недоступных участков земной поверхности и дна затопленных карьеров;
- производство съемок отвалов, предназначенных к рекультивации, для определения закономерности усадки отвалов и времени начала работ по планировке их поверхности;
- выполнение работ, связанных с селективной выемкой и укладкой в отвалы вскрышных пород;
- обеспечение горно-строительных работ по выполаживанию и террасированию откосов карьеров, породных отвалов и созданию искусственных водохранилищ;
- контроль за формированием корнеобитаемого горизонта на рекультивированных территориях;
- работы, связанные с защитой от эрозии и благоустройством рекультивируемой территории;
- участие в работе комиссии по сдаче землепользователям рекультивированных земель и подготовка графических материалов к акту передачи восстановленных земель.

Исходными графическими материалами для проектирования работ по рекультивации земель являются топографические планы



земной поверхности и планы горных работ. Рельеф мульд оседаний на планах изображается в горизонталях с сечением 0,5 или 1,0 м.

В зависимости от назначения рекультивированных участков их съемка осуществляется в следующих масштабах:

- при сельскохозяйственном, рекреационном и строительном назначении – 1:2000, с сечением горизонталей по высоте через 0,5 или 1,0 м;
- при лесохозяйственном, водохозяйственном и др. – 1:5000, с сечением горизонталей по высоте через 1,0 или 2,0 м.

Копии планов съемки передаются организации, принимающей рекультивированные земли.

## **Часть 2**

# **ВИДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

## 8. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

### 8.1. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

**М**аркшейдерские работы при разведке месторождений осуществляются для решения следующих задач: определения координат точек выхода залежи полезного ископаемого на поверхность и проводимых геолого-разведочных горных выработок, составления топографических планов местности, геологических разрезов и другой документации, необходимой для изучения и картирования месторождений полезных ископаемых.

Основными видами маркшейдерских работ являются:

- построение маркшейдерско-геодезической опорной сети;
- составление топографической основы геологических карт;
- вынос в натуру с проекта и привязка геолого-разведочных выработок;
- обеспечение проведения геолого-разведочных выработок.

### 8.2. ПОСТРОЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ

**М**аркшейдерско-геодезическая опорная сеть является геометрической основой для осуществления всех видов маркшейдерских работ. Способ построения опорной сети определяется наличием конкретного оборудования, имеющегося у маркшейдерской службы.

На современном этапе наиболее эффективным методом построения сети является применение спутниковой системы GPS, методика работы которой рассмотрены ранее. В случае, если возникают сложности из-за ограниченной видимости неба, например, в лесных массивах, плановые сети могут создаваться обычными методами триангуляции или полигонометрии, а высотные – методом

геометрического нивелирования IV класса. При развитии съемочных сетей могут использоваться прямые и обратные засечки, полярный метод и теодолитные ходы. Высотная сеть создается приложением ходов технического или тригонометрического нивелирования.

Точность работ определяется параметрами, характеризующими создание геодезических сетей сгущения (ГСС) и съемочных работ (СС).

### 8.3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

**В** зависимости от стадии геолого-разведочных работ топографическая съемка производится в масштабах, указанных в табл. 8.1.

Топографическая съемка может производиться с помощью спутниковых систем и мобильных средств измерений; фотограмметрическими методами, включающими аэрофотосъемку и наземную стереофотосъемку; электронными тахеометрами и с помощью оптических теодолитов технической точности.

Наиболее эффективным методом съемочных работ является аэрофототопографический, т.к. аэроснимок полностью отражает всю ситуацию местности, а возможности современного обрабатывающего оборудования позволяют получать необходимую информацию в широком диапазоне. Например, аналитическая стереофотограмметрическая система SD20 обеспечивает построение фототриангуляции, обработку наземных и воздушных стереоснимков, сбор картографических данных для создания и обновления топографических карт и планов, передачу информации в геоинформационные системы.

Применение высокоточных прецизионных сканеров позволяет в сочетании со специальными видами фотоматериалов с высокой достоверностью обеспечить геологическое дешифрование.

Таблица 8.1

Стадия геологоразведки	Масштаб
Поисково-разведочные работы	1:25 000–1:10 000
Предварительная разведка	1:10 000–1:5000
Детальная разведка	1:10 000–1:5000 и крупнее

Масштаб съемки	Сечение горизонталей, м
1:25 000 – 1:10 000	10–2,5
1:5000	5–2

В табл. 8.2 приводится необходимое сечение горизонталей рельефа в зависимости от масштаба съемки.

При детальной разведке, если залежь выходит на земную поверхность, применяют сечение рельефа, равное 1 м.

Топографические съемки в масштабе 1:10 000 и менее проводятся согласно требованиям Инструкции ГУГК. Съемка в масштабе 1:5000 и крупнее осуществляется согласно Инструкции по производству маркшейдерских работ.

#### 8.4. МЕТОДЫ ПЕРЕНОСА В НАТУРУ И ПРИВЯЗКА РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

**В**ынос в натуру с проекта геолого-разведочных выработок осуществляется на основе проекта геолого-разведочных работ, на котором нанесены места расположения скважин, шурфов, штолен, канав и линий разведочных выработок. Проектное положение выработок задается координатами их устья с указанием требуемой точности их выноса.

Перенесение выработок в натуру осуществляется следующими способами:

1. Применение спутниковой системы GPS.
2. С помощью топографической карты, плана или аэрофотоснимка, путем опознавания точки или с помощью промеров от опознанных точек на местности.
3. Полярным методом, угловых или линейных засечек от пунктов маркшейдерско-геодезической опорной сети.

Вынесенные в натуру точки, обозначающие устья будущих разведочных выработок, закрепляются кольями, окапываются и сдаются по акту.

Если проведение выработки в намеченном месте затруднено или невозможно по условиям рельефа и ситуации местности, то ее переносят в сторону.

Масштаб съемки	Требуемая плановая точность привязки, м
1:25 000	Не менее 5
1:10 000	Не менее 2
1: 5000	Не менее 1

После проходки выработок осуществляют их привязку к пунктам опорной сети. Привязка осуществляется вышеуказанными способами или фотограмметрическими методами.

В табл. 8.3 приводятся данные о необходимой точности привязки разведочных выработок, которыми необходимо руководствоваться при выборе метода привязки на стадии поисково-разведочных работ.

При предварительной и детальной разведке точность плановой привязки не должна быть более 1 м.

Абсолютные отметки устьев определяются спутниковым или фотограмметрическим методами, геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В случае, если разведка полезного ископаемого осуществляется путем проведения капитальных горных выработок, маркшейдерское обеспечение их проходки выполняется согласно требованиям, изложенным в гл. 6.

По результатам разведочных работ составляются отчетные геологические карты, содержащие сведения о рельефе и ситуации земной поверхности, имеющих в пунктах геодезическо-маркшейдерской опорной сети, разведочных выработок и других объектов, а также:

- маркшейдерские планы горных выработок в масштабах 1:2000–1:500;
- планы геолого-разведочных работ по телу полезного ископаемого в тех же масштабах;
- совмещенный план земной поверхности и горных выработок;
- различные вертикальные разрезы и проекции, отражающие геометрию горных выработок, структурные и качественные особенности полезного ископаемого.

## 8.5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

При развитии геодезическо-маркшейдерской опорной сети возникает необходимость ее привязки к существующей государственной геодезической сети или пунктам сети сгущения. Поэтому прежде чем осуществлять измерения, необходимо провести обследование геодезического знака. Обследование деревянных геодезических знаков необходимо начинать с осмотра основных столбов у основания знака, осуществив их раскопку на глубину 40–50 см. Если обнаружено, что основные столбы подгнили более чем на  $1/7$  диаметра, то такой знак подлежит сносу и работать с ним нельзя.

Если основание знака подгнило меньше чем на  $1/7$  диаметра, то следует обратить внимание на горизонтально расположенные деревянные детали, древесина которых разрушается и загнивает значительно быстрее, чем у вертикальных элементов. При подъеме по деревянным лестницам следует держаться руками не за лестничные ступеньки, а за основные стойки лестницы.

Категорически запрещается производить подъем на старые геодезические знаки, имеющие поломанные лестничные марши, лестничные площадки и разошедшиеся детали, не обеспечивающие необходимой прочности крепления знака. При этом составляется дефектная ведомость, где перечисляются все технические неисправности знака.

Определенные меры безопасности необходимо предпринимать при следовании по пустынной, горной и болотистой местности и преодолении водных преград.

При пересечении пустынной местности или в жаркую погоду длительное воздействие высокой температуры в сочетании с нарушением теплорегуляции может привести к тепловому или солнечному удару. О появлении этих болезненных состояний свидетельствует головокружение, головная боль, слабость, вялость, учащение дыхания и пульса.

Тепловой удар может развиваться постепенно и наступать внезапно, а иногда и через 5–6 ч после воздействия жары в период отдыха.

Для избежания солнечного удара голова должна быть защищена широкополой войлочной или соломенной шляпой или другим го-

ловным убором с длинным козырьком. Одежда должна обеспечивать хорошую вентиляцию тела и впитывать влагу, быть свободной и не стесняющей движения.

Для защиты от песчаных бурь необходимо иметь плащ с капюшоном из мягкой ткани и очками с боковой защитой.

Ноги должны быть закрыты легкой и прочной обувью, обеспечивающей защиту от укусов ядовитых насекомых и змей.

При многодневных перемещениях необходимо иметь топографические карты, продовольствие, сигнальные и защитные средства, радио. Обязательно должен быть аварийный запас продуктов и воды. Каждый работник должен иметь при себе индивидуальный термос и флягу с кипяченой водой емкостью не менее 1 л.

В случае передвижения по болотам необходимо обращать внимание на окружающую растительность. На участках топких болот нет больших деревьев, а растет молодой лес высотой 5–8 м, среди которого всегда много сухостоя.

"Окна" в болотах, как правило, покрытые яркой сочной зеленью, необходимо обходить с наиболее безопасной стороны. Наличие ив, берез, осин, муравейников и кротовых нор свидетельствует о проходимости этих участков даже механическим транспортом.

Во время передвижения по болоту не следует делать резких перемещений без предварительного обследования впереди лежащего верхнего покрова. Для этого необходимо иметь шест или длинную палку, а также веревку, которые используют как спасательные средства в случае провала в трясину. При движении шест необходимо нести в горизонтальном положении. Переходы через болотистые участки можно совершать только в светлое время суток и при хорошей погоде.

При пересечении водных преград необходимо учитывать уровень воды, силу течения, скорость ветра, состояние дна и берегов, температуру воздуха и другие условия. При скорости течения реки выше 2 м/с не разрешается без страховки переправа на весельных и резиновых лодках. Запрещается всякая переправа через водоемы и реки при большом волнении и вблизи перекатов. Не допускается применение лодок грузоподъемностью менее 1 т при ширине водного препятствия более 0,5 км. Переправа вброд разрешается через реки с ровным и не вязким дном при температуре воды не ниже +12 °С. В табл. 8.4 приводится допустимая глубина брода в зависимости от скорости течения.



Скорость течения, м/с	Допустимая глубина брода, м
Менее 1	1
От 1 до 2	0,7
Более 2,5	0,5

Переправа вброд должна производиться только с самостраховкой на привязи, скользящей петлей с протянутого и закрепленного на берегах троса. Переправляться можно только в обуви, надетой на босую ногу, без груза и верхней одежды. Груз и верхняя одежда перетаскиваются по канату отдельно. Особую осторожность следует соблюдать при переправе через горные реки. Ее рекомендуется осуществлять утром до начала интенсивного таяния снега и ледников. При переправе через неширокие и спокойные реки допускаются установка с одного берега на другой стволов деревьев, легкого наста, наплавного настила с обязательным страхованием тросов, веревкой или перилами.

При производстве маркшейдерских работ на железных дорогах или в непосредственной близости от них необходимо строго соблюдать "Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ в путевом хозяйстве". Все работники обязаны знать расписание движения поездов на участке, где проводятся работы, уметь подавать и принимать сигналы согласно "Инструкции по сигнализации на железных дорогах".

Перед началом работ руководитель обязан выставить сигнальщиков и правильно расставить рабочих, указав места, куда они должны уходить во время пропуска поезда. Положение сигнальщика должно обеспечивать видимость приближающегося поезда на расстоянии не менее 1 км. При приближении поезда или путевой машины на расстояние 400 м до работающих или перемещающихся работников они должны быть отведены в сторону не менее чем на 2 м при проходе поезда, на 5 м – при работе путеукладчика, уборочной машины или электробалластера, на 10 м – при работе путевого струга и 25 м – снегоочистителя.

При скорости движения поездов более 100 км/ч все работы должны прекращаться за 10 мин до прохода поезда и не позднее чем за 5 мин все работающие и инструменты должны быть удалены на 5 м в сторону от ближайшего рельса пути. При этом не разрешается носить одежду и головные уборы красного или зеленого цвета.

Запрещается производить любые работы во время тумана, мокрого снега, сильного ветра и в грозу. Запрещается сидеть на рельсах, концах шпал, внутри рельсовой колеи и на междупутьях, устанавливать инструмент в желоба или между рамными рельсами и остряками переводов, на путевые коробки, ящики и кабельные муфты.

Не менее опасными являются территории нефтяных и газовых скважин и промысловых сооружений. Работы на данных объектах разделяются на три группы:

1-я группа объединяет места, где работа может проводиться только газоспасателями с газозащитной аппаратурой или работниками со специальными допусками под их наблюдением;

2-я группа – места, где работы производятся с ограничениями, указанными в первой группе, но газозащитная аппаратура применяется при необходимости;

3-я группа – места, где работы производятся без допуска, но при уведомлении газоспасателей, которые периодически делают обход этого места.

Маркшейдерские работы осуществляются на основе конкретного рабочего проекта, в котором предусматриваются: обязательные замеры на загазованность; виды, порядок и последовательность работ с указанием ответственных исполнителей за проведение этих операций; мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности с учетом режима работ; схема с указанием на ней конкретных мест работы на объекте.

Безопасность маркшейдерских работ в горах обеспечивается соблюдением специальных правил и норм поведения людей. При работе и перемещении в горах запрещается без необходимости кричать, стрелять при движении по участкам со скальными или снежными карнизами и в узких ущельях, сбрасывать камни и отваливать неустойчивые глыбы.

Подъем и спуск по крутым склонам (за исключением снежных) и осыпям следует осуществлять только длинными зигзагами, а на сложных участках – с применением страховочных средств. В случае, когда подъем необходимо делать "в лоб" прямо вверх, расстояние между работниками должно быть минимальным. Штативы должны быть повешены за спинами опорными ножками "вверх" для исключения возможности травмирования своих ног и сзади идущего человека.

Участки камнепадов необходимо проходить до восхода солнца, передвигаясь по гребням, избегая кулуаров и разрушенных скал.

При подъеме по заснеженным склонам не следует двигаться поперек или зигзагом, чтобы избежать подрезания снега и образования лавин. Лавинообразные склоны следует преодолевать в исключительных случаях и только "в лоб". Движение при этом осуществляется с интервалом 15–20 м друг от друга.

Передвижение по ледникам разрешается только попарно с попеременной страховкой капроновым фалом на расстоянии 15–20 м друг от друга. Двигаться следует только в специальных ботинках с "кошками", прикрепленными к ботинкам и с применением ледорубов. Спуск способом скольжения по поверхности ледников, фирновых и снежных полей запрещен.

Запрещается подходить к краям снежным карнизам ближе чем на 10–15 м.

Запрещается заходить в ледниковые гроты и спускаться в трещины и каверны, выходить в маршрут во время снегопада, метели, тумана, дождя, сильном и теплом ветре в течение двух суток после снегопадов, метелей и дождей.

## **9. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ)**

### **9.1. ВИДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**П**ри 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 составляет 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 осушении карьерного поля выполняют вынос с проекта в натуру дренажных выработок, задают направления горным выработкам и осуществляют контроль за 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 за 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 производит 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; участвует в составлении текущих и перспективных планов горных работ.

## 9.2. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОРНО-СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ

Съемку карьеров выполняют в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000. Для съемок незначительных по размерам карьеров, например, при добыче блочного камня, может применяться съемка в более крупном масштабе – 1:500. Геометрической основой для производства маркшейдерских съемок на карьерах являются пункты маркшейдерской опорной геодезической и съемочной сетей (рис. 9.1).

Объектами съемки на карьерах являются: рельеф и ситуация земной поверхности, контуры горных выработок, верхние и ниж-

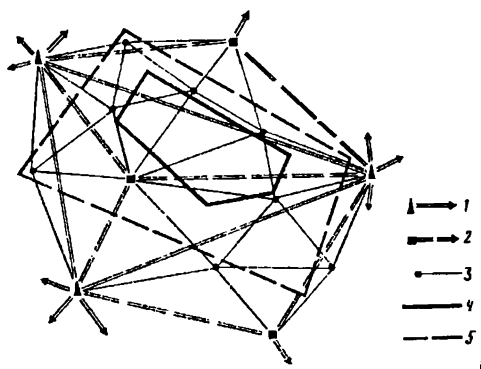


Рис. 9.1. Схема развития сети маркшейдерских опорных пунктов (3) карьера методом триангуляции на основе имеющихся в этом районе пунктов государственной геодезической сети (1) и сети сгущения (2): 4 – граница карьерного поля; 5 – граница земельного отвода горного предприятия

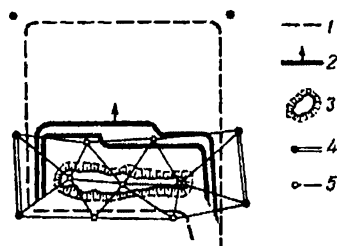


Рис. 9.2. Схема развития съемочной сети карьера с внутренним отвалообразованием: 1 – граница карьерного поля; 2 – направление развития горных работ; 3 – внутренний отвал; 4 – пункт опорной сети; 5 – пункт съемочной сети

ние бровки уступов, поверхность рабочей площадки и откосов уступов, отвалов, буровзрывные скважины, транспортные пути и различные коммуникации, линии электропередачи, места измерений элементов залегания и опробования горных пород, склады полезного ископаемого, границы опасных зон (пожары, деформации откосов и пр.) и тектонические нарушения, здания, сооружения и т.д.

Маркшейдерскую опорную геодезическую сеть на территории карьера создают методами спутниковой геодезии, триангуляции и полигонометрии 1-го и 2-го разрядов, а высотную – нивелированием III и IV классов. Плотность плановой опорной сети всех классов и разрядов должна быть не менее четырех пунктов на  $1 \text{ км}^2$ , а высотной – не менее 1 репера на  $5 \text{ км}^2$ .

Пункты маркшейдерской опорной геодезической сети располагают, как правило, на бортах карьера или в непосредственной близости от них, а также с учетом перспективы развития горных работ, размеров и глубины карьера, возможности использования их в качестве исходных для определения пунктов съемочной сети карьера.

Плановое положение пунктов съемочной сети определяют следующими способами: системой GPS, геодезическими прямой и обратной засечками, полярным способом, проложением теодолитных ходов, аналитической пространственной фототриангуляции, створных линий и 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.

Съемочные сети, построенные методом триангуляции, могут состоять из цепочек треугольников, в которых могут быть включены центральные системы и геодезические четырехугольники (рис. 9.2).

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 Т30 – двух приемов или повторения. Расхождение углов в приемах допускается не более 45".

При определении координат пунктов прямой засечкой (рис. 9.3) достаточно трех исходных пунктов опорной сети  $A, B, C$ , на которых измеряют горизонтальные углы  $\alpha, \beta, \alpha', \beta'$ . В случае использования способа обратной геодезической засечки (рис. 9.4) необходимо иметь четыре исходных пункта  $A, B, C, D$ . В данном случае достаточно измерить два угла  $\beta_1, \beta_2$  при определяемом пункте  $P$  и контрольный угол  $\beta_3$ .

При использовании засечек необходимо соблюдать следующие условия:

- исходные и определяемый пункты не должны лежать на одной окружности;
- углы при определяемом пункте должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ ;
- 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.

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

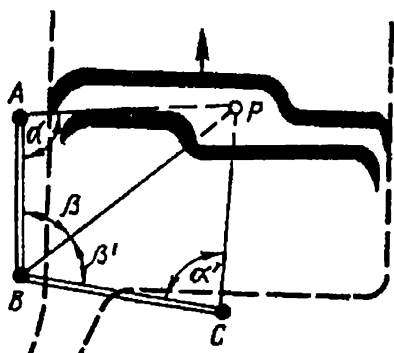


Рис. 9.3. Схема определения положения пункта  $P$  способом прямой засечки

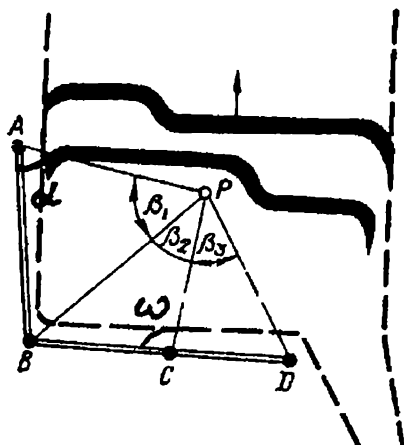
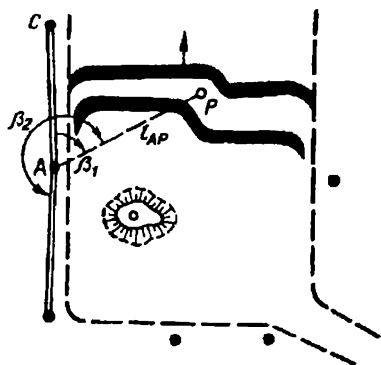


Рис. 9.4. Схема определения положения пункта  $P$  способом обратной засечки

Рис. 9.5. Схема определения положения пункта  $P$  съемочной сети полярным способом



$$m_p = \frac{m_B l_{B-P}}{206 \sin(\alpha + \omega)} \sqrt{\left(\frac{l_{C-P}}{l_{B-C}}\right)^2 + \left(\frac{l_{A-P}}{l_{A-B}}\right)^2}, \quad (9.1)$$

где  $m_B$  – с.к.п. измерения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ ;  $l_i$  – длины соответствующих сторон, км.

Значения  $\alpha$  и  $\omega$  измеряют с точностью до  $1^\circ$  на плане, 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  $P$ .

Определение пункта съемочной сети полярным способом (рис. 9.5) связано с измерением горизонтальных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  от двух различных направлений и расстояния  $l_{AP}$ .

Расхождение значений дирекционного угла  $\alpha_{AP}$ , полученного из двух измерений, допускается не более  $45''$  при расстоянии  $l_{AP} = 3$  км. Измерение расстояния производится с погрешностью не более 0,1 м. В измеренное расстояние вводятся поправки за наклон, кривизну Земли и редуцирование.

Теодолитные ходы (рис. 9.6) прокладывают между ближайшими пунктами опорной сети  $Q-3-4 \dots -D$  или в виде замкнутых полигонов  $A-C-1-2-5 \dots -A$ .

На исходном пункте измеряют углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  между стороной теодолитного хода и двумя направлениями на пункты опорной сети.

В зависимости от масштаба съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000 длина хода не должна превышать соответственно 1,8; 2,5 и 6 км. Длина



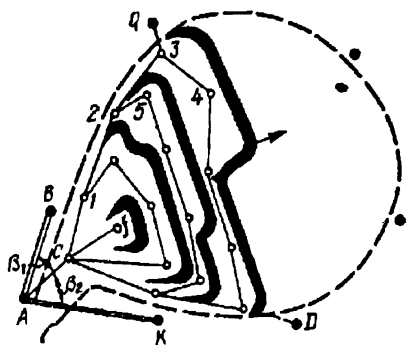


Рис. 9.6. Схема определения положения пункта съёмочной сети проложением теодолитного хода

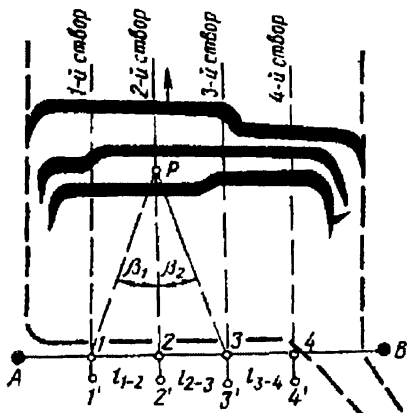


Рис. 9.7. Схема развития съёмочной сети карьера способом створных линий

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.

При уравнивании угловые невязки распределяются в углах поворну, а линейные – пропорционально длинам сторон.

**Способ створных линий** (рис. 9.7) применяют на карьерах, где земная поверхность, примыкающая к нерабочим бортам карьера, ровная или наклонена в сторону рабочей зоны карьера вытянутой формы, или при разработке шельфовой зоны подводными карьерами.

Развитие съёмочной сети выполняется следующим образом. На рабочем борту карьера между пунктами опорной сети  $A, B$  через определенный интервал закладывают пункты 1, 2, 3 и т.д. съёмочной сети. В направлении продвижения фронта работ выносят вспомогательные точки  $1', 2', 3'$  и т.д. Положением точек  $1-1', 2-2'$  и т.д. закрепляют определенный створ. Координаты пунктов створной линии определяют проложением теодолитного хода. Для определения положения точки  $P$  съёмочной сети, находящейся на створе  $2-2'$ , необходимо измерить углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

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

$$\begin{aligned} l_{2-P} &= l_{1-2} \operatorname{ctg} \beta_1; \\ l_{2-P} &= l_{2-3} \operatorname{ctg} \beta_2. \end{aligned} \quad (9.2)$$

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

$$\begin{aligned} X_P &= X_2 + l_{2-P} \cos \alpha_{2-P}; \\ Y_P &= Y_2 + l_{2-P} \sin \alpha_{2-P}. \end{aligned} \quad (9.3)$$

Способ эксплуатационной сетки (рис. 9.8). Эксплуатационная сетка представляет собой сеть квадратов, вершинами которых являются пункты съёмочной сети. Этот способ развития съёмочной сети применяют в основном при дражных и гидравлических разработках, при ровном рельефе земной поверхности. Развитие съёмочной сети производят в три ступени.

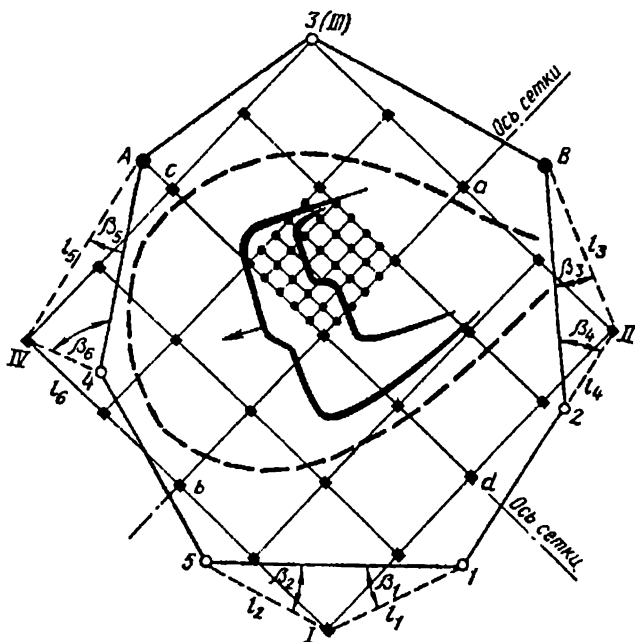


Рис. 9.8. Схема развития съёмочной сети карьера способом эксплуатационной сетки

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  $\beta_i$  и расстояниям  $l_i$ . После этого выносят точки, закрепляющие оси сетки  $a, б, с$ , а затем разбивают вершины остальных квадратов (2-я ступень), пункты которой и служат для выполнения съемочных работ.

В зависимости от размеров карьерного поля и принятого масштаба съемки стороны основной квадратной сетки принимают длиной от 50 до 200 м. Стороны рабочей сетки имеют длины от 5 до 40 м.

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 сети, но и их абсолютные высоты.

Масштаб 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.

Определение высот пунктов съемочной сети, кроме фотограмметрического метода и метода GPS, выполняется также методами геометрического или тригонометрического нивелирования.

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, Т30 – 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 одной 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 Т30, Т15 и Т2 расстояние между пунктами не должно превышать соответственно 1; 1,5 и 2 км.

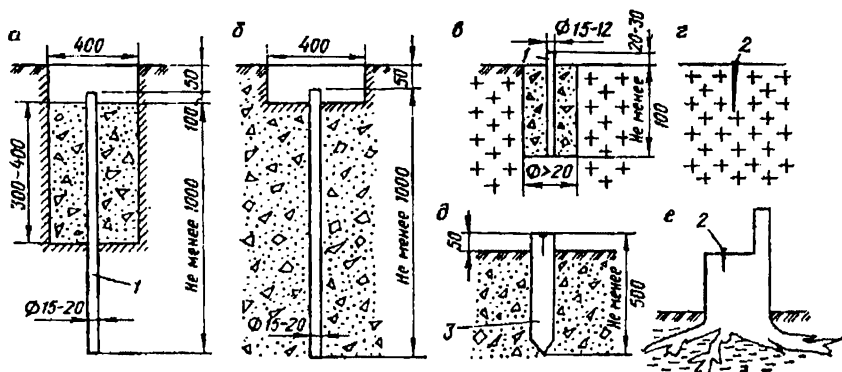
Расхождение между двумя вычисленными превышениями или прямым и обратным превышением должно быть не более  $0,03L$  (см) при расстояниях до 1 км, и  $0,02L$  (см) – при расстояниях более 1 км.

При передаче высот на расстояние более 700 м в превышения вводят поправки за кривизну Земли и рефракцию.

$$f = \frac{0,42d^2}{R \cos \alpha}, \quad (9.4)$$

где  $d$  – горизонтальное проложение расстояния между пунктами, м;  $R$  – радиус Земли,  $6,37 \times 10^6$  м;  $\alpha$  – угол наклона линии визирования.

В зависимости от назначения и срока службы, пункты съемочной сети закрепляют постоянными (рис. 9.9, а, б, в, г) или временными центрами (рис. 9.9, д, е) В качестве центров используют ме-



**Рис. 9.9. Типы центров съемочной сети:**

постоянные пункты в рыхлых (а, б) и скальных (в, г) породах; д – временный пункт в рыхлых породах; е – временный пункт на местном предмете (пне); 1 – металлический стержень, труба или буровая штанга от перфоратора; 2 – металлический костыль, гвоздь или клин; 3 – деревянный кол

таллические штыри, трубы или перфораторные штанги (см. рис. 9.9, а, б, в), костыли или гвозди (см. рис. 9.9, г, д, е). Эти центры бетонируют или просто забивают в трещину горной породы или местный предмет.

### 9.3. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КАРЬЕРОВ

**И**сходной документацией при производстве маркшейдерских работ при строительстве карьеров являются: технический проект организации строительных работ; генеральный план строительства; геологический 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 траншеи выполняют вынос оси траншеи, определяют положение верхних и нижних бровок, поперечников и задают требуемый уклон. На поперечных разрезах траншеи указывают последовательность заходок и их сечения, оси, дренажные канавы. На прямолинейных участках траншеи 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 кольями линии нулевых работ. На местности после обозначения линии нулевых работ выносят и закрепляют положение оси траншеи. Через каждые 20–30 м реперами фиксируют заданный уклон. Попутно с контролем соблюдения при проходке геометрических элементов траншеи определяют объем вынутой горной массы.

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

#### **9.4. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Р**азработка 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.

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 (роторный, ковшовый или другой экскаватор); три фермы – пролетная, консольная и отвальная; две опоры с ходовыми тележками, расположенными на концах пролетной фермы.

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

Перемещение транспортно-отвального моста требует строго выверенной поверхности под опорными тележками, исключаящей деформацию его конструкции. Перемещение опор может осуществляться по рельсам или с помощью гусениц. Это обуславливает необходимость постоянного контроля за их плановым положением, уклоном и соответствием 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 (непосредственно 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 за 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 опережения опор.

При перемещении по транспортно-отвальному мосту значительного объема горной массы с большой скоростью в его метал-

локонструкциях возникают различного рода деформации. Для того, чтобы эти деформации не вызвали нарушения его конструкции, необходимо постоянно знать их величины.

Определение деформаций осуществляется геодезическими или фотограмметрическими способами. Фотограмметрический способ обеспечивает не только определение координат всех точек моста в одно время и под погрузкой, но и делает эти работы безопасными.

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

## 9.5. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

**М**аркшейдерские 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 подготавливаемого к взрыву блока с погоризонтного 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 планов. 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 перемещают 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 производят съемку развала горной массы, по результатам которой определяют объем взорванной массы  $V_p$ , м<sup>3</sup>. Качество буровзрывных работ определяют величиной коэффициента разрыхления горной массы  $K_p$  и выходом негабарита. Значение  $K_p$  находят по формуле  $K_p = V_p/V_{ц}$ , если взрыв производится на зачищенную рабочую площадку, и по формуле

$$K_p = \frac{V_p - 1,1V_{p.o}}{V_{ц}}, \quad (9.5)$$

если взрыв производится на неубранную горную массу. В вышеприведенных формулах приняты следующие обозначения:  $V_{p.o}$  – объем взорванных пород, оставшихся после предыдущего взрыва;  $V_{ц}$  – объем взорванных пород в целике. Величину  $V_{ц}$  находят по данным съемки этого участка после отгрузки взорванной массы.

Взрывные работы используются как при подготовке пород к выемке, так и при проходке горных выработок. Маркшейдерские ра-

боты выполняются в аналогичной последовательности. В случае, если взрывные выработки пройдены в виде шурфов, камер или штреков, то вынос их в натуру и съемка производятся так же, как и при подземной разработке месторождений.

## 9.6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ

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

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

Для разбивки трассы траншеи используются следующие исходные чертежи:

- план траншеи с координатами точек примыкания  $A$  и  $I$  (рис. 9.10), дирекционным углом начального направления  $I-2$ , расстояниями между вершинами углов поворота и радиусов сопрягающих кривых;
- продольный профиль траншеи с фактическими и проектными отметками, а также проектными уклонами;

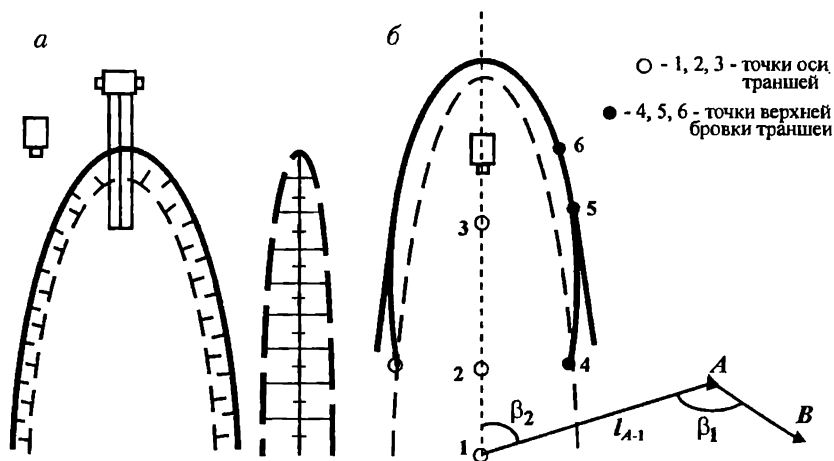


Рис. 9.10. Способ проходки траншей:

$a$  – шагающим экскаватором с укладкой породы на борт или на автотранспорт;  $б$  – экскаватором – механической лопатой с погрузкой породы на автотранспорт

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

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

Задание направления въездной траншеи осуществляют следующим образом:

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

Задание направления траншеи, проводимой с помощью массовых взрывов, производят следующим образом:

- разбивают и закрепляют ось траншеи;
- выносят в натуру подземные горные выработки и скважины для устройства зарядов;
- наносят контур взрывобезопасной зоны.

После взрыва производят съемочные работы для определения объема взрываваемой массы, задают оси, уклоны и высотные отметки экскаваторных заходок.

При проходке траншеи разбивают поперечные профильные линии через 50–100 м для сравнения фактических и проектных профилей, а также определения объемов 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 производят на основе следующих исходных данных:

- план трассы с координатами точек примыкания, дирекционным углом начального направления, расстояниями между вершинами углов поворота, углами поворота и радиусами сопрягающих кривых;
- продольный и поперечный профили трассы с указанием фактических (черных) и проектных (красных) отметок, проектных уклонов;
- план 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. Перенесение в натуру уклонов железнодорожных путей производят 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 забойных 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, определении высотных отметок в начале и конце линии, контроле соблюдения проектного уклона. При канатном транспорте также контролируется высота опор. В процессе эксплуатации линий производят периодические съемки для контроля их состояния.

## 9.7. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД

Объектами маркшейдерских съемочных работ при открытом способе разработки являются рельеф и ситуация местности в пределах горного отвода предприятия, горные выработки (уступы, съезды, траншеи, 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 электропередачи, различные сооружения, здания и механизмы, обеспечивающие добычу, обогащение и переработку полезных ископаемых.

Съемочные работы выполняют методами спутниковой геодезии с 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, производят ежемесячно. При незначительных объемах съемку могут производить 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 квалификации 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 производится 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 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 фотографирования рассчитывается по следующим формулам:  
при топографической съемке

$$B = \frac{15Y_{\phi}^2}{Mft}, \quad (9.6)$$

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

при дополнительной съемке карьера

$$B = \frac{Y_{\phi}^2 R}{5 f d}, \quad (9.7)$$

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

Значения углов  $\alpha$  и  $\beta$  находятся графически по плану (рис. 9.11),  $\alpha$  – угол между направлением бровки уступа и проектирующим лучом.

Точки базиса в зависимости от срока их службы закрепляются обычными центрами, используемыми для пунктов съемочной сети, или специальными стационарными центрами в виде столиков, 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, пульповоды и пр.). Координаты и высоты точек базиса и опорных точек определяются как пункты съемочной сети.

В настоящее время тахеометрическая съемка открытых горных работ производится как с помощью электронных тахеометров, так и с помощью оптических теодолитов технической точности.

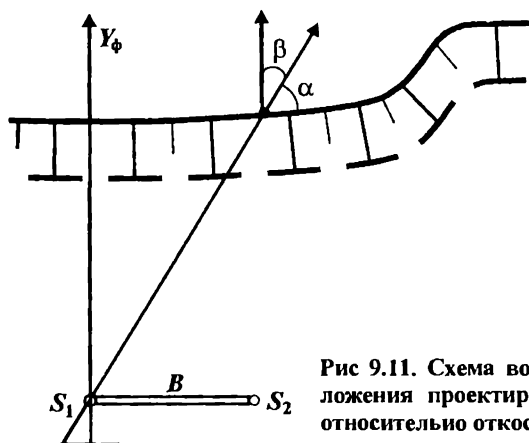


Рис 9.11. Схема возможного положения проектирующего луча относительно откоса уступа

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 которой 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.

Обработка результатов съемки может производиться в полярной или прямоугольной системах координат. Погрешность нанесения пикетов на план должна быть не более 0,5 мм.

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. Съемка отвалов может производиться одним из указанных выше методов съемочных работ. При использовании оптических теодолитов расстояние между прибором и реечной точкой, если объем отвала не более 100 тыс. м<sup>3</sup>, 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.



## 9.8. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДРАЖНОЙ И ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Разработку россыпных месторождений золота, платины, алмазов и некоторых других полезных ископаемых производят 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 создание съемочных сетей производится так же, как и на карьерах, с некоторыми особенностями. Так, проложение теодолитных ходов допускается длиной только до 0,5 км при максимальном количестве сторон – 5.

Съемку поверхности горных выработок производят в масштабе 1:2000. Если площадь полигона не превышает 3 тыс. м<sup>2</sup>, то съемка производится в масштабе 1:1000.

Съемочные работы производятся любым из методов, отвечающих конкретным условиям рельефа и ситуации. Подводная часть горных выработок определяется промерами или методом ультразвуковой локации. 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 снаряд непрерывного действия, оснащенный промывочными и обогатительными установками. Промытые горные породы транспортируются по пульповоду и укладываются в хвосты.

Технология разработки месторождений гидромеханизированным способом состоит в разрушении, разрыхлении и транспортировке породы на обогатительные установки, а затем в отвалы мощной струей воды, подаваемой 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 лежачего 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 за правильностью земляных работ по снятию и складированию растительного слоя; осуществление переноса в натуру всех гидротехнических сооружений (плотины, водоотводного 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  $1-1,5^\circ$ ).

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

Съемку дражных выработок производят через 20–30 м продвижения драги. Съемку осуществляют или непосредственно с драги с

использованием нивелирной рейки, наметки, лотлиня 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 подвигания 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 производят 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 черпачного 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 производят постоянные маркшейдерские наблюдения за положением уровня воды и понтона драги, состоянием плотика.

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 плотика, 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 в 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 плотинах и дамбах, извлеченный при проходке 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.

## 9.9. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

**Р**абочая 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 оборудованных транспортных средств под перевозку людей.

При работе не допускается нахождения 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 радиогодезическими 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 производятся только с помощью специальных крюков.

## **10. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДЗЕМНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ)**

### **10.1. ВИДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**К**аждая шахта или рудник, вне зависимости от своих масштабов, имеют маркшейдерскую службу, представленную обычно самостоятельным производственным участком (отделом). Наличие этой специальной службы связано с необходимостью квалифицированного решения ряда важных, сложных и ответственных задач горного производства.

Основной целью маркшейдерской службы является обеспечение руководства горным предприятием необходимой информацией для осуществления эффективного и безопасного ведения горных работ. Виды маркшейдерских работ и решение конкретных задач во многом зависят от целей ведения горных работ и системы разработки месторождения. Основным видом маркшейдерских работ при подземном способе разработки месторождения является подземная маркшейдерская съемка.

**Подземная маркшейдерская съемка** – совокупность измерительных действий, выполняемых в горных выработках, для определения и графического изображения их формы, состояния, пространственного положения, а также формы, структуры, качества и условий залегания полезных ископаемых и горных пород.

Результаты подземной маркшейдерской съемки служат основой для составления маркшейдерско-геологической документации месторождения, которая используется при решении различных горно-технических задач, возникающих перед горным предприятием.

Объектами подземной маркшейдерской съемки являются все горные, разведочные выработки, пройденные и проходимые в шах-

те (руднике): контуры барьерных, предохранительных целиков и границы безопасного ведения горных работ; контуры затопления и загазования горных выработок; контуры очагов подземных пожаров, очагов суфляров; места внезапного выброса угля и газа, прорывов плывунов и воды; места подземных источников воды; контуры пустот; места горных ударов; контуры участков некондиционного и потерянного кондиционного полезного ископаемого, места применения различных видов крепления и места обрушения пород кровли горных выработок; места закладки выработанного пространства и выкладки бутовых полос; а также применения различных видов закладки, места опробования качества и свойств полезных ископаемых и др.

Полученная на основании съемок документация должна быть полной, точной и легко читаемой.

Основные виды маркшейдерских работ включают:

- создание подземной маркшейдерской опорной и съемочной сетей;
- ориентирно-соединительные съемки, осуществляющие связь подземной съемки со съемками на земной поверхности;
- подземные вертикальные съемки (нивелирование);
- съемка подготовительных, нарезных и очистных горных выработок;
- съемка и контроль за горными работами и особенностями поведения массива горных пород;
- съемки при проведении горных выработок встречными забоями (сбойки) и задания направления горным выработкам;
- съемка и контроль геометрических элементов ствола шахты и подъемного комплекса.

**Основные принципы подземных съемок.** Съемки осуществляют по принципу от общего к частному, т.е. от более точных измерений в опорных сетях к менее точным – съемке подробностей. В этом случае происходит меньшее накопление ошибок. Все измерения должны производиться с точностью, соответствующей точности решения поставленной задачи. Измерения избыточно-точные требуют лишних затрат труда, малоточные – ведут к ошибкам при выполнении горных работ. Все маркшейдерские работы, как полевые, так и вычислительные, должны сопровождаться контролем, т.е. необходимо соблюдать принцип дублирования.

## 10.2. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ОПОРНЫЕ И СЪЕМОЧНЫЕ СЕТИ

### 10.2.1. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СЪЕМКА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

**М**аркшейдерские сети в подземных горных выработках по их значению и точности определения положения пунктов (закрепленных точек) классифицируют на подземные маркшейдерские опорные сети, съемочные сети I и II разряда и съемочные работы (съемка подробностей).

**Подземные маркшейдерские опорные сети** прокладывают по капитальным горным выработкам. Исходными служат минимум три пункта, закрепленные в околоствольных выработках, координаты которых определены ориентирно-соединительными съемками относительно пунктов аналитической сети I разряда (сети триангуляции) или полигонометрии I разряда на земной поверхности.

Определение пунктов маркшейдерских опорных сетей производят методом полигонометрии, в которой углы измеряют теодолитом с погрешностью  $m_{\beta} \leq \pm 20''$ , длины сторон – не ниже 1:3000 длины измеряемой линии. Полигоны с длиной более 2 км разделяют на секции, в каждой секции число углов не должно превышать 20. Для контроля одна из сторон в каждой секции должна быть ориентирована в пространстве гироскопическим методом.

Полигонометрические ходы могут быть замкнутые и разомкнутые. Разомкнутые ходы (висячие) прокладывают дважды – в прямом и обратном направлениях. В обратном направлении ход ведут по другим пунктам с выходом на исходную сторону. Двойной ход прокладывают только в том случае, если он опирается на твердые стороны, полученные путем гироскопического ориентирования.

Для выполнения особо ответственных маркшейдерских работ (сбойки) прокладывают полигонометрию повышенной точности. Точность измерения углов и длин здесь устанавливают особо – предрасчетом.

Относительная погрешность хода в полигонометрии не должна превышать 1:3000–1:5000.

При подвигании горных выработок маркшейдерские опорные сети периодически пополняют: при составлении планов в масштабе 1:1000 – через 300 м и в масштабе 1:2000 – через 500 м. Кроме того, периодически ведут и контрольные ходы.



При подходе выработок к границам опасных зон (к затопленным или загазованным выработкам) на расстояние не более 50 м, удаление пунктов полигонометрических ходов от забоев подготовительных выработок не должно превышать 30 м.

Подземные маркшейдерские съемочные сети являются основой для съемки горных выработок и состоят из теодолитных ходов, прокладываемых для съемки подготовительных выработок, и угломерных ходов, предназначенных для съемки очистных забоев и нарезных выработок в очистных блоках.

Теодолитные ходы опираются на пункты опорной сети, угломерные – на пункты теодолитных и полигонометрических ходов.

Полевые работы при съемке опорной и съемочной сетей в подземных горных выработках состоят из рекогносцировки, закрепления постоянных и временных маркшейдерских пунктов, установки над или под ним теодолита, его центрирования, установки на соседних точках отвесов или сигналов, измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин сторон полигона и съемки контуров горных выработок с составлением абриса (схемы).

Под рекогносцировкой понимают осмотр горных выработок на тех участках, где будет производиться съемка. Ее проводят с целью отыскания пунктов съемочного обоснования предыдущей съемки для привязки, определения мест закрепления новых пунктов (точек), выбора схемы полигона.

Закрепление маркшейдерских точек в горных выработках для пунктов подземной съемки и реперов подземного нивелирования производят специальными знаками, которые могут быть постоянными (рис. 10.1,а) и временными (рис. 10.1,б).

Постоянные маркшейдерские пункты – основа всех съемок в подземных горных выработках. Их закрепляют согласно проекту развития горных работ группами ("кустами" из 3–4 пунктов на каждом горизонте. Расстояние между кустами – 300–500 м (рис. 10.2).

Пункты закрепляют в крепких породах, в местах, где не ожидается сильного горного давления, а также в местах, удобных для последующих съемок.

Постоянные пункты могут быть заложены в почве, кровле и стенках выработок, а также в деревянном и металлическом креплении (см. рис. 10.1).

Временные маркшейдерские точки для прокладки съемочной сети и теодолитных ходов, а также для ходов между кустами по-

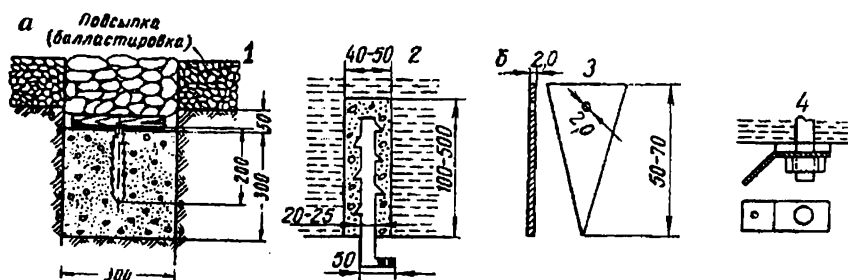


Рис. 10.1. Схемы маркшейдерских пунктов:

*a* – постоянных в почве (1) и в кровле (2) выработок; *б* – временных в деревянной (3) и металлической (4) крепи

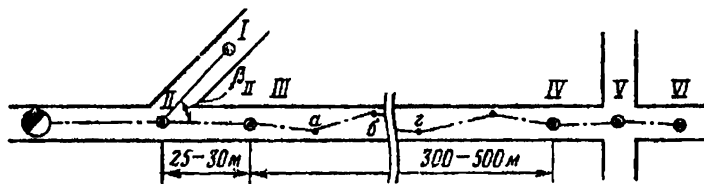


Рис. 10.2. Схема расположения постоянных пунктов

стоянных пунктов представляют собой вырезанные из листового железа толщиной 2–3 мм треугольники с отверстием 1–2 мм или пропилом для подвески отвеса.

Для опознавания точек в натуре на соответствующих стойках крепления закрепляют номера, выбитые из жести, или отмечают краской. Там, где выработки проходят без крепления (в крепких скальных породах), точки закрепляют в деревянных пробках, забитых в шурупы, или в бетоне наподобие "ласточкиного гнезда".

Постоянные знаки нивелирных реперов закладывают парами на расстоянии 20–50 м друг от друга и не более 300 м между парами.

*Установка и центрирование теодолита.* Теодолит для съемки устанавливают на штативе или на консоли.

При центрировании теодолита центрировочный отвес должен находиться в вершине измеряемого угла, а визирные отвесы должны проходить через центры других смежных точек. Если это условие не соблюдается, то возникает погрешность при измерении угла за счет центрирования теодолита и сигналов.

Линейные погрешности центрирования теодолита и сигналов зависят от способа центрирования и колеблются от 0,5 до 2 мм.

Различают три способа центрирования теодолита: нитяными отвесами с точностью 1–2 мм, оптическими центрирами с точностью 1,0–1,2 мм, автоматическое с точностью 0,5–0,8 мм.

При длине сторон 5–10 м применяют автоматическое центрирование. При длине сторон 10–20 м проводят двукратное центрирование теодолита с измерением угла при каждом центрировании, при длине сторон более 20 м измерение угла производят при однократном центрировании теодолита.

На практике применяют отвесы центрировочные регулируемые (ОР) визирные – обычные и световые (ОС).

В регулируемом отвесе нить намотана на барабане, расположенном в корпусе отвеса, а острие отвеса выдвигается из корпуса. В корпусе светового отвеса ОС помещена батарейка, дающая питание электролампе, помещенной внизу в стеклянном колпачке. При съемке визирование производят на этот световой сигнал.

Оптическое центрирование выполняют с помощью специально оптического центрира – визирной трубки, преломляющей луч под углом  $90^\circ$ .

Автоматическое центрирование производят при прокладке опорной маркшейдерской сети методом "потерянных точек" или когда угол образован очень короткими сторонами. Съемку методом "потерянных точек" производят с помощью специального комплекта приборов.

В такой комплект входит теодолит или маркшейдерский тахеометр, три штатива (консоли), два сигнала или отражателя, светодальномер или компарированная рулетка.

Установка указанной аппаратуры на штативах или консолях взаимозаменяема. Это позволяет прокладывать теодолитные ходы между постоянными пунктами методом "потерянных точек", т.е. не закреплять в горных выработках промежуточные точки.

При создании опорной сети используют теодолиты с точностью отсчета не ниже  $30''$ . Измеряют левые по ходу углы. Если угол наклона выработки меньше  $30^\circ$ , то измерения производят одним повторением или приемом. Разность между одинарным и окончательным значением угла не должна превышать  $45''$ . Если одна сторона горизонтальна, а другая наклонна, то эта разность должна быть меньше  $1'20''$  при углах наклона выработки  $31-45^\circ$ ; при углах наклона выработки  $46-60^\circ$  – меньше  $1'50''$ , при углах наклона  $61-70^\circ$  – меньше  $2'30''$ . При угле наклона стороны больше  $30^\circ$  угол

измеряют способом приемов (не менее двух) со смещением начального отсчета перед вторым приемом примерно на  $180^\circ$ .

При способе приемов измерения ведут при закрепленном лимбе и открепленной алидаде сначала при круге лево (КЛ) – первый полуприем  $\beta_n = b_1 - a_1$ ; затем, сместив лимб примерно на  $180^\circ$ , измеряют при круге право (КП) – второй полуприем  $\beta_n = b_2 - a_2$ ;  $\beta = (\beta_n + \beta_n)/2$ , где  $a_1, b_1, a_2, b_2$  – отсчеты по лимбу при наведении трубы на заднюю точку  $A$  и переднюю точку  $B$  при КЛ и КП.

При способе повторений совмещают нуль алидады с нулем лимба, закрепляют алидаду, зрительную трубу наводят на заднюю по ходу съемки точку  $A$  и берут отсчет  $a_0$ .

Открепив алидаду при закрепленном лимбе, трубу наводят на переднюю точку  $B$  и берут контрольный отсчет  $b_k$ . Определяют контрольный угол  $\beta_k = b_k - a_0$ .

Открепив лимб и переведя трубу через зенит, наводят ее снова на точку  $A$ , при этом отсчет не берут, так как он остается прежним.

Открепив алидаду при закрепленном лимбе, трубу наводят снова на переднюю точку  $B$  и берут окончательный отсчет  $b$ .

Значение угла, измеренного одним повторением,  $\beta = (b - a_0)/2$ .

Измерение горизонтального угла теодолитом с внецентренной трубой (рис. 10.3, а, б) производят в крутопадающих выработках. Методика центрирования одинакова с методикой центрирования теодолитом, а угол можно измерить только способом приемов. При измерении углов при круге право

$$\lambda = \beta + \delta = \beta_n + \gamma;$$

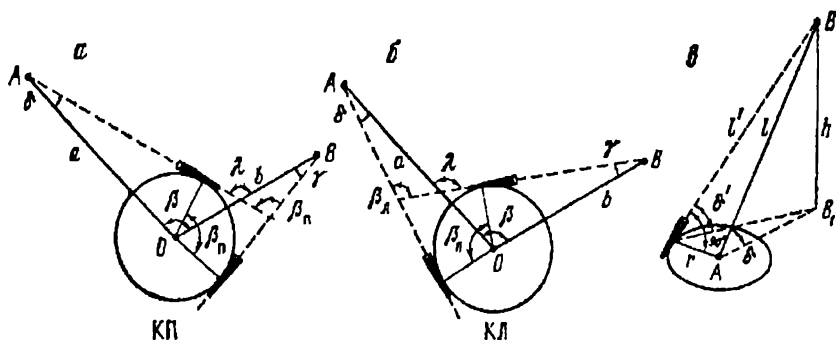


Рис. 10.3. Схемы измерения горизонтального (а, б) и вертикального (в) углов теодолитом с внецентренной трубой

при круге лево

$$\lambda = \beta + \gamma = \beta_n + \delta.$$

Складывая оба уравнения, получим:  $\beta = (\beta_n + \beta_n)/2$ .

Измерение угла следует вести при двух положениях вертикального круга, так как одинарные измерения угла при КП или КЛ дают искаженные значения, особенно при разных длинах сторон.

*Измерение вертикальных углов теодолитом с центральной трубой.* Вертикальные углы измеряют одновременно с измерением горизонтальных углов. Измерения производят при двух положениях круга в прямом и обратном направлениях. При этом расхождение значений места нуля (МО) в начале и конце хода не более  $3'$ .

Вертикальный угол  $\delta$  вычисляют по отсчетам вертикального круга при КЛ и КП, используя одну из формул.

Перед началом измерения вертикального угла необходимо пузырек уровня при алидаде вертикального круга вывести на середину.

*Измерение вертикальных углов теодолитом с внецентральной трубой* (рис. 10.3, в) производят так же, как и с центральной трубой. Однако эксцентриситет трубы вносит свои особенности. В полученный при измерении результат необходимо вводить поправку, которая резко возрастает при увеличении угла  $\delta$  и длинах сторон  $l$  менее 10 м. При  $l$  больше 15 м эта поправка мала, и ею можно пренебречь.

$$\delta = \text{КЛ} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ = (\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ) / 2,$$

где

$$\text{МО} = (\text{КЛ} + \text{КП} + 180^\circ) / 2.$$

Вывод формулы для определения значения поправки понятен из рис. 10.3, в:

$$h = l \sin \delta,$$

$$h' = l' \sin \delta',$$

$$l' = \sqrt{l^2 - r^2},$$

следовательно,

$$\sin \delta = \sin \delta' \sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2}}. \quad (10.1)$$

В этой формуле известны  $l$ ,  $\delta'$ ,  $r$  (эксцентриситет трубы). Угол, измеренный теодолитом с внецентрированной трубой, всегда больше истинного.

*Измерение длин линий в шахте.* В шахтных условиях маркшейдерские точки закрепляют, как правило, в кровле. С них опускают отвесы, поэтому линии измеряют между нитями отвесов рулетками, лентами, проволокой "на весу", а также светодальномерами.

Если длина линии больше длины рулетки, в створе двух основных отвесов выставляют промежуточные отвесы. Это делают по визирному лучу зрительной трубы теодолита. Два исполнителя рулетку натягивают и подводят ее к нитям отвесов. По обоим концам рулетки одновременно по команде делают отсчеты с точностью до миллиметров и записывают их в полевой журнал. Измерения одной и той же длины производят 2–3 раза, смещая рулетку. Расхождения между отдельными измерениями не должны превышать 3–5 мм. Из полученных длин находят средние значения. При измерениях натяжение рулетки стараются делать близким к 10 кг (1 кг = 9,8 Н).

Длины измеряют в прямом и обратном ходе. В обратном ходе промежуточные отвесы выставляют в других местах (для контроля).

Допустимые относительные погрешности при измерении длины линии:

в опорных сетях  $f_{\text{доп}} = (t_{\text{пр}} - l_{\text{обр}})/l_{\text{пр}} \leq 1/3000$ ;

в теодолитных ходах съемочных сетей  $f_{\text{доп}} \leq 1/1000$ ;

в угломерных ходах съемочных сетей  $f_{\text{доп}} \leq 1/200$ .

При сильной воздушной струе и в горных выработках вместо нитяных промежуточных отвесов пользуются жесткими отвесами, которыми снабжены телескопические распорные штанги.

### **Камеральная обработка результатов измерений в подземных опорных и съемочных сетях**

Камеральные работы при полигоно-теодолитной съемке включают:

- обработку полевых журналов, вывод средних значений углов и длин, контроль вычислений в журналах измерений, введение поправок в измеренные длины;

- вычисление невязок, уравнивание сетей, оценка точности положения удаленных пунктов;
- вычисление координат пунктов опорных и съёмочных сетей;
- составление плана горных работ по результатам съёмок и замеров.

*Вычисление координат точек* подземного полигонометрического хода ведут в той же последовательности, что и на поверхности.

Первоначально в ведомость координат записывают средние значения углов и горизонтальных проложений длин, координаты начальной точки съёмки  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и дирекционный угол исходной стороны  $\alpha$ .

Затем определяют угловые невязки хода  $f_\beta$  и сравнивают их с допуском.

В замкнутом полигоне:

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}},$$

где

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n - 2) \text{ — при измерении внутренних углов полигона;}$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n + 2) \text{ — при измерении внешних углов полигона.}$$

Невязку  $f_\beta$  распределяют, если она в пределах допуска, поровну на каждый угол с обратным знаком, т.е.  $\Delta\beta_i = -f_\beta/n$ . Угловая невязка в полигонометрических ходах опорной и съёмочной сетей не должна превышать:

в замкнутых полигонах

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 2m_\beta \sqrt{n}; \quad (10.2)$$

в висячих полигонах, пройденных дважды,

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 2m_\beta \sqrt{n_1 + n_2}. \quad (10.3)$$

В секциях полигонов и в разомкнутых полигонах, проложенных между двумя сторонами, ориентированных с помощью гиротеодолита:

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 2\sqrt{m_\alpha^2 + nm_\beta^2}, \quad (10.4)$$

где  $m_{\beta}$  – средняя квадратическая погрешность измерения углов;  $n$  – число углов полигонометрического хода;  $n_1, n_2$  – число углов прямого и обратного ходов;  $m_{\alpha}$  – средняя квадратическая погрешность определения углов сторон, ориентированных гиротеодолитом.

После распределения угловой невязки вычисляют дирекционные углы  $a$  сторон полигона и приращения координат  $\Delta x, \Delta y$ .

В замкнутом полигоне теоретически  $\Sigma \Delta x = \Sigma \Delta y = 0$ . Однако в результате погрешностей при измерениях появляются линейные невязки  $f_x$  и  $f_y$ ;  $f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ ,  $f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}} / P$ , где  $P$  – периметр полигона.

Если  $f_{\text{отн}}$  в пределах допуска, то невязки распределяют по приращениям с обратным знаком пропорционально длинам сторон, т.е.

$$\Delta f_x = -\frac{f_x}{P} l_i \text{ и } \Delta f_y = -\frac{f_y}{P} l_i. \quad (10.5)$$

Допустимые линейные относительные невязки при прокладке опорных сетей:

- в замкнутых полигонах не должны превышать  $1/3000$  длины хода;
- в разомкнутых полигонах  $f_{\text{доп}} < 1/2000$ .

При прокладке съемочных сетей допустимые линейные относительные невязки в замкнутых теодолитных ходах не должны превышать  $1/1500$ , в разомкнутых и дважды проложенных –  $1/1000$ , в угломерных ходах –  $1/200$  от длины хода.

Заключительным этапом маркшейдерской съемки является вычисление координат  $x, y, z$  точек полигона и составление плана горных работ.

Вычисление и уравнивание ходов опорных и съемочных сетей производится с использованием компьютерной технологии. В вычислительных центрах имеются универсальные программы, составленные так, что маркшейдеру нет необходимости производить промежуточные и дополнительные вычисления.

Для пользования программой маркшейдер заполняет входные документы в простых и удобных формулярах и передает в вычислительный центр или непосредственно результаты измерений, зафиксированные на компьютере теодолита, вводятся в ПЭВМ.

При получении выходных документов маркшейдер производит их проверку. Проверяется полное совпадение двух экземпляров



документов и исходные данных задачи во входных и выходных документах.

Для этого производят несложные контрольные вычисления с применением настольных компьютеров логарифмических и тригонометрических таблиц.

*Составление плана горных работ.* При составлении основных планов на жесткой основе первоначально готовят планшеты. Затем при помощи линейки Дробышева наносят координатную сетку размерами сторон  $10 \times 10$  см. Правильность нанесения проверяют измерителем по диагоналям. После этого сетку закрепляют тушью. Сделав оцифровку сетки согласно принятому масштабу и значениям координат, наносят точки теодолитного хода по координатам. По мере нанесения осуществляют контроль по дирекционным углам линий, их длинам или горизонтальным углам.

После нанесения хода приступают к составлению контуров горных выработок, используя абрисы полевого журнала.

На заключительном этапе план раскрашивают, подписывают объекты, обводят тушью и делают зарамочное оформление. Планы горных работ составляют в соответствии с Едиными условными обозначениями для горной графической документации и по правилам маркшейдерско-топографического черчения.

С помощью компьютерной технологии маркшейдерские чертежи составляют автоматически.

### **Вычисление ожидаемой погрешности положения любой точки подземной съемки**

Погрешность положения точки теодолитного хода зависит от следующих элементов:

$a$  и  $b$  – соответственно коэффициентов случайного и систематического влияния при линейных измерениях;

$[S]$  – периметра хода;

$l$  – длины замыкающей стороны хода;

$m_{\beta}$  – средней квадратической ошибки измерения угла;

$R_i$  – длины диагонали, соединяющей точку с номером  $i$  хода с

начальной точкой его;

$\theta$  – дирекционного угла замыкающей хода;

$[\eta^2]$  и  $[\epsilon^2]$  – суммы квадратов центральных ординат и абсцисс;

$a_i$  – дирекционного угла стороны хода с номером  $i$ ;

$n$  – числа сторон хода.

Соответственно указанным обозначениям погрешность положения точки на плане вычисляют по формулам:

1) средняя квадратическая ошибка определения положения конечной точки  $n$  висячего вытянутого хода с примерно равными сторонами относительно начальной точки

$$M_n^2 = a^2 [S] + b^2 [S]^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+1,5}{3}; \quad (10.6)$$

2) то же, для вытянутого хода, опирающегося по концам на линии с твердыми дирекционными углами (с предварительным распределением угловой невязки хода),

$$M_n^2 = a^2 [S] + b^2 [S]^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12}; \quad (10.7)$$

3) продольный сдвиг конечной точки висячего вытянутого хода

$$M_S^2 = a^2 [S] + b^2 [S]^2; \quad (10.8)$$

4) поперечный сдвиг конечной точки висячего вытянутого хода

$$M_{\beta}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+1,5}{3}; \quad (10.9)$$

5) поперечный сдвиг конечной точки вытянутого хода, опирающегося по концам на линии дирекционными углами (с предварительным распределением угловой невязки),

$$M_{\beta}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12}; \quad (10.10)$$

6) средняя квадратическая ошибка определения положения конечной точки ломаного висячего теодолитного хода относительно начальной точки

$$M_n^2 = a^2 [S] + b^2 l^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [R_{\text{т}}^2]; \quad (10.11)$$

7) средняя квадратическая ошибка определения положения конечной точки ломаного теодолитного хода, опирающегося на линии с твердыми дирекционными углами по концам (с предварительным распределением угловой невязки),

$$M_n^2 = a^2 [S] + b^2 L^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [R_{\text{цк}}^2]; \quad (10.12)$$

8) сдвиг конечной точки ломаного теодолитного хода, опирающегося по концам на линии с твердыми дирекционными углами, по направлению к оси  $x$  (с предварительным распределением угловой невязки)

$$M_x^2 = a^2 [S \cos^2 \alpha] + b^2 L^2 \cos^2 \theta + [\eta^2] \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2}; \quad (10.13)$$

9) сдвиг конечной точки ломаного теодолитного хода, опирающегося по концам на линии с твердыми дирекционными углами, по направлению к оси  $y$  (с предварительным распределением угловой невязки)

$$M_y^2 = a^2 [S \sin^2 \alpha] + b^2 L^2 \sin^2 \theta + [\xi^2] \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2}. \quad (10.14)$$

Значения  $R_{\text{цк}}$  вычисляют после определения координат центра тяжести теодолитного хода, которые равны среднеарифметическому значению условных координат  $x'y'$  всех точек поворота данного хода:

$$x'_0 = \frac{[x']}{n}; \quad y'_0 = \frac{[y']}{n}. \quad (10.15)$$

Координаты центра тяжести теодолитного хода определяют также путем графических построений в масштабе 1:2000 – 1:5000.

Значения  $\eta$  и  $\xi$  для каждой точки хода определяют графически, считая на чертеже точку центра тяжести хода началом координат или вычисляют по формулам:

$$\eta_i = y'_i - y'_0; \quad \xi_i = x'_i - x'_0. \quad (10.16)$$

Вертикальной съемкой называют измерения, проводимые в определенной последовательности для определения превышений одних точек над другими. По высотам исходных пунктов и превышениям вычисляют высоты точек различных объектов съемок.

В подземных горных выработках нивелирование производят для определения координаты  $Z$  пунктов опорной и съемочной сетей, закрепленных в различных местах горных выработок, и для решения инженерно-технических задач. К последним относятся: проведение выработок с заданным уклоном; контроль за уклоном рельсовых путей; составление профилей горных выработок; задание направлений горным выработкам в вертикальной плоскости, проводимыми встречными забоями; определение положения горных выработок по высоте относительно друг друга и относительно земной поверхности; определение высот различных точек, относящихся к поверхности кровли и почвы залежи, разрывных нарушений, местам взятия проб и т.п. для решения горно-геометрических задач.

Различают три вида подземного нивелирования: геометрическое, тригонометрическое и передача координаты  $z$  через вертикальную выработку. Нивелирование производят от опорных высотных пунктов – реперов маркшейдерской сети.

В практике возможны случаи передачи высот на пункты подземной маркшейдерской сети по горизонтальным, наклонным и вертикальным выработкам (рис. 10.4).

Во всех случаях у устьев горных выработок закрепляют реперы, высоты которых определяют геометрическим нивелированием не ниже IV класса от опорной сети на поверхности.

В горизонтальных выработках координату  $z$  передают геометрическим нивелированием от подходных реперов.

По наклонным выработкам с углом наклона больше  $5-8^\circ$  высоты передают тригонометрическим нивелированием.

Через вертикальную выработку высоты передают с помощью длинной шахтной ленты, опускаемой в ствол глубиномера или светодальномера.

Передача высоты должна осуществляться дважды. Разности высот, полученных двумя независимыми способами, не должны превышать:

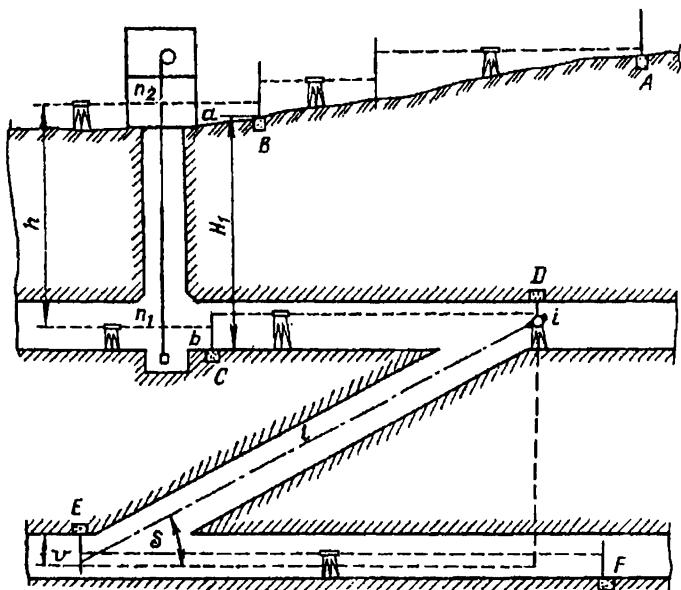


Рис. 10.4. Виды подземной вертикальной съемки

- при передаче через вертикальный ствол  $\Delta h \leq (10 + 0,2H)$ , мм, где  $H$  – глубина, м;
- при передаче по горизонтальным выработкам  $\Delta h \leq 50\sqrt{L}$  (мм);
- при передаче по наклонным выработкам  $\Delta h \leq 100\sqrt{L}$ , где  $L$  – длина хода нивелирования, км.

### Общая схема передачи координаты $z$ с поверхности в шахту

На земной поверхности имеется пункт  $A$  (см. рис. 10.4) государственного нивелирования, высота  $z$  которого определена от нуля Кронштадтского футштока. Требуется определить высоту точки  $F$ , закрепленной в горной выработке.

Чтобы определить высоту (координату  $z$ ) точки  $F$  относительно точки  $A$ , необходимо:

1. Произвести **геометрическое нивелирование** не ниже IV класса точности на земной поверхности от пункта  $A$  до пункта  $B$ , заложенного вблизи устья шахтного ствола. Этот вид нивелирования, выполняемый маркшейдером, ничем не отличается от нивелирования, выполняемого геодезистом.

2. Определить превышение пункта  $B$  над пунктом  $C$ , заложенным в околоствольном дворе шахты. Этот вид нивелирования называется передачей координаты  $z$  через вертикальный ствол.

3. Определить превышение пункта  $D$  над пунктом  $C$  в горных выработках одного и того же горизонта. Это выполняется с помощью подземного геометрического нивелирования. Оно проводится в горных выработках с углом наклона до  $8^\circ$ . Принцип геометрического нивелирования в подземных горных выработках остается таким же, что и при нивелировании на земной поверхности. Здесь лишь следует иметь в виду, что если репер (или пикет) закреплен в кровле выработки, а рейка прикладывается к реперу нулевым концом, то при вычислении превышения  $h$  на станции отсчет по такой рейке имеет знак минус. Например,  $h = 3 - (-11)$ , где  $3$  – отсчет по задней рейке;  $11$  – отсчет по передней рейке на пикете, закрепленном в кровле выработки. По методам измерений и требуемой точности геометрическое нивелирование относится к классу технических нивелировок.

В зависимости от конфигурации выработок в плане и удаленности опорных пунктов друг от друга при техническом нивелировании прокладывают замкнутые ходы или висячие в прямом и обратном направлениях. При этом расстояние между нивелиром и рейками (пикетами) не должно превышать 100 м, расхождение в превышениях на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, не должно превышать 10 мм. Невязки ходов технического нивелирования не должны превышать  $50\sqrt{L}$  (в мм), где  $L$  – длина хода (в км).

4. Определить превышение пунктов  $D$  и  $E$  (см. рис. 10.4). В горных выработках с углом наклона более  $5^\circ$  эту задачу решают с помощью **тригонометрического нивелирования**. При этом измеряют четыре величины:  $l$  – длину стороны хода,  $\delta$  – вертикальный угол стороны,  $i$  – высоту теодолита и  $v$  – высоту сигнала. Превышение вычисляют из выражения  $h = l \sin \delta + i - v$ .

Если один или оба пункта ( $E$  и  $D$ ) закреплены в кровле выработки, то значения  $i$  и  $v$  имеют знак минус. В нашем случае  $h = l \sin \delta + (-i) - (-v) = l \sin \delta - i + v$ .

При передаче высот с помощью тригонометрического нивелирования маркшейдерские работы должны удовлетворять следующим требованиям:

	<i>В полигонометрии</i>	<i>В теодолитных ходах</i>
Расхождение между двумя измерениями длины	1/3000	1/1000
Расхождение значений места нуля в начале и конце хода не должно превышать, угл. мин .....	1,5	3
Разность превышений, мм, для одной и той же линии $l$ , мм .....	0,4	1/1000
Расхождение между двумя определениями высоты теодолита или сигнала, мм .....	5	10
Разность в превышениях, мм, всего хода длиной $L$ , км .....	$100\sqrt{L}$	$120\sqrt{L}$

Вертикальные углы измеряют теодолитом Т15 при двух положениях круга в прямом и обратном направлениях. Стороны хода измеряют в соответствии с требованиями для линейных измерений в подземных полигонометрических ходах. Высоты теодолита и сигналов измеряют рулеткой дважды, отсчеты берут до миллиметров. Превышения для каждой линии хода определяют из прямого и обратного нивелирования.

Реперы закладывают на каждом горизонте горных выработок, как правило, в почве выработки, т.е. в местах, обеспечивающих наибольшую их сохранность на все время ведения горных работ на данном горизонте. Реперы закладывают в околоствольном дворе, в основных горных выработках по мере их подвигания парами на расстоянии от 20 до 50 м один от другого. Расстояние между парами реперов на одном горизонте не должно превышать 2 км. Место закладки репера отмечается на стенке выработки маркой с указанием наименования репера. Конструкция реперов может быть такой же, как и пунктов опорной маркшейдерской сети.

Тригонометрическое нивелирование по наклонным выработкам в опорных маркшейдерских сетях производят чаще всего одновременно с проложением полигонометрического хода, а в съемочных сетях – одновременно с проложением теодолитного или угломерного ходов.

Для определения высот пунктов съемочной сети исходными являются пункты полигонометрии.

### **Погрешность и накопление ошибок при геометрическом нивелировании**

На величину погрешности определения высотной отметки конечной точки влияют погрешность отсчета по рейке и число установок нивелира по ходу. Среднеквадратическая ошибка отсчета по рейке

$$m_0 = \pm \sqrt{m_0^2 + m_i^2}, \quad (10.17)$$

где  $m_0$  и  $m_i$  – погрешности визирования и отсчитывания по рейке соответственно.

Для шахтных условий ошибку визирования принимают

$$m_0'' = \frac{100''}{\upsilon}, \quad (10.18)$$

где  $\upsilon$  – увеличение трубы нивелира.

При расстоянии  $l$  от рейки до нивелира эта ошибка выразится

$$m_0'' = \frac{100'' l}{\upsilon \rho''}. \quad (10.19)$$

Принимая погрешность приведения в шахте уровня в горизонтальное положение равной 0,2 цены деления  $t$  уровня, получим

$$m_i'' = \frac{0,2 t'' l}{\rho''}. \quad (10.20)$$

Таким образом,

$$m_0'' = \pm \frac{l}{\rho''} \sqrt{\frac{10\,000}{\upsilon^2}} + 0,04 (t'')^2. \quad (10.21)$$

Суммарная погрешность превышений по ходу геометрического нивелирования, за исключением ошибки отметки начального репера,

$$m_{\Sigma h} = m_0 \sqrt{2n}, \quad (10.22)$$

где  $n$  – число станций.

### Погрешность тригонометрического нивелирования

На величину погрешности определения высотной отметки конечной точки хода влияют: погрешность измерения угла наклона  $m_\delta$ , число сторон хода  $n$ , погрешность измерения наклона  $\delta$  и значение длины  $l$  сторон хода.

Среднеквадратическая ошибка суммы превышений в ходе тригонометрического нивелирования  $M_{\Sigma h}$ , где углы наклона сторон незначительно отличаются друг от друга, определяется по формуле

$$M_{\Sigma h}^2 = \frac{n}{2} \left( \sin^2 \delta m_l^2 + l^2 \cos^2 \delta m_\delta^2 + m_{\rho_3}^2 + m_{\rho_n}^2 \right), \quad (10.23)$$



где  $l$  и  $\delta$  – средние значения соответственно длины линий и угла наклона в ходе;  $m_l$  – средняя погрешность измерения наклонной длины линий;  $m_{p_3}$  и  $m_{p_n}$  – соответственно средние погрешности измерения высоты нивелира и высоты сигнала (погрешность измерения каждой из этих величин обычно равна  $\pm 2$  мм).

## 10.3. ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

### 10.3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**П**од ориентирно-соединительными съемками понимают установление геометрической связи подземных съемок со съемками на поверхности. Эти работы относятся к капитальным маркшейдерским работам. Они выполняются с высокой точностью и служат базой для создания маркшейдерской опорной сети в горных выработках.

Целью ориентирно-соединительных съемок является создание на каждом горизонте горных работ шахты (рудника) опорной маркшейдерской сети в системе координат, принятой на поверхности. В результате ориентирования представляется возможным составлять планы горных работ в единой системе координат с планами земной поверхности. Ориентирование необходимо для задания направления горным выработкам, проведения их встречными забоями, для развития горных работ согласно проекту, обеспечения правильного взаимного расположения выработок и сооружений на поверхности, установления границ безопасного ведения горных работ, охраны зданий, сооружений и земной поверхности от влияния горных выработок и решения ряда других ответственных инженерно-технических задач.

Ориентирно-соединительные съемки разделяют на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные съемки производят на основе решения задачи центрирования – определения координат  $x$  и  $y$  и ориентирования – определения дирекционных углов  $\alpha$  подземной опорной маркшейдерской сети.

Вертикальные соединительные съемки производят для передачи высот точек с земной поверхности в горные выработки. В ряде случаев их выполняют самостоятельно, отдельно от горизонтальной съемки.

На ориентируемом горизонте необходимо определить координаты  $x, y, z$  одной точки и дирекционный угол  $\alpha$  одной стороны в системе координат, принятой на поверхности.

*Наиболее* ответственной частью горизонтальной соединительной съемки является определение дирекционного угла  $\alpha$  первой стороны подземной опорной сети.

Допустим, что при проецировании с помощью отвеса точки  $A$  с поверхности в шахту допущена линейная ошибка  $l$ . В результате этой ошибки при известном дирекционном угле одной из сторон, например 2–3, вместо безошибочного теодолитного хода  $A-1-2-3-n-K$  по горным выработкам будет проложен ход  $A'-1'-2'-3'-n'-K'$ . Последняя точка хода  $K$  сместится за счет сделанной ошибки также на величину  $l$ , как и все другие вершины хода.

Поскольку при проецировании точки эта погрешность мала (5–7 мм), то она практически не оказывает влияния на точность решаемых горно-технических задач.

Если погрешность сделана в передаче дирекционного угла  $\alpha$  на величину  $m_\alpha$ , то это вызовет поворот всего полигона. Точки теодолитного хода от ствола шахты к ее крыльям будут все более отходить от истинного (безошибочного) положения пропорционально расстоянию  $R$ , и на крыле шахты линейная погрешность составит величину

$$l_1 = \frac{m_\alpha}{\rho} R, \quad (10.24)$$

где  $\rho = 3438'$ .

Учитывая важность соединительных съемок, предусматривается двойное независимое их проведение. При этом разность между двойным независимым ориентированием по определению дирекционного угла первой стороны подземной съемки должна быть не более  $3'$ , т. е.

$$\alpha_1 - \alpha_2 = m_\alpha \leq 3'. \quad (10.25)$$

Из двух независимо полученных значений  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , если результат в пределах допуска, за окончательный принимают  $\alpha_{cp}$ .

Передачу координат  $x, y, z$  в горные выработки на пункты опорной сети производят также независимо дважды.

Ориентирование может быть выполнено геометрическими, включая оптические, и физическими методами. К последним относят магнитное и гироскопическое ориентирование.

При геометрических методах осуществляется непосредственная связь между земной поверхностью и горными выработками. Физические методы позволяют определять дирекционные углы сторон без использования непосредственной геометрической связи горных выработок с поверхностью. Передачу координат  $x$ ,  $y$  в этом случае производят самостоятельно с помощью отвеса, а координату  $z$  – с помощью приборов для измерения длин или нивелированием.

В зависимости от того, как соединены горные выработки с земной поверхностью или между горизонтами различают три случая ориентирования: через штольню, наклонный ствол, через один вертикальный ствол, через два и несколько вертикальных стволов.

*Ориентирование через штольню или наклонный ствол* производят методом прокладывания полигонометрии с поверхности в шахту дважды с выходом на первую сторону подземной съемки. При этом расхождение в результатах ориентирования не должно превышать  $3'$ . В выработках с углами наклона до  $8^\circ$  высоты передают геометрическим нивелированием, а с углами наклона свыше  $3^\circ$  – тригонометрическим нивелированием.

### 10.3.2. ГИРОСКОПИЧЕСКАЯ ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА

**О**сновы гироскопического ориентирования. Гироскоп – это быстро вращающееся тело, масса которого расположена симметрично по отношению к оси вращения. Примером простейшего гироскопа является волчок. Чем быстрее скорость его вращения, тем устойчивее заданное направление оси вращения. Различают гироскопы свободные и несвободные.

Свободный гироскоп имеет три степени свободы, т.е. вращение его может происходить относительно трех взаимно перпендикулярных осей.

Если свободный гироскоп лишить одной степени свободы, то он превращается в двухстепенной, приобретает ориентирующее свойство, т.е. становится *гироскопом*.

У такого гироскопа ось вращения очень чувствительна к вращению Земли. В результате ось гироскопа устанавливается параллельно земной оси, т.е. в направлении географического меридиана в данной точке.

В нашей стране руководящая роль в конструировании и изготовлении маркшейдерских гироскопов принадлежит ВНИИ,

где созданы специальное конструкторское бюро, лаборатория гироскопии и опытно-экспериментальный завод по изготовлению новых маркшейдерско-геодезических приборов.

Основными приборами для гироскопического ориентирования шахт в настоящее время являются МВТ4, МВТ12. Кроме того, известны цифровой маркшейдерский гирокомпас МВЦ-4 с выводом результатов измерений на цифровое табло, МВБЗ – малый гирокомпас для повседневных маркшейдерских работ, МВГ1, НГВ – маркшейдерская взрывобезопасная гиросададка.

Большие работы по изготовлению маркшейдерско-геодезических гирокомпасов ведутся в Венгрии, США, Германии и других странах. Изготавливаемые зарубежными фирмами гирокомпасы получили название гиротеодолитов. В СССР основными маркшейдерскими гирокомпасами стали торсионные МВТ2 и МВТ4. Они предназначены для ориентирования подземных опорных маркшейдерских сетей, а также для ориентирования и контроля подземной съемки. Масса гиromотора и угломерной части – 16 кг. Масса всего комплекта – 33 кг. Точность определения гироскопического азимута  $30''$ , продолжительность одного определения азимута 25 мин. Центрирование и горизонтирование гирокомпаса производят так же, как и теодолита.

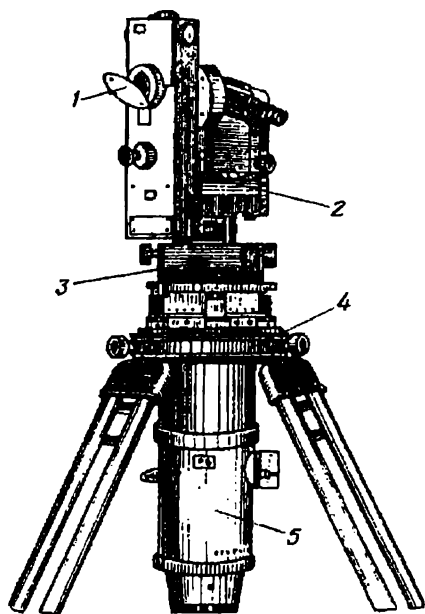


Рис. 10.5. Гирокомпас МВТ4:  
1 – зеркало подсветки; 2 – угломерная часть; 3 – трегер; 4 – штатив; 5 – гири-приставка

В отличие от МВТ2 гирокомпас МВТ4 (рис. 10.5) конструктивно выполнен в однокорпусном исполнении. В одном приборе, устанавливаемом на штативе, объединены гириблок и измерительный блок. Блок питания – преобразователь и аккумуляторная батарея размещены вместе с гириблоком в общем взрывобезопасном корпусе.

Работу по измерению дирекционного угла стороны подземного хода гироскопическим способом выполняют в следующем порядке:

- рекогносцировка;
- определение гироскопического азимута исходной стороны на земной поверхности и вычисление поправки гироскопаса;
- определение гироскопических азимутов ориентируемых сторон в шахте;
- вычисление и оценка точности результатов. Рекогносцировку производят до начала работы. Ее цель – выбор схемы проведения работ и выбор исходной и ориентируемых сторон и точек установки гироскопаса.

За исходное направление на поверхности принимают сторону  $AB$  (рис. 10.6, *а*) триангуляции или полигонометрии, дирекционный угол которой известен. Гироскопас устанавливают на одном из пунктов исходной стороны, например в точке  $A$ .

Включив электропитание, гироскопас переводят в рабочий режим. После стабилизации режима (разгона гироскопа) приступают к наблюдениям за колебаниями чувствительного элемента (ЧЭ) с помощью автоколлиматора. Вычисляют отсчет  $N$  по лимбу, соответствующий положению равновесия ЧЭ. В процессе наблюдений измеряют также исходное направление  $AB$  и получают средний отсчет по лимбу.

В положении равновесия ЧЭ ось гироскопа будет направлена на север  $C$  в плоскости географического меридиана точки установки гироскопаса, а зрительная труба будет направлена на север ус-

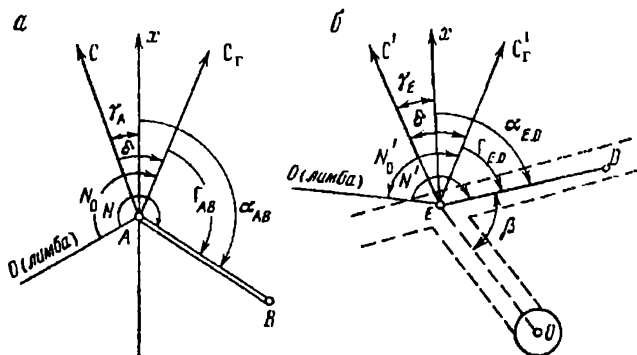


Рис. 10.6. Схема гироскопического ориентирования на земной поверхности (*а*) и в шахте (*б*)

ловного "гироскопического" меридиана  $C_r$ , образуя постоянный с истинным меридианом угол  $\delta$ , называемый поправкой гироскопаса:

$$\delta = \alpha_{AB} + \gamma_A - \Gamma_{AB}, \quad (10.26)$$

где  $\alpha_{AB}$  – дирекционный угол стороны  $AB$ ;  $\gamma_A$  – плоское сближение меридианов в точке  $A$ ;  $\Gamma_{AB}$  – гироскопический азимут стороны  $AB$ .

Гироскопический азимут исходной стороны определяют дважды. Первый раз – непосредственно перед определением гироскопических азимутов ориентируемых сторон в шахте, второй – после этих работ. Поправку гироскопаса вычисляют как среднее из определений.

Ориентируемую сторону в шахте выбирают между постоянными маркшейдерскими пунктами  $ED$  (рис. 10.6,б), на которых возможна установка гироскопаса. Длина стороны должна быть не менее 50 м. Гироскопический азимут в шахте, так же как и на поверхности, определяют не менее двух раз и из них находят среднее значение.

Дирекционный угол ориентируемого направления  $ED$  в шахте с учетом поправки  $\delta$  вычисляют по формуле

$$\alpha_{ED} = \alpha_{AB} + \Gamma_{ED} - \Gamma_{AB} + (\gamma_A + \gamma_E). \quad (10.27)$$

Гироскопическое ориентирование решает только одну задачу – определение дирекционного угла. Координаты же  $x$ ,  $y$ ,  $z$  передают самостоятельно геометрическим методом.

Передача координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  с поверхности в шахту решается с помощью прибора длиномера ДА-2 одновременно с передачей координаты  $Z$  (рис. 10.7).

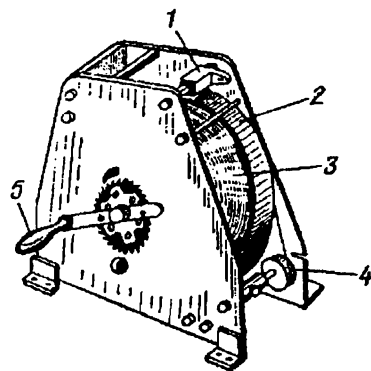


Рис. 10.7. Длинномер ДА-2

Длинномер ДА-2 (см. рис. 10.7) представляет собой лебедку, на ось которой насажены барабан 3 и свободно вращающийся мерный диск 2. На барабан намотана проволока диаметром 0,8 мм и длиной 1000 м. Длина окружности мерного диска 1 м. По окружности мерный диск разбит на сантиметровые деления. В верхней части мерного диска расположен счетчик оборотов 1 с указателем для отсчета сантиметров и миллиметров при измерении.

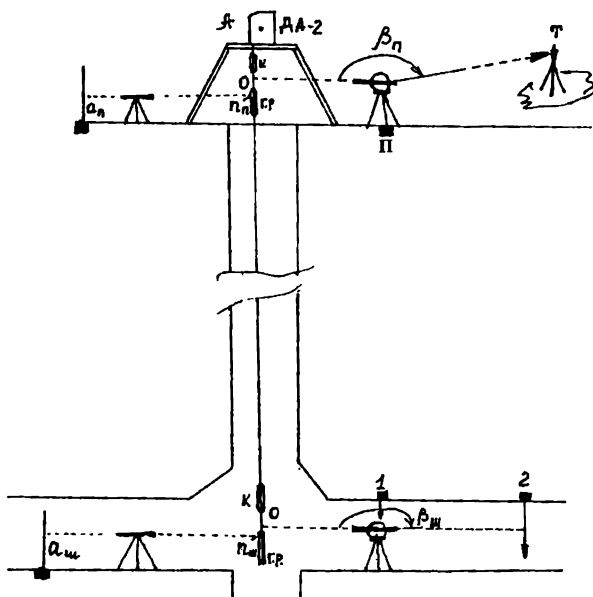


Рис. 10.8. Порядок работ по передаче координаты  $Z$  с поверхности в подземную выработку

В комплект ДА-2 входят две рейки: одна из них груз-рейка, представляющая собой цилиндр, залитый свинцом, массой 10 кг; другая располагается выше на 1–1,5 м – легкая контрольная рейка к. Длина реек 30–40 см, рейки по окружности разбиты на сантиметровые деления. По этим рейкам берут отсчеты по сетке нитей нивелира.

Проволока 4 через систему роликов огибает на  $3/4$  мерный диск по окружности и вместе с груз-рейкой с помощью рукоятки 5 опускается в ствол шахты.

Порядок полевых работ следующий. Длинномер ДА-2 устанавливают на верхней приемной площадке или на помосте над стволом в точке А (рис. 10.8) Устанавливают два нивелира и два теодолита – по одному на поверхности и в шахте; на реперах ставят нивелирные рейки. Теодолиты центрируют на подходных точках. Опускают груз-рейку до уровня визирного луча нивелира на поверхности и в этом положении берут три отсчета:  $N_n$  – отсчет по длинномеру;  $n_n$  – отсчет по груз-рейке;  $a_n$  – отсчет по рейке на репере в подземной выработке.

Затем, как только при спуске в поле зрения нивелира появится контрольная рейка, спуск приостанавливают и берут два отсчета:  $N_n^k$  – отсчет по длиномеру;  $n_n^k$  – отсчет по контрольной рейке.

После этого груз-рейку и контрольную рейку опускают в ствол шахты до появления в поле зрения нивелира. В этом положении берут три отсчета;  $N_{ш}$  – по длиномеру;  $n_{ш}$  – по груз-рейке и  $a_{ш}$  – по рейке на репере в шахте. Затем, опустив контрольную рейку до уровня визирного луча нивелира, берут отсчеты  $N_{ш}^k$  по длиномеру,  $n_{ш}^k$  – по контрольной рейке.

Из полученных отсчетов глубину шахты вычисляют дважды:

$$\begin{aligned} h_1 &= (N_{ш} - n_{ш}) - (N_n - n_n) - a_n - a_{ш} + \Sigma\Delta l; \\ h_2 &= (N_{ш}^k - n_{ш}^k) - (N_n^k - n_n^k) - a_n + a_{ш} + \Sigma\Delta l. \end{aligned} \quad (10.28)$$

Изменив горизонты нивелиров, в обратном порядке измеряют глубину шахты, определяя дополнительно  $h_3, h_4$ .

Допустимое расхождение между отдельными измерениями контролируется формулой  $\Delta h \leq 0,01 + 0,0002(N_{ш} - N_n)$ , м.

Далее определяют  $h_{cp}$  и высоту репера в шахте:

$$z_{Rp_{ш}} = z_{Rp_n} - h_{cp}. \quad (10.29)$$

Величину  $h$  определяют с учетом ряда поправок: за диаметр проволоки, за компарирование мерного диска, за температуру.

Опущенный отвес с груз-рейкой на ориентируемом горизонте (рис. 10.8) успокаивают и производят привязку отвеса к подходным точкам: на поверхности – П, координаты  $x, y$  которой известны, и в шахте – точка  $I$ . На поверхности измеряют угол  $\beta_n$ , визируя на нить отвеса  $O$  и геодезический пункт  $T$ , и длину стороны ПО.

Вычисляют координаты отвеса:

$$\begin{aligned} x_0 &= x_n + \overline{ПО} \cos(\overline{ПО}), \\ \text{где } (\overline{ПО}) &= (\overline{ПТ}) - \beta_n, \\ y_0 &= y_n + \overline{ПО} \sin(\overline{ПО}). \end{aligned} \quad (10.30)$$

На ориентируемом горизонте под точкой  $I$  устанавливают теодолит, визируют на нить отвеса  $O$ , и при помощи окулярной шкалы определяют среднее положение отвеса. Затем визируют на точку  $2$ , определяют угол  $\beta_{ш}$  и длину стороны  $\overline{1-0}$ .



Зная дирекционный угол стороны (2–1) из гироскопического ориентирования, определяют дирекционный угол стороны (1–0) = = (2–1) ± 180° – β<sub>ш</sub>. Далее вычисляют координаты x, y точки 1 – первой стороны подземной опорной сети.

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0 + \overline{01} \cos(0-1); \\ y_1 &= y_0 + \overline{01} \sin(0-1). \end{aligned} \tag{10.31}$$

### 10.3.3. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ОДИН ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ

Этот вид ориентирования осуществляют при глубине шахтного ствола не более 500 м. Для этого в ствол опускают два отвеса, фиксирующих отвесную плоскость. Дирекционный угол этой плоскости одинаков по всей глубине. Отвесы могут быть представлены оптическими или лазерными лучами. Обычно используют физические отвесы. Геометрическое ориентирование включает решение трех самостоятельных задач: проецирование точек с поверхности в шахту, примыкание к опущенным в ствол отвесам на поверхности и на ориентируемом горизонте.

Передачу координаты Z с поверхности на ориентируемый горизонт производят отдельно прибором ДА-2, длиной мерной лентой, свето- или лазерным дальномером.

Проецирование точек с поверхности в шахту осуществляется с помощью отвесов, которые могут быть неподвижными и качающимися.

При проецировании неподвижным отвесом предполагается, что отвес в стволе занимает строго вертикальное положение, и при этом в проекции на горизонтальную плоскость точки, соответствующие отвесу на поверхности и в шахте, совпадают.

Расположение оборудования при проецировании точек с поверхности в шахту показано на рис. 10.9.

Лебедки 1 должны быть снабжены двумя храповиками с запорами. Диаметр барабана лебедки, на котором намотана проволока, должен быть не менее 250 мм. Все детали лебедки должны выдерживать двукратную нагрузку. Диаметр направляющих блоков 2 для спуска проволоки в ствол должен быть не менее 150 мм. Для отвесов применяют стальную проволоку 3 диаметром от 0,5 до 2,0 мм в зависимости от глубины шахты и величины подвешиваемых гру-

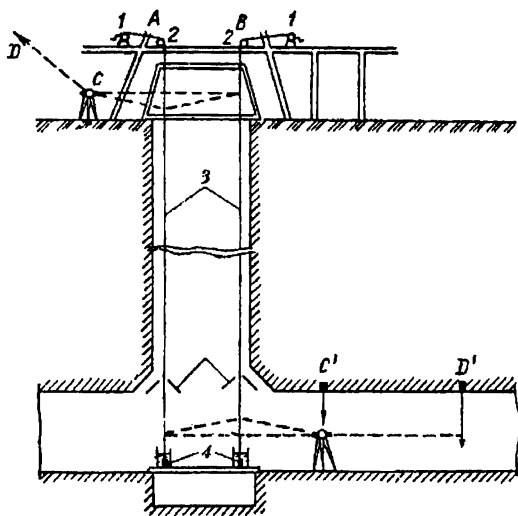


Рис. 10.9. Схема расположения оборудования при ориентировании через вертикальный ствол

зов. Масса груза, подвешиваемого на проволоку, не должна превышать 60 % предела прочности проволоки на разрыв. Грузом являются стальные или свинцовые пластины 4, надеваемые на штангу внизу отвеса. Масса пластин – 10–20 кг.

Положение проволоки отвесов в стволе проверяют двумя способами:

- сравнением расстояния между отвесами на поверхности и в шахте (расхождение не должно превышать 2 мм);
- спуском по проволоке каждого отвеса кольца из проволоки или толя, если они пришли вниз, то отвесы в стволе не касаются армировки.

Для контроля применяют способ маятника, вычисляя полупериод качания отвеса по формуле

$$t = \pi \sqrt{H/g} \approx \sqrt{H}, \quad (10.32)$$

где  $H$  – длина отвеса, м;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Наиболее вероятное положение неотклоненного (вертикального) отвеса определяют по наблюдениям с помощью шкальных приборов.

Задачу примыкания осуществляют путем создания и решения геометрических фигур. Решению задач предшествует закрепление

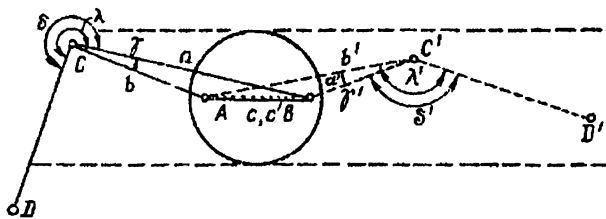


Рис. 10.10. Схема примыкания способом соединительных треугольников

подходных точек у ствола на поверхности и на ориентируемом горизонте. Способ примыкания выбирают таким, чтобы погрешность передачи дирекционного угла от исходной стороны на земной поверхности к створу отвесов и также от створа отвесов на первую сторону подземной съемки в отдельности не превышала  $\pm 30''$ .

При любом способе примыкания должен быть обеспечен надежный контроль. Примыкание может быть выполнено соединительными треугольниками, четырехугольниками, симметричным (шкальным) способом, методом створа. Наиболее простым и распространенным является *примыкание способом соединительных треугольников* (рис. 10.10). Сущность способа состоит в следующем. На поверхности от опорной сети к подходной точке  $C$  прокладывают полигонометрию 2-го разряда и вычисляют  $\alpha_{cd}$  и  $x_c, y_c$ . В шахте закрепляют постоянные пункты  $C'D'$  так, чтобы от точки  $C'$  была видимость на отвесы и пункт  $D'$ . Желательно, чтобы в образовавшихся на поверхности и в шахте остроугольных соединительных треугольниках острые углы  $\gamma$  не были больше  $2-3^\circ$ . На подходных точках устанавливают теодолиты и измеряют горизонтальные углы  $\gamma, \delta, \lambda, \gamma', \delta', \lambda'$  с точностью  $10''$ . При применении теодолитов Т2 и Т5 углы измеряют двумя приемами, теодолитом Т15 – тремя приемами.

В соединительных треугольниках измеряют в горизонтальной плоскости все стороны  $a, b, c$  и  $a', b', c'$ . Каждую сторону измеряют при смещении рулетки не менее пяти раз. Допустимое расхождение между отдельными измерениями 2 мм. Из допустимых значений определяют среднюю длину каждой стороны. При повторном ориентировании для контроля один из отвесов смещают и все угловые и линейные измерения повторяют заново.

Контроль правильности измерения линейных и угловых величин треугольников осуществляют сравнением измеренных рас-

стояний между отвесами на поверхности и ориентируемом горизонте с вычисленными по формуле косинусов:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma, \quad (10.33)$$

при этом расхождения  $c_{\text{изм}} - c_{\text{выч}}$  не должны превышать 3 мм.

Углы при отвесах вычисляют:

при  $2^\circ < \gamma < 20^\circ$  по формуле синусов:

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}; \quad (10.34)$$

если  $\gamma < 2^\circ$  – по приближенной формуле:

$$\angle A = \frac{a}{c} \gamma, \quad \angle B = \frac{b}{c} \gamma; \quad (10.35)$$

если  $\gamma \geq 20^\circ$  – по формулам сторон:

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}, \quad (10.36)$$

$$\operatorname{tg} \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}, \quad (10.37)$$

где  $p = (a + b + c)/2$ .

Угловую невязку в треугольниках распределяют поровну с обратным знаком только на вычисленные углы при отвесах  $A$  и  $B$ .

Сумма уравненных углов в каждом треугольнике

$$\angle A + \angle B + \gamma = 180^\circ. \quad (10.38)$$

Передачу дирекционного угла  $\alpha$  с поверхности в шахту делают по схеме, как в обычном теодолитном ходе по двум направлениям с выходом на общую сторону. Например:  $\alpha_{DC} + \delta \pm 180^\circ - \angle B \pm 180^\circ - \angle A' \pm 180^\circ + \lambda' \pm 180^\circ$ .

Координаты на первую точку подземной съемки передают по тем же направлениям, что и дирекционные углы:

$$\begin{aligned} X_{C'} &= X_C + \Delta X_C^B + \Delta X_B^A + \Delta X_{A'}^C, \\ Y_{C'} &= Y_C + \Delta Y_C^B + \Delta Y_B^A + \Delta Y_{A'}^C. \end{aligned} \quad (10.39)$$

Контролем ориентирования является повторение работ после смещения одного из отвесов. В некоторых случаях в ствол опускают три отвеса. В трех образовавшихся соединительных треугольниках два принимают за контрольные. В результате может быть получено два значения  $\alpha_{C'D'}$ . Если разность между ними меньше  $3'$ , то за окончательное значение дирекционного угла принимают среднее из полученных.

#### 10.3.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ДВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛА

Полевые работы при ориентировании через два ствола разделяют на два этапа: до остановки стволов и после их остановки.

До остановки работы стволов около них закрепляют подходные пункты  $a$  и  $b$  (рис. 10.11) и от опорной сети на поверхности прокладывают к ним полигометрию 1-го разряда (пункты I, II). В окоlostвольных дворах выставляют подходные точки  $n$  и прокладывают между ними ход полигометрии повышенной точности ( $1/3000-1/5000$ ).

После выполнения этих работ производят остановку стволов. В каждый из них опускают по одному отвесу, а на подходных точках  $a$ ,  $b$  и  $I$ ,  $n$  устанавливают теодолиты. Четыре наблюдателя одно-

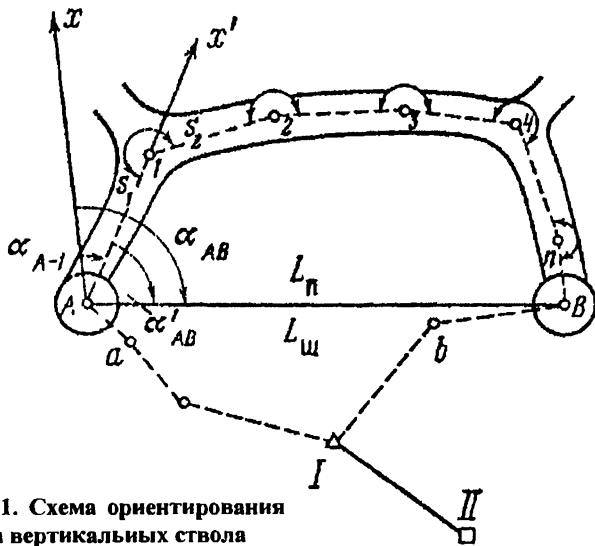


Рис. 10.11. Схема ориентирования через два вертикальных ствола

временно делают примыкание к отвесам (измеряют угловые и линейные величины).

При ориентировании через два ствола погрешность проецирования отвесов играет второстепенную роль. Поэтому здесь не применяют специальных методов определения положения покоя отвесов на горизонте примыкания. Вычисления ведут в следующем порядке.

Исходя из схемы примыкания на поверхности вычисляют координаты точек закрепления отвесов  $A$  и  $B$ , т.е.  $x_A, x_B, Y_A, Y_B$ ; затем дирекционный угол створа отвесов  $\alpha_{AB}$  и расстояние между отвесами  $L_{\Pi}$  (на поверхности), решая обратную геодезическую задачу:

$$\alpha_{AB} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \quad (10.40)$$

и

$$L_{\Pi} = AB = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{AB}}. \quad (10.41)$$

Вводят условную систему координат: ось  $ox'$  направляют по первой стороне подземной съемки, а за начало координат принимают один из отвесов (в нашем примере отвес  $A$ ). Отсюда  $X_{A'} = Y_{A'} = 0$  и  $\alpha_{A-1} = 0$ .

По измеренным  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  и  $l_1, l_2, \dots, l_n$  вычисляют координаты точек подземного полигона, а также координаты точки закрепления отвеса  $B$  в условной системе, а затем вычисляют

$$\alpha'_{AB} = \arctg \frac{Y'_B - Y'_A}{X'_B - X'_A}; \quad (10.42)$$

$$L_{\text{ш}} = AB_{\text{ш}} = \frac{Y'_B - Y'_A}{\sin \alpha'_{AB}} = \frac{X'_B - X'_A}{\cos \alpha'_{AB}}. \quad (10.43)$$

Дирекционный угол первой стороны подземной съемки в истинной системе координат определяют согласно формуле

$$\alpha_{A-1} = \alpha_{AB} - \alpha'_{AB}. \quad (10.44)$$

По известным  $\alpha_{A-1}$  и координатам отвеса  $A$  вычисляют координаты всех точек подземного хода и отвеса  $B$ , но уже в истинной системе координат.

Контроль ориентирования:

$$L_n - L_{ш} = \Delta L \leq \Delta L_{доп}; \quad (10.45)$$

поскольку координаты отвеса  $B$  получены в истинной системе на поверхности и в шахте, то линейные невязки определяют как

$$f_x = x_{Вп} - x_{Вш}, \quad (10.46)$$

$$f_y = y_{Вп} - y_{Вш}. \quad (10.47)$$

Отсюда  $f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ ;  $f_{отн} = f_{абс} / P$ , а при вытянутом ходе между стволами  $f_{отн} = f_{абс} / L$ . Погрешность определения дирекционного угла первой стороны подземной съемки не должна превышать  $1'$ :  $m_a \leq 1'$ . Это условие выполняется, когда

$$f_{абс} / P = \operatorname{tg} 1' \leq 1/3438. \quad (10.48)$$

Ориентирование через два ствола из всех геометрических способов является самым точным. Поскольку расстояние между отвесами большое, погрешность проектирования не оказывает существенного влияния на точность ориентирования. Ориентирование этим способом проводят в течение 1,5–2,0 ч, в то время как при ориентировании через один ствол – 6–10 ч.

Для повышения точности ориентирования уменьшают число сторон подземного полигона, т.е. стороны должны быть длинными: вытянутый вдоль створа стволов полигон способствует повышению точности ориентирования.

### 10.3.5. УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ

**У**прощенные методы ориентирования применяют при ориентировании съемочных сетей подэтажных горизонтов. Наибольшее распространение они получили на рудниках, где много горизонтов, вертикальных и наклонных выработок, соединяющих их с основными горизонтами. Ориентирование производят геометрическими, оптическими, магнитными и гироскопическими методами.

Ориентирование через один восстающий двумя отвесами с примыканием методом соединительных треугольников по исполнению аналогично ориентированию через один ствол.

Ориентирование через два восстающих по методике аналогично ориентированию через два ствола, однако работы выполняются по упрощенной схеме.

*Ориентирование методом одного отвеса и касательных шнуров.* В основу этого метода, как и многих других при упрощенном ориентировании съемок через вертикальные и наклонные выработки, приняты два положения из геометрии:

- через наклонную прямую можно провести только одну вертикальную плоскость;
- все линии, лежащие в этой плоскости, будут иметь один и тот же азимут или отличаться от него на  $180^\circ$ .

На рис 10.12 показана схема ориентирования верхней подэтажной выработки. Здесь фиксированной вертикальной плоскостью является плоскость, проходящая через отвес  $O$  и шнуры, касающиеся его.

Задача сводится к следующему. Дано:  $\alpha_{AB}, X_B, Y_B, Z_B$ . Требуется определить:

$$\alpha_{CD}, X_C, Y_C, Z_C.$$

В точке  $B$  устанавливают теодолит, и в восстающий опускают один отвес. Визируя на точку  $A$  и отвес  $O$ , измеряют горизонтальный

угол  $\beta$  и одновременно на стенке выработки по краю нити отвеса при визировании закрепляют точку  $a$ . Далее от нее в восстающий протягивают шнур, касающийся отвеса по одну его сторону, закрепляя поочередно точки  $b, m$ , заканчивая на ориентируемом горизонте точкой  $C$ . Под ней устанавливают теодолит, измеряют угол  $\gamma$  между отвесом  $O$  и закрепленной точкой  $D$ .

Линии  $Ba, ab, bm, mC$  лежат в одной вертикальной

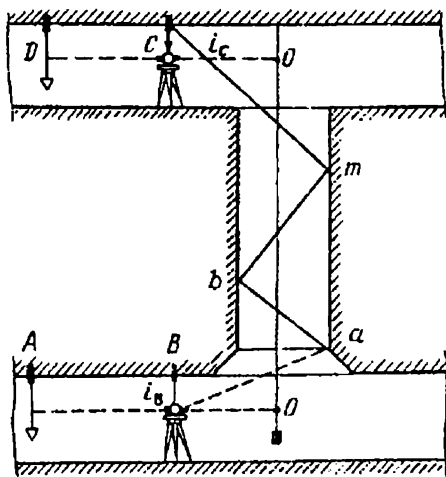


Рис. 10.12. Схема ориентирования отвесом и касательным шнуром



плоскости и имеют один и тот же азимут. В нашем примере  $\alpha_{CD} = \alpha_{AB} + \beta \pm 180^\circ + \gamma \pm 180^\circ$ .

Измеряют расстояния в горизонтальной плоскости  $BO$  и  $CO$  и определяют координаты точки  $C$ :

$$X_C = X_B + BO \cos \alpha_{Ba} + O_C \cos \alpha_{mC}, \quad (10.49)$$

$$Y_C = Y_B + BO \sin \alpha_{Da} + O_C \sin \alpha_{mC}. \quad (10.50)$$

Высоту точки  $C$  определяют путем измерения глубины восстающего или расстояния между горизонтальными визирными осями теодолитов:

$$Z_C = Z_B - i_B + h + i_C, \quad (10.51)$$

где  $i_B, i_C$  — соответственно высота прибора (теодолита) в точках  $B$  и  $C$ . Погрешность такого ориентирования  $m_\alpha = 7'$ .

Возможно ориентирование наклонным шнуром  $AB$  (рис. 10.13) с помощью двух отвесов и примыканием соединительными треугольниками. В точках  $A$  и  $O$  шнура прикреплены отвесы. Отвесы и

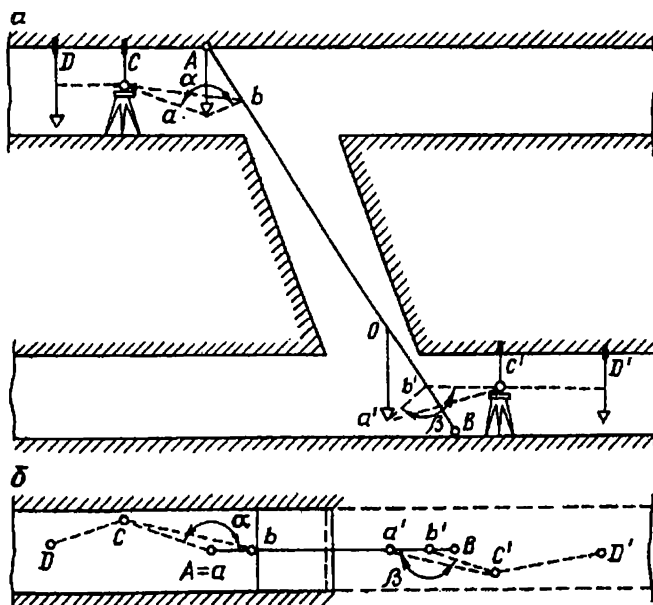


Рис. 10.13. Схемы ориентирования наклонным шнуром с двумя отвесами:  $a$  — в разрезе;  $b$  — в плане

шнур лежат в одной вертикальной плоскости. Делают примыкание методом треугольников на верхнем и нижнем горизонтах. По известным координатам точки  $C$  и дирекционному углу стороны  $DC$  определяют дирекционный угол вертикальной плоскости, проходящей через шнур  $AB$ . Затем определяют дирекционный угол стороны  $C'D'$ .

Ориентирование подземной маркшейдерской сети приборами с магнитной стрелкой в настоящее время носит эпизодический характер. Современные горные предприятия являются механизированными и электрифицированными. На поверхности и в шахте много магнитных масс, отклоняющих магнитную стрелку. Лишь в отдельных случаях определяют по магнитным азимутам дирекционные углы подземной съемки этим способом, в основном во второстепенных горных выработках.

Высоты пунктов съемочной сети в подэтажных выработках определяют путем передачи высоты с пунктов (реперов) основного горизонта через вертикальные восстающие выработки при помощи рулетки. Разность в превышениях по двум измерениям не должна быть более 5 см.

### 10.3.6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ ОРИЕНТИРОВАНИИ

**П**еред началом ориентирования должна быть продумана организация работ во всех деталях. Это обусловлено тем, что работы должны быть выполнены в максимально короткий срок и с высокой точностью. Ориентирование делается один раз в несколько лет, и в отдельных случаях повторить ее не представляется возможным.

Обычно перед ориентированием составляют планограмму работ. Все работы разбивают на две стадии: до остановки ствола и после его остановки. Заранее определяют способы выполнения отдельных операций, устанавливают точность измерения угловых и линейных величин и делают предрасчет погрешности ожидаемого результата. Работы при ориентировании ведут одновременно на поверхности и в шахте.

Весь цикл непосредственных работ по ориентированию разделяют на:

- подготовительные работы (выбор схемы ориентирования, приборы, их поверки, расположение оборудования, подвоз

к стволу материала, закрепление подходных точек, прокладка полигонометрии от опорных пунктов к стволу);

- работы на поверхности (закрепление лебедок и отвесов, освобождение ствола от клетки (скипов), перекрытие ствола, спуск отвесов, измерение углов и длин при примыкании к отвесам);
- работы в шахте (прием опущенной проволоки, подвеска основных грузов, определение положения покоя отвесов, примыкание к ним).

Для производства работ необходимо 4 человека на поверхности и 3 – на горизонте примыкания. Работа этих бригад должна строго согласовываться.

### **Меры безопасности при ориентировании**

Провести инструктаж при производстве работ, не допускать падения предметов в ствол, при перекрытии ствола работать можно только с предохранительными поясами, посторонних людей, не связанных с ориентированием, у ствола не должно быть.

О времени и сроках выполнения ориентировки горный надзор должен быть предупрежден письменно, а график работ утвержден главным инженером шахты.

Устье ствола и зумпф должны быть надежно перекрыты брусками или досками, оставив лишь для пропуска отвесов отверстия 10×10 см.

Не допускается присутствие людей под стволом на горизонте примыкания при спуске и подъеме отвесов.

Руководитель работ обязан лично проверить надежность крепления всего оборудования, просмотреть проволоку отвеса, пропустив ее "через руку", проволока не должна иметь перегибов. Величина подвешиваемого груза выбирается из расчета двукратной прочности на разрыв.

Между поверхностью и шахтой должна быть надежная связь (обычно телефонная, реже – звуковая, световая), ее устанавливают перед началом работ.

Не допускается одновременного выполнения работ на поверхности и околоствольном дворе при примыкании к отвесам.

## 10.4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В НАРЕЗНЫХ И ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТКАХ

### 10.4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**М**аркшейдерские работы при проведении нарезных и очистных выработок в выемочных участках и очистных блоках называют *съемочными работами*.

Они являются одной из важнейших задач маркшейдерской службы. Срок службы нарезных и очистных выработок небольшой. От оперативной и правильной съемки во многом зависит нормальная производственная деятельность горного предприятия, обеспечение безопасного ведения горных работ, полнота выемки полезного ископаемого из недр.

По результатам маркшейдерских работ в нарезных и очистных выработках повседневно решают такие горно-технические задачи, как уточнение формы, свойств и условий залегания залежи и вмещающих пород; планирование подготовительных и очистных горных работ; перенесение проектного положения выработок в натуру и задание им направлений; контроль правильности проведения горных выработок и т.п.

Объектами маркшейдерской съемки являются все горные выработки, характерные точки и капитальные сооружения в них, элементы геологического строения месторождения и вмещающих пород, элементы горного давления.

Съемку подробностей производят одновременно с проложением теодолитных или угломерных ходов или отдельно.

Характеристика подземных теодолитных и угломерных ходов приведена в табл. 10.1.

Теодолитные ходы могут быть замкнутыми, разомкнутыми или положенными дважды. Пункты теодолитных ходов закрепляют

Таблица 10.1

Ход	Средняя квадратическая погрешность измерения углов		Предельная длина хода, км	Допустимое расхождение между двумя измерениями стороны
	горизонтальных	вертикальных		
Теодолитный	40"	60"	1,0	1/1000
Угломерный	10'	10'	0,3	1/200

так же, как временные пункты подземной маркшейдерской опорной сети. В угломерных ходах пункты не закрепляют. Длина таких ходов не должна превышать 300 м при составлении планов горных выработок в масштабе 1:1000 и 500 м – в масштабе 1:2000. Удаление пунктов теодолитного хода от забоя подготовительной выработки не должно превышать 50 м, а вблизи границ опасных зон – не более 20 м. Углы измеряют теодолитами типа ТЗО, центрирование – автоматическое или с помощью шнуровых отвесов. Длины линий измеряют стальными компарированными рулетками.

Съемка контуров горных выработок и составление абриса – завершающий этап полевых съемочных работ.

Основное назначение съемочных работ, частью которых является съемка контуров горных выработок и характерных мест, – это получение исходных данных для составления планов горных работ на базе проложенных опорных и съемочных сетей.

В шахтных условиях эта работа может быть выполнена ординато-линейным и полярным способами, короткобазисной стереофотограмметрической съемкой или преобразованием светового источника в световую плоскость.

В каждой точке, где установлен теодолит, измеряют от теодолита расстояние влево  $l$ , вправо  $s$ , вверх  $h$ , вниз  $h_2$  до стенок выработки, а также перпендикуляры от сторон полигона до стенок выработки на искривленных участках.

При полярном способе от одной из сторон полигона измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$ , а также длины  $l_1$  до каждой характерной точки выработки. Этот способ применяют в районе пересечения выработок, а также при съемке камер.

Абрис (схему) со всеми числовыми значениями заносят в полевой журнал измерения углов и длин. Составление абриса и съемку контуров горных выработок ведут по мере прокладки теодолитных ходов. Точность, с которой определяют положение подробностей, зависит от цели съемки и от масштаба плана.

Съемочные работы выполняют более простыми по устройству и обращению компактными маркшейдерскими приборами. В доступных выработках используют угломеры У-3, УТГ, У-60, УТБ, УТ-3 и др. Они имеют простую зрительную трубу, горизонтальный и вертикальный круги (или полукруги) с делениями через  $1^\circ$ . Некоторые угломеры снабжены дальномерными устройствами, позволяющими измерять расстояния до 30–45 м с точностью 1/100–1/200.

Угломеры устанавливают на штативе, консоли, на распорной колонке. В комплект прибора входят специальные дальномерные рейки.

#### 10.4.2. СЪЕМКА НАРЕЗНЫХ ВЫРАБОТОК

Съемку нарезных выработок выполняют от ближайших пунктов и сторон маркшейдерской съемочной сети путем замеров стальными или тесьяными рулетками или тахеометрическим способом. Линейные измерения выполняют на уровне среднего сечения выработки с точностью до 1 дм в черне и до 1 см — в свету.

Все детали съемки отражают на эскизах в специальном журнале или журнале угловых измерений. При контроле соблюдения проектного сечения выработки основные ее размеры измеряют до сантиметров. Для отражения на маркшейдерских планах динамики процесса горного производства во времени съемку ведут систематически в установленные сроки, иногда по декадам, но не

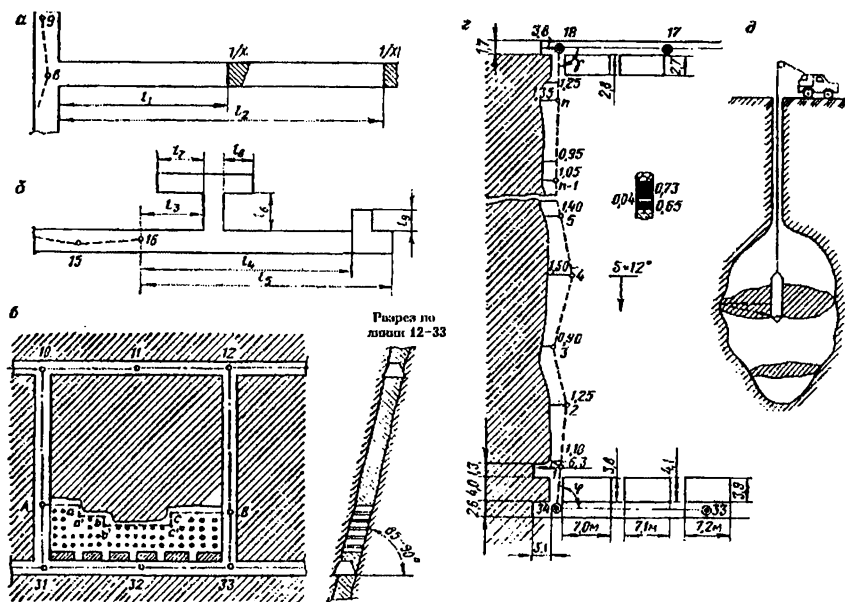


Рис. 10.14. Схемы съемок подготовительных и очистных выработок: замеры подвигания забоев подготовительных выработок (а) и камер (б); схемы съемок очистных забоев крутопадающих залежей (в), пологопадающих залежей (з) и камер выщелачивания (д)

реже одного раза в месяц, а также на момент завершения проходки выработки. Замеряют объемы горно-подготовительных и очистных работ, определяют подвигание забоя, его ширину и высоту. На основании замеров горно-проходчикам начисляют заработную плату.

На рис. 10.14,*а* показано положение забоя от точки 8 на I/X и на I/XI. Подвигание забоя за месяц составит  $l = l_2 - l_1$ , м. Для определения площади сечения забоя замеряют его ширину внизу и сверху, а также высоту. Объем выработки равен результату от умножения величины подвигания  $l$  забоя на площадь его сечения.

На рис. 10.14,*б* показаны пункты 15 и 16 съемочной сети, а также схема замера линейных величин  $l_3, l_4, \dots, l_9$  контура горизонтальных выработок.

### 10.4.3. СЪЕМКА ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

**С**ъемку очистных забоев или замер выработанного пространства выполняют по состоянию на первое число каждого месяца. В зависимости от характера очистных забоев и горно-технических условий положение очистных забоев определяют съемкой или замера рулеткой от ближайших пунктов съемочной сети. Наряду со съемкой очистных забоев производят замеры мощности залежи и других элементов.

При разработке крутопадающих жил небольшой мощности по системе с магазинированием отбитой руды съемку производят с помощью висячего полукруга. В восстающих отмечают точки  $A$  и  $B$  (рис. 10.14,*в*), определяют их положение относительно маркшейдерских точек 31 и 33. В очистном забое между точками  $A$  и  $B$  с помощью висячего полукруга и отвесов натягивают горизонтальные шнуры  $Aa, a'b, b'c', cB$ . Сумма измеренных горизонтальных расстояний должна равняться общему расстоянию между точками  $A$  и  $B$ . Измеряют также вертикальные длины всех отвесов  $aa', bb', cc'$ . От горизонтальных шнуров ведут способом ординат съемку забоя и поверхности отбитой руды.

На рис. 10.14,*г* показана съемка очистного забоя при разработке пологого пласта. Между точками 34 и 18 проложен угломерный ход 1–2–3–...  $n$ . Расстояние между точками хода измеряют дальномером или тесняной рулеткой. Угломерный ход привязан к съемочной сети путем измерения примычных углов  $\varphi, \gamma$  соответствен-

но в точках 34 и 18. При съемке измеряют рулеткой расстояния по перпендикулярам от точек хода до забоя. Одновременно производят геологические зарисовки забоя, определение элементов залегания рудного тела.

Съемка очистных забоев обязательно сопровождается эскизными зарисовками. В эскизе отображают степень выработанности смежных боковых участков, измеряют и записывают размеры целиков, отмечают места завалов, прорыва пльвунов, очаги возникновения пожаров, внезапных выбросов газов и другие подробности, представляющие интерес с точки зрения техники безопасности; измеряют места, где производится закладка выработанного пространства, а также бутовые штреки, элементы залегания, мощность залежи и ее изменение по простиранию и падению, элементы геологических нарушений. Структуру залежи измеряют в характерных местах и в местах резкого ее изменения.

На структурных разрезах залежи изображают все пачки полезного ископаемого, породные прослойки, ложную почву и кровлю, надписывают размеры (мощности) пачек и прослоев, указывают, какие породные прослойки и пачки полезного ископаемого вынимаются и какие остаются не вынутыми или отсортировываются у забоя, подсчитывают и отмечают общую, полезную и выемочную мощность залежи.

Участки потерянной руды по мощности и потери отбитого полезного ископаемого также измеряют.

Рулеточный замер сводится к линейным измерениям по ходу, привязываемому к пунктам маркшейдерской основы. Повороты по ходу делают под прямым углом на глаз, подробности – по методу ординат. Данные рулеточного замера контролируют линейной привязкой точек хода к попутным точкам и предметам, определенным ранее из съемок при помощи угломерной съемки.

После обработки вычислений угломерный ход наносят на план по дирекционным углам и горизонтальным проекциям сторон. Затем на плане откладывают в масштабе расстояния от точек хода до забоя и проводят линию забоя.

В выработках большого сечения, камерах, а также недоступных пустотах, контуры которых невозможно снять обычными маркшейдерскими приборами, съемку производят методами и приборами, которые позволяют одновременно с угловыми величинами определять расстояния до стенок выработок. К таким методам отно-



сятся виды съемок – тахеометрическая, фотограмметрическая и звуколокационная.

При тахеометрической съемке на характерные точки камеры вместо установки рейки наводят световое пятно, на которое направляют визирную линию трубы. Расстояние от прибора, установленного в безопасном месте, до светового пятна измеряют безреечным дальномером двойного изображения. С помощью угломерной части прибора измеряют горизонтальный угол и угол наклона визирной линии.

Фотограмметрическим способом съемку производят с помощью спаренных фотокамер, устанавливаемых вблизи выработки на штативе. План выработки составляют по стереоснимкам с помощью специального прибора.

При съемке подземных пустот, заполненных соляным раствором или другими жидкостями (рис. 10.14, д), а также при съемке камер, стволов и рудоспусков применяют звуколокаторы, "нутромер", "контур", "зонд" и другие, а также звуколокационную систему "Сфера". Последняя предназначена для дистанционной маркшейдерской съемки недоступных очистных камер и подземных пустот по замкнутым вертикальным и горизонтальным сечениям с промежуточной магнитной записью первичной информации и последующим ее воспроизведением на круговых диаграммах в виде масштабного графического изображения записанных контуров сечений.

Съемочная аппаратура имеет акустическую антенну, модулятор, кассетный магнитофон, блок питания с аккумуляторными батареями. При съемке антенна выносится в выработку на штанге или штативе. Координаты центра антенны и азимут исходного направления звукового луча определяются маркшейдерской привязкой. Дистанционное управление звуколокационным обзором осуществляется с помощью модулятора, преобразующего вращение антенны в электрические сигналы, которые записываются кассетным магнитофоном. Модулятор снабжен цифровым индикатором для визуального контроля за измеряемыми величинами. При воспроизведении контуров сечений очистной камеры запись может быть многократно повторена в различных масштабах и по различным сечениям. Материал съемок дает объективную информацию о положении потолочин и фактических контурах стенок камер, позволяет определять местоположение и объем потерь неотбитой и невыпущен-

ной руды, оценивать разубоживание, увеличивать полноту извлечения кондиционных запасов и закладку выработанного пространства, обеспечивать безопасное ведение горных работ. В звуколокаторе "Сфера" дальность действия 60 м, погрешность измерения расстояний – 2 %, масштаб записи – от 1:50 до 1:500, время записи одного сечения – 6 мин, общая масса съемочной аппаратуры – 30 кг, питание от сети переменного тока 50 Гц, 200 В.

К точности съемочных работ предъявляют различные, но определенные требования: обеспечение положения постоянных контуров или отдельных точек выработки по отношению к пунктам съемочной сети со средней погрешностью 0,4 мм на плане; определение по результатам съемки основных размеров выработанного пространства (линии забоя и подвигания) с погрешностью, не превышающей 1/100; обеспечение прохождения выработок встречными забоями в пределах очистного блока или выемочного участка в горизонтальной плоскости с точностью 0,5 м при скреперной доставке и 1,0 м – при транспорте, а в вертикальной плоскости – 0,15 м. По результатам съемки строят планы, вертикальные и погоризонтные разрезы, сечения и другие графические материалы, отражающие положение снимаемых объектов между двумя датами съемки.

*Вертикальную съемку откаточных путей* в выработках, близких к горизонтальным, выполняют техническим нивелированием по пикетам через 10 или 20 м или профилографом шахтовых рельсовых путей ПРШ-1 М или ПРК-1 или профилемером. Одновременно измеряют высоту выработки на каждом пикете и в характерных местах. Съемку рельсовых путей в наклонных выработках выполняют тригонометрическим нивелированием, используя боковые реперы.

Построение продольного профиля рельсовых путей по результатам съемочных работ производят с использованием компьютеров и графопостроителей.

Построенный профиль служит основой для решения вопросов поддержания выработок и перестилки путей в связи с деформированием выработок в результате горного давления, подсчета объемов при подсыпке и поддирке почвы – для укладки рельсовых путей. Масштаб построения разный вертикальный, обычно в 10 раз крупнее горизонтального.

## 10.5. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК ВСТРЕЧНЫМИ ЗАБОЯМИ

### 10.5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При организации и выполнении работ по проведению выработок встречными забоями маркшейдер должен:

- установить совместно с главным инженером горного предприятия предельную погрешность смыкания забоев (допуск); предрассчитать возможную предельную погрешность смыкания при данной методике производства съемок;
- произвести съемки и на их основе определить направление выработок в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- задать направление выработок в натуре;
- систематически осуществлять инструментальный контроль за соблюдением заданного направления выработок во время их проведения;
- произвести контрольную съемку выработок после смыкания забоев (сбойки) и определить фактическую погрешность смыкания забоев.

Проведение горных выработок встречными забоями называют также сбойкой выработок. При сбойках требуется, чтобы забои выработок сошлись с заданной точностью и в плане, и по высоте. Точность сбойки заранее определяется техническими условиями и может быть предрассчитана. Направление горных выработок в натуре по расчетным углам задается с помощью лазерных указателей направления ЛУН-7, ЛУН-12 и др.

Все многообразные случаи проведения выработок встречными забоями разделяют на **пять типов**, входящих в две основные группы: а) сбойки по проводнику, два типа и б) сбойки без проводника (рис. 10.15,а, б), три типа (рис. 10.15,в, г, д).

Под проводником понимается пласт, жила или поверхность кровли или почвы залежи или литологического слоя, придерживаясь которого ведут выработку.

**Сбойки по проводнику.** Первый тип (см. рис. 10.15,а) – сбойка горизонтальных выработок, проводимых по наклонно падающему проводнику, например, штрека между двумя уклонами. Второй тип (см. рис. 10.15,б) – сбойка наклонных выработок, например, уклона или бремсберга между двумя штреками.

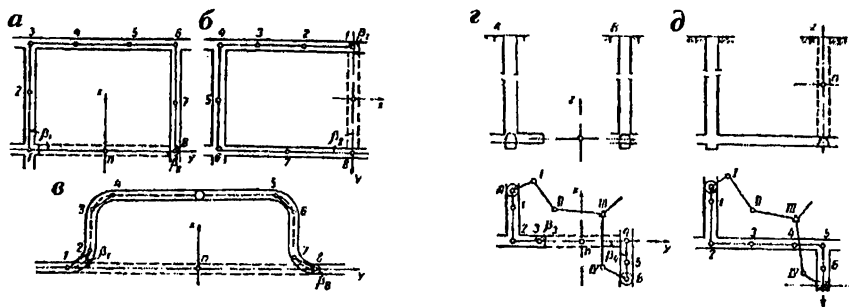


Рис. 10.15. Типы проведения выработок встречными забоями

**Сбойки без проводника.** Третий тип (см. рис. 10.15, в) – сбойка наклонных или горизонтальных выработок одной шахты (проведение околоствольных выработок).

Четвертый тип (см. рис. 10.15, г) – сбойки горизонтальных и наклонных выработок разных шахт (проведение квершлага между двумя шахтами).

Пятый тип (см. рис. 10.15, д) – сбойки вертикальных выработок (проходка ствола или углубка его).

В каждом типе сбоек имеется одно или два ответственных направления. Так, в первом типе сбоек ответственным направлением является направление в вертикальной плоскости (по оси  $z$ ); направления в горизонтальной плоскости по оси сбойки (по оси  $y$ ) и перпендикулярно оси сбойки (по оси  $x$ ) свободны – не ответственны. Во втором типе ответственным является направление по оси  $x$ . В третьем и четвертом типах ответственными являются направления по осям  $x$  и  $z$ , в пятом – по осям  $x$  и  $y$ .

*При сбойке первого типа* (см. рис. 10.15, а) прокладывают нивелирный ход и определяют высотные отметки точек 1 и 8, затем вычисляют угол наклона и задают его в натуре.

*При сбойке второго типа* (см. рис. 10.15, б) прокладывают теодолитный ход 1, 2, 3, ..., 8; вычисляют координаты точек 1 и 8 ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_8$ ,  $y_8$ ); по вычисленным координатам определяют углы  $\beta_1$  и  $\beta_8$  из выражений:

$$\beta_1 = (1-8) - (1-2); \quad \beta_8 = (8-1) - (8-7), \quad (10.52)$$

где

$$\operatorname{tg}(1-8) = \frac{y_8 - y_1}{x_8 - x_1}.$$

При сбойке третьего типа (см. рис. 10.15,в) прокладывают теодолитный ход 1, 2, 3, ..., 8; прокладывают нивелирный ход между точками 1 и 8; вычисляют координаты  $x$ ,  $y$  и высотные отметки точек 1 и 8; вычисляют углы  $\beta_1$ ,  $\beta_8$  и угол наклона  $\delta$  сбиваемой выработки; задают направление выработок в натуре перенесением углов  $\beta_1$ ,  $\beta_8$  и  $\delta$ ; контролируют соблюдение заданных направлений.

При сбойке четвертого типа (см. рис. 10.15,з) рекомендуется следующая последовательность выполнения работ: прокладка теодолитного и нивелирного ходов между стволами шахты на поверхности; ориентировка и измерение глубины ствола шахты; прокладка теодолитных и нивелирных ходов от шахтных стволов к забоям; вычисление углов  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  и  $\delta$  для задания направления выработке в горизонтальной и вертикальной плоскостях; перенесение углов  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  и  $\delta$  в натуру; контроль за соблюдением заданных направлений в процессе проходки выработок.

При сбойке пятого типа (см. рис. 10.15,д) вертикальная съемка имеет второстепенное значение, так как направление по оси  $z$  свободное.

Все съемочные работы должны выполняться с обязательным контролем. Контрольные съемки выполняют другими способами и исполнителями. За окончательный результат съемок, выполненных 2 и более раз, принимается весовое среднее из полученных значений.

Фактические средние ошибки ориентирования и измерения глубины шахтных стволов определяют по формулам:

$$M_0 = \pm \sqrt{\frac{[P_a \upsilon_a \upsilon_a]}{[P_a](n-1)}}; \quad (10.53)$$

$$m'_H = \sqrt{\frac{[P_H \upsilon_H \upsilon_H]}{[P_i](n-1)}}; \quad (10.54)$$

где  $\upsilon_a$ ,  $\upsilon_H$  – отклонения значений дирекционных углов  $a$  и высоты  $H$ , полученных из отдельных измерений, от их среднего значения;  $P_a$ ,  $P_H$  – веса способов ориентирования и измерения глубины шахтного ствола (веса берут равными величинами, обратно пропорциональным квадратам средних ошибок, принятым при предрасчете);  $n$  – число ориентировок или измерений глубины ствола.

## 10.5.2. ПРЕДРАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ СМЫКАНИЯ ЗАБОЕВ

Составляют проект маркшейдерских работ. В проекте предусматривают схему выработок (в крупном масштабе), виды съемок, методику их выполнения, инструментарий и т.д. Предрасчет ведут в следующей последовательности: вычисляют средние погрешности измерений (углов, длины, сторон, превышений); предвычисляют средние погрешности смыкания забоев отдельно по каждому источнику; определяют предельную погрешность смыкания забоев по ответственным направлениям; сравнивают предельную погрешность ранее установленным допуском.

Среднюю погрешность измерений определяют, сообразуясь с принятой методикой съемки.

Погрешность измерения угла вычисляют по формулам:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\sum f_{\beta}}{N}}; m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}}; \quad (10.55)$$

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{m^2 + \frac{\rho^2 e^2 (a^2 + b^2 - ab \cos \beta)}{a^2 b^2}}, \quad (10.56)$$

где  $f_{\beta}$  – угловая невязка полигона;  $n$  – число углов в полигоне;  $N$  – число полигонов;  $d$  – разность значений угла при двукратном его измерении;  $a$  и  $b$  – стороны измеренного угла;  $e$  – эксцентриситет теодолита и сигналов;  $m$  – инструментальная ошибка.

Погрешность измерения длины сторон вычисляют по формуле

$$m_l = a\sqrt{l + bl}, \quad (10.57)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты влияния случайных и систематических погрешностей;  $l$  – сторона полигона.

Погрешность хода геометрического нивелирования

$$m_H = m_h \sqrt{n}; m_h = m_0 \sqrt{2}; m_0 = 0,0007 \frac{l}{\sigma}, \quad (10.58)$$

где  $m_h$  – погрешность отдельного превышения, мм;  $m_0$  – погрешность отсчета по рейке, м;  $l$  – расстояние от нивелира до рейки, м;  $\sigma$  – увеличение трубы теодолита;  $n$  – число станций (установок нивелира).

## Погрешность хода тригонометрического нивелирования

$$m_H = m_h \sqrt{2}; \quad m_h = \pm \sqrt{\frac{1}{\rho^2} l^2 \cos^2 \delta m_\delta^2 + \sin^2 \delta m_l^2}, \quad (10.59)$$

где  $m_h$  – погрешность превышения точек стороны полигона, мм;  $l$  – сторона полигона;  $\delta$  – угол наклона.

Значения средних погрешностей:  $m_\beta = \pm 22''$  и  $m_l/l = 1:5000$  определены инструкцией по производству маркшейдерских работ.

Для геометрического нивелирования допустимая относительная невязка между двумя нивелирными ходами 1-го разряда составляет 1:30 000 длины хода (в прямом и обратном направлениях), для тригонометрического нивелирования – 1:3000 длины хода.

При предрасчете ошибки смыкания забоев в горизонтальной плоскости различают направление по оси сбойки (ось  $y$ ) и направление, перпендикулярное оси сбойки (ось  $x$ ). Предрасчет ведут только для ответственного направления, перпендикулярного оси сбойки.

Погрешность положения точки смыкания в зависимости от погрешности измерения углов и длины сторон определяется по формулам:

$$m_{x_{\text{пр}}} = \pm \sqrt{m_{x\beta}^2 + m_{x_l}^2}; \quad (10.60)$$

$$m_{x\beta} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_y^2}; \quad (10.61)$$

$$m_{x_l} = \pm \sqrt{\sum m_l^2 \cos^2 \alpha} \quad (10.62)$$

или

$$m_{x_l} = \frac{m_l}{l} \sqrt{\sum d_x^2}, \quad (10.63)$$

где  $R_y$  – проекции расстояний от точек полигона до точки смыкания на ось сбойки (на направление, перпендикулярное ответственному);  $m_\beta$  и  $m_l$  – средние погрешности измерения углов и длины сторон;  $m_l/l$  – средняя относительная погрешность измерения длины сторон;  $\alpha$  – дирекционные углы полигона (в системе координат сбойки);  $d_x$  – проекции сторон полигона на ответственное направление (на ось  $x$ ).

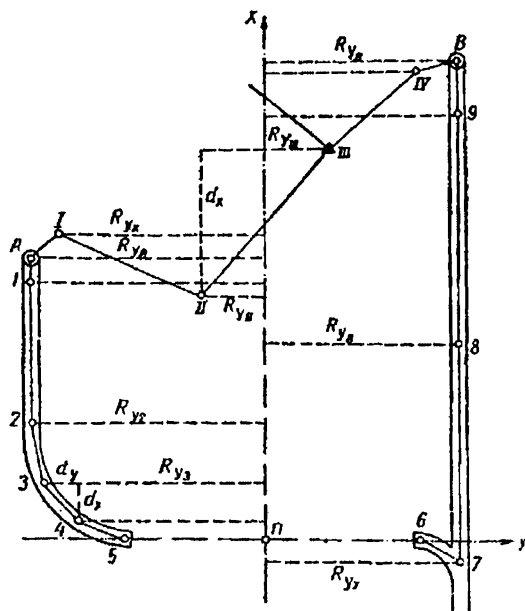


Рис. 10.16. Определение погрешности положения точки смыкания забоев по отвесному направлению

Численные значения  $R_y$ ,  $\alpha$  и  $d_x$  определяют графически со схемы, составленной по данным съемки в крупном масштабе.

Погрешность положения точки смыкания забоев по ответственному направлению в зависимости от погрешности ориентировки через один вертикальный ствол вычисляют по формуле (рис. 10.16.)

$$m_{x_0} = \pm \frac{1}{\rho''} M_0'' R_{y_0}, \quad (10.64)$$

где  $M_0$  – погрешность ориентировки, с;  $R_{y_0}$  – проекция расстояния от центра ствола до точки смыкания на ось сбойки (на направление, перпендикулярное ответственному);  $\rho'' = 206\,000$ .

Общая средняя погрешность смыкания забоев в горизонтальной плоскости (от всех источников) при сбойке выработок одной шахты с учетом двукратного выполнения съемок выражается формулой

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{m_{x\beta}^2 + m_{xl}^2}{2}}; \quad (10.65)$$



при сбойке выработок из разных шахт – формулой

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{m_{x\beta}^2 + m_{xl}^2 + m_{x01}^2 + m_{x02}^2}{2}}. \quad (10.66)$$

Предельная погрешность смыкания забоев в горизонтальной плоскости

$$M_x = 3m_x. \quad (10.67)$$

Среднюю погрешность смыкания забоев в вертикальной плоскости определяют по формулам:

при сбойке выработки одной шахты с учетом двукратного выполнения съемок

$$m_H = \pm \sqrt{\frac{m_h^2 + m_T^2}{2}}; \quad (10.68)$$

при сбойке выработок из разных шахт

$$m_H = \pm \sqrt{\frac{m_h^2 + m_T^2 + m_{h01}^2 + m_{h02}^2}{2}}, \quad (10.69)$$

где  $m_h$  – погрешность нивелирного хода на поверхности и в шахте;  $m_T$  – погрешность хода тригонометрического нивелирования;  $m_{h01}$  и  $m_{h02}$  – погрешность измерения глубины стволов шахты.

Допустимая разность между двумя измерениями глубины ствола, м,

$$\Delta h = (0,01 + 0,0002H), \quad (10.70)$$

где  $H$  – глубина ствола, м.

Средняя погрешность измерения глубины ствола

$$m_{h_0} = \frac{\Delta h}{2\sqrt{2}}. \quad (10.71)$$

Предельная погрешность смыкания забоев в вертикальной плоскости

$$M_H = 3m_H. \quad (10.72)$$

Полученные в результате предрасчета предельные погрешности сравнивают с установленным ранее допуском. Если они не превышают допуска, то на этом предрасчет заканчивается. В противном случае повышают точность отдельных съемочных операций, применяя более совершенную методику производства работ и инструментарий, и повторяют предрасчет. Его ведут, как правило, на компьютере.

После смыкания забоев маркшейдер выполняет контрольную съемку в горизонтальной и вертикальной плоскостях, определяет фактические невязки и, сравнивая их с данными предрасчета, оценивает принятую методику съемок, выполненных для обеспечения сбоек.

# 11. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СКВАЖИННЫХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ)

## 11.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СКВАЖИННЫХ МЕТОДАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**В**озрастающая с каждым годом потребность во всех видах минерального сырья требует вовлечения в разработку все более бедных и глубоко залегающих месторождений. Эксплуатация таких месторождений традиционными (открытым и подземным) способами является неэкономичной. Связано это с осложнением горно-геологических условий на больших глубинах, опасными проявлениями горного давления, высокими температурами и, как следствие всего перечисленного, со значительным увеличением затрат на поддержание и проветривание выработок. Традиционные способы добычи не освобождают работников горных предприятий от тяжелого труда, требуют извлечения и перемещения больших объемов пустых пород, для размещения которых приходится отчуждать значительные площади ценных земельных угодий.

Эффективная разработка бедных и глубоко залегающих месторождений возможна на основе скважинных методов физико-химической геотехнологии (ФХГ) добычи, позволяющих вести процесс извлечения полезных ископаемых непосредственно на месте их залегания, повысить производительность труда, исключив присутствие людей и трудоемкие производственные операции под землей. В настоящее время эти методы имеют ограниченное применение, однако, как отмечал акад. Н.В. Мельников, они станут в ближайшие 10–20 лет основой технического прогресса при добыче многих полезных ископаемых.

Методы ФХГ основаны на переводе полезного ископаемого из естественного состояния в подвижное путем воздействия на него различных технологических процессов.

Различают методы ФХГ применительно к полезным ископаемым, находящимся в условиях естественного залегания (in situ):

- 1) в твердом состоянии;
- 2) в жидком и газообразном состоянии.

Для первой группы полезных ископаемых наиболее широкое промышленное применение нашли следующие физико-химические методы геотехнологии:

- подземное выщелачивание – метод добычи цветных, редких и радиоактивных металлов, основанный на химических реакциях подаваемого реагента с полезными компонентами руд на месте их залегания и извлечении на земную поверхность продукционных растворов;
- подземное растворение – метод разработки месторождений каменной и калийной солей путем их растворения на месте залегания;
- подземная выплавка – метод разработки месторождений самородной серы посредством подачи теплоносителя в залежь и извлечения на поверхность полезного ископаемого в виде расплава;
- подземная газификация – метод разработки месторождений каменных и бурых углей путем газификации их на месте залегания и выдачи газообразных продуктов на земную поверхность.

Вторая группа объединяет методы разработки нефтяных и газовых месторождений.

Системы разработки месторождений для каждого метода ФХГ принимаются исходя из физических, химических, геологических, гидрогеологических характеристик полезных ископаемых и вмещающих пород, а также из плановой производственной мощности предприятия. Из перечисленных факторов выделяют главные, определяющие существо применяемого метода разработки месторождения. Для одних методов таким фактором является проницаемость, для других – гидрогеологические условия залежи, для третьих – структура полезного ископаемого и т.д.

Основными элементами систем разработки являются: направление отработки участков месторождения, конструкция добычных (технологических) скважин, расстояния между скважинами (сетка скважин) и порядок ввода скважин в эксплуатацию.

Сетка расположения скважин в зависимости от производительности пласта (залежи), физико-механических свойств, горно-геоло-

гических условий залегания полезного ископаемого, вмещающих пород и других факторов может быть равномерной (квадратная, прямоугольная и т.д.) и неравномерной.

Расположенные в определенном порядке добычные скважины для подвода агента к залежи и доставки полезного ископаемого (полезных компонентов) на земную поверхность образуют подземный выемочный блок: камера – при подземном растворении солей, газогенератор – при подземной газификации углей и т.п. На поверхности подземного выемочного блока расположены трубопроводы для подачи в скважины рабочего агента и транспортировки расплава, раствора, газа или других легкоподвижных компонентов полезного ископаемого, извлекаемых из недр земли.

На земной поверхности, на некотором расстоянии от выемочного блока, располагают оборудование: машины, механизмы и устройства, связанные между собой технологической схемой добычи и транспортирования полезного ископаемого. Выбор оборудования для каждого метода добычи индивидуален.

Так, при подземной газификации угольных пластов (ПГУ) на земной поверхности располагают установки для выработки дутья, охлаждения, очистки и транспортировки газа потребителям и др.

Основными стадиями процесса подземной газификации являются:

- бурение с земной поверхности на угольный пласт вертикальных, наклонных и наклонно направленных скважин;
- создание гидравлической связи между скважинами по угольному пласту;
- розжиг угольного пласта и ведение процесса газификации нагнетанием рабочего агента и отводом газа.

Подземный газогенератор представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих выгазовывание определенного участка угольного пласта. Он состоит из наземной и подземной частей. Наземная часть включает в себя трубопроводы для подачи агента (воздуха, паро-кислородной смеси и др.) и отвода газа, подземная – скважины и каналы в угольном пласте, созданные различными способами.

Конструкции выемочных блоков при других методах ФХГ добычи также состоят из наземной и подземной частей, состав и конструктивные особенности которых определяются спецификой каждого метода. Этим же объясняются и отличия в основных стадиях процесса добычи по сравнению с ПГУ.

Несмотря на существенные различия в применяемых скважинных методах добычи твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, в маркшейдерском обеспечении физико-химической геотехнологии есть очень много общего.

Наиболее важными элементами маркшейдерского обеспечения являются:

- маркшейдерское обеспечение строительства скважин;
- маркшейдерский контроль обустройства и разработки месторождений;
- наблюдения за деформациями массива горных пород, земной поверхности, зданий и сооружений;
- маркшейдерское обеспечение эксплуатации и ремонта подводных переходов трубопроводов;
- маркшейдерское обеспечение разработки морских месторождений полезных ископаемых.

Требования к выполнению указанных работ и составлению горно-графической документации в нефтяной и газовой промышленности утверждены Госгортехнадзором России в 2000 г.

## 11.2. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН

Организации, составляющие проекты разведки, строительства скважин, технологические схемы, должны представить заказчику ведомость проектных координат устьев скважин. В случае, если скважина наклонная, в ведомости дополнительно приводят координаты забоев по кровле каждого продуктивного горизонта. Проектные координаты устьев и забоев скважин передают организации-заказчику в установленном порядке в виде отдельного приложения к проектам разведки и технологической проектной документации. В составе работ по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин входят:

- подбор топографо-геодезических, маркшейдерских и аэрофотосъемочных материалов;
- подготовка геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру;
- перенесение в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин;

Группа скважин	Предельные погрешности, м	
	перенесения в натуру планового положения устьев скважин	предварительного оп- ределения абсолютных высот устьев скважин
<b>1-я группа</b> Одиночные опорные и па- раметрические скважины	150	15
<b>2-я группа</b> Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях	50	10
Разведочные скважины	25	5
<b>3-я группа</b> Все категории скважин на разрабатываемых месторождениях	10	5

- передача по акту устьев скважин месторождения представителю организации, производящей бурение.

Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин (по сравнению с проектом) для предприятий нефтяной и газовой промышленности не должны превышать значений, указанных в табл. 11.1.

Переносу проектного положения устьев скважин должна предшествовать рекогносцировка работ, а сам перенос выполняется одним из следующих способов: совмещением устья скважины с четко выраженным контуром, промером вдоль контуров, методом створов, линейной засечкой и др. При построении линейной засечки на местности по расстояниям, взятым с карты (не менее чем от трех контуров), сторона треугольника погрешностей не должна превышать значения предельной погрешности для соответствующей группы скважин.

Места заложения скважин закрепляют металлическими трубами или деревянными столбами длиной 1,5–2 м, закладываемыми на глубину не менее 0,7 м. На верхней части трубы (столба) несмываемой краской надписывают номер скважины, название площади (месторождения), организации, производящей бурение, и дату перенесения проектного положения устья скважины в натуру.

Если сохранность знака вызывает сомнение, то в надежных местах закладывают створ из двух знаков и измеряют расстояние от каждого из них до вынесенного положения устья.

На перенесенное в натуру местоположение устья скважины составляют абрис, на котором кроме расстояний от створных знаков приводят не менее трех промеров от существующих контуров. Абрис подписывается лицом, составившим его и принявшим месторождение устья.

Предварительные высоты перенесенных в натуру местоположений устьев скважин определяют по топографическим картам, а при их отсутствии – барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В необходимых случаях до начала строительства буровой на участке, отведенном для этой цели, производят маркшейдерскую съемку в соответствии с техническими условиями.

В результате выполнения работ по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин оформляют следующие материалы:

- распоряжение (задание) на перенесение проектного положения устья скважин в натуру, а при смещении его проектного положения и документ, разрешающий это смещение;
- маркшейдерский план площадки, отведенной для бурения скважины, или абрис вынесенного и закрепленного местоположения устья скважины;
- акт о сдаче перенесенных в натуру мест заложения устьев скважин;
- журналы полевых измерений, ведомости вычислений, каталоги координат и высот устьев скважин.

Распоряжение на перенесение проектного местоположения скважины в натуру, полевые журналы, журналы вычислений хранят один год после завершения строительства скважины.

Плановую и высотную привязки устьев скважин производят после монтажа буровой установки. Координаты и высоты должны быть вычислены и внесены в каталог координат и высот устьев скважин. По вычисленным координатам устья скважин наносят на маркшейдерские планы. Предельные значения погрешностей определения планового и высотного положений устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгу-



Таблица 11.2

Группа скважин	Предельные погрешности определения положения устьев скважин, м	
	в плане	по высоте
<b>1-я группа</b> Одиночные опорные и параметрические скважины	100	5,0
<b>2-я группа</b> 2.1. Структурные и поисковые скважины (закладываемые по профилям и на площадях)	30	1,0
2.2. Разведочные скважины	12	0,5
<b>3-я группа</b> Все группы скважин на эксплуатационных площадях	4	0,3

щения 1-го и 2-го разрядов для предприятий нефтяной и газовой промышленности приведены в табл. 11.2.

Выбор метода определения координат и высот устьев скважин производят после рекогносцировки, в результате которой оценивают качество имеющегося картографического материала, наличие и состояние пунктов геодезической сети.

Точность геодезических измерений в выбранном методе должна обеспечивать определение положения устьев со средней квадратической погрешностью, не превышающей половины значения предельных погрешностей, приведенных в табл. 11.2.

Определение планового положения устьев соответствующих групп скважин на базе табл. 11.2 можно выполнять по картам (планам), масштаб которых должен быть не мельче:

<i>Группа скважин</i>	<i>Масштаб</i>
1	1:50 000
2, п.2.1	1:10 000
2, п.2.2	1:5000
3	1:2000

Плановую привязку устьев скважин по карте выполняют линейной засечкой не менее чем от трех четко выраженных контуров. В процессе привязки составляют абрис, в котором указывают эти контуры и расстояние от них до определенной скважины. При по-

строении линейной засечки на карте сторона треугольника погрешностей не должна превышать 1 мм. Координаты устьев скважин определяют от ближайших линий координатной сетки. Во избежание просчетов координаты определяют дважды – от смежных линий координатной сетки. Привязку устьев скважин можно выполнять на основе спутниковых технологий, полярным способом, способом замкнутого треугольника, прямыми и обратными угловыми засечками с пунктов опорной сети, точек теодолитных ходов и микротриангуляции, проложенных в соответствии с существующими требованиями для ходов, предназначенных для съемки масштаба 1:10 000. Привязка скважин с точек всяческого теодолитного хода не допускается. Расхождение координат устья скважины, полученных из разных определений, не должно превышать значений предельных погрешностей (см. табл. 11.2), если они определены относительно пунктов государственной геодезической сети и опорных маркшейдерских сетей, и 2/3 значений предельных погрешностей, если они определены относительно точек теодолитных ходов (микротриангуляции).

Если определяемые скважины являются одновременно и точками теодолитного хода или удалены от точек хода на расстояние, не превышающее длину мерного прибора, то допустимая длина теодолитного хода между исходными пунктами – 16 км, а между исходным пунктом и узловой точкой и между узловыми точками – 11 км. Теодолитный ход прокладывают в соответствии с требованиями, указанными для теодолитного хода с точностью 1:2000. При длине хода, превышающей 10 км, необходимо определять истинный азимут одной из линий в средней части хода с точностью 0,5–1,0'.

Определение планового и высотного положений устьев скважин тахеометрическими ходами допускается при предельной длине хода 1,5 км для скважин 3-й группы, 8 км – для скважин 2-й группы. При этом линейные и высотные невязки не должны превышать значений предельных погрешностей, указанных в табл. 11.2.

Определение высот устьев скважин 1-й и 2-й групп выполняют по топографическим картам и планам, имеющим, как правило, сечение рельефа не более значений погрешностей определения высот, приведенных в табл. 11.2. Для определения высот устьев скважин 3-й группы в качестве исходных могут быть использованы высоты точек, фиксирующих четкие контуры (люки колодцев, цоколи

зданий и т.д.). Высоту передают нивелированием не меньше чем от трех таких точек: расхождение между наименьшей и наибольшей переданными высотами не должно превышать 0,3 м.

Определение высот устьев скважин 1-й группы и указанных в 2.1 (2-я группа – см. табл. 11.2) – барометрическим нивелированием выполняют в соответствии с требованиями Инструкции по топографо-геодезическому обеспечению геолого-разведочных работ. При этом точность приборов и выбор способа барометрического нивелирования должны обеспечивать определение высот устьев скважин со средней квадратической погрешностью, не превышающей половины предельной погрешности определения высот.

Определение высот устьев скважин геометрическим и тригонометрическим нивелированием производят в соответствии с требованиями настоящей Инструкции.

Допустимые длины ходов для скважин 2-й и 3-й групп для предприятий нефтяной и газовой промышленности приведены в табл. 11.3.

Если при переводе скважин из одной категории в другую или при передаче разведочных площадей в эксплуатацию точность определения устьев скважин не соответствует требованиям табл. 11.2, то необходимо выполнить повторное определение координат и высот устьев скважин.

В результате выполненных работ по определению координат устьев скважин оформляются материалы:

- схемы теодолитных и нивелирных ходов;
- журналы измерения углов и линий;

*Таблица 11.3*

Группа скважин	Длина ходов, км, при нивелировании		
	техническом	горизонтальным лучом	тригонометрическом
<b>2-я группа</b>			
2.1. Структурные и поисковые скважины	25	70	50
2.2. Разведочные скважины	10	50	25
<b>3-я группа</b>			
Все категории скважин на эксплуатационных площадках	2,5	30	10

- журналы геометрического (тригонометрического, барометрического) нивелирования;
- ведомости вычисления координат и высот вспомогательных точек и устьев скважин.

Местоположение куста скважин определяют главный геолог и главный маркшейдер НГДУ в присутствии представителя технологической службы УБР на основании ПТД на разработку месторождения, которая определяет расположение забоев скважин с учетом условий бурения и разработки, правил техники безопасности, глубин продуктивных пластов, сохранения наиболее ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, а также норм отвода земельных участков под объекты добычи нефти и газа, допустимых расстояний от существующих на поверхности объектов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам.

Перенесение и закрепление куста скважин в натуре производит маркшейдерская служба НГДУ по письменному распоряжению главного геолога.

Куст устьев скважин необходимо переносить на местность с погрешностью, обеспечивающей точность выдачи каждой отдельной скважины в кусте (см. табл. 11.1)

Схему расположения устьев скважин в кусте разрабатывают соответствующие службы НГДУ совместно с УБР. Исходным графическим материалом при этом служат структурные геологические, топографические карты и фотопланы масштаба 1:25 000–1:10 000, а также технологические схемы разработки.

Для определения координат и высот устьев скважин в кусте и выдачи ориентирных направлений до начала бурения вблизи или на территории куста закладывают не менее чем два опорных пункта и определяют их координаты и высоты. Допустимая погрешность плановой и высотной привязки устьев скважин не должна превышать значений, приведенных в табл. 11.2. Пункты закладывают с учетом их долговременной сохранности. Направление оси ствола скважин и длины проекции смещения забоя определяют по фактическим координатам устья и проектным координатам забоя скважины.

Перед началом строительства кустов УБР составляет технологическую схему строительства, которую согласовывают с главным маркшейдером нефтегазодобывающего управления. Перенесение в натуре осей кустов скважин производят отделы инженерных изы-

сканий территориальных НИПИ или отделы маркшейдерских работ НГДУ. Закрепленные на местности оси передают по акту, один экземпляр которого оставляют в НГДУ, а другой передают представителю управления буровых работ.

По окончании строительства крупного куста представителю УБР передают местоположение устьев трех скважин. При этом необходимо учесть размеры участка куста по проекту. Минимальное расстояние между станками при их сближении в процессе бурения должно быть не менее высоты бурового станка плюс 5 м. При этом направление движения станков (НДС) в кусте может совпадать или же быть противоположным.

Устье первой скважины в кусте привязывают после установки фонаря. Одновременно определяют директивный угол направления мостков (ориентирное направление) и уточняют дирекционный угол движения станка. Ориентирное направление и НДС определяют со средней квадратической погрешностью 5'. При определении координат устья скважины наблюдения могут выполнять с крон-блока или переходной площадки.

Положение первой скважины по координатам накальвают на план расположения скважин, по которому графически определяют уточненные значения дирекционных углов и длин проекций смещения забоя для всех скважин, бурящихся с данного куста. Направление движения станка и уточненные значения дирекционных углов и длин проекций смещения забоя по каждой скважине передают в технологическую службу УБР для определения очередности бурения. По заданным значениям расстояний между устьями скважин с учетом очередности бурения вычисляют окончательные дирекционные углы и длины проекций смещения забоев, которые в письменном виде за подписью главного маркшейдера НГДУ передают в УБР. После окончания бурения всех скважин в кусте по известному дирекционному углу направления движения станка и измеренным расстояниям между устьями скважин вычисляют окончательные координаты устьев скважин, которые записывают в каталог.

Маркшейдерская служба УБР в процессе бурения ведет дежурный план расположения устьев и забоев скважин в кусте, передает исполнительный план куста маркшейдерской службе НГДУ. Маркшейдерская служба НГДУ проверяет исполнительный план куста и с учетом данных промыслово-геофизических исследований скважин ведет каталог координат точек маркирующих горизонтов.

Предельные значения погрешностей перенесения в натуру проектного положения устьев, бурящихся с земной поверхности в подземные горные выработки технологических скважин, не должны превышать в плане и по высоте 0,5 м относительно пунктов плановых и высотных геодезических сетей. Основанием для перенесения в натуру проектного местоположения устья скважин является утвержденный главным инженером предприятия технический проект на бурение скважины.

Задание направлений добывающих скважин осуществляют в соответствии с проектом, разработанным на плане масштаба 1:1000. Направлением добывающей скважины является дирекционный угол проекции оси ствола скважины на горизонтальную плоскость. Направление добывающей скважины из галереи задают теодолитом или другим угломерным прибором типа гониометра и закрепляют в кровле галереи тремя марками. Отклонение положения устья скважины от проектного не должно превышать  $\pm 0,5$  м. Допустимая погрешность направления скважины  $\pm 30'$ . Угол наклона оси ствола скважины задают перед началом бурения путем установки штанги бурового станка на нужный угол с помощью теодолита, угломера-квадрата или транспортира и отвеса.

Монтаж бурового станка по направлению и углу наклона перед забуриванием скважины контролирует сменный надзор. Постоянный контроль за бурением скважины ведет геологическая служба. Главный маркшейдер предприятия не менее одного раза в год проводит выборочный контроль проводки скважин по проектному направлению, о чем составляет акт, один экземпляр которого передают главному инженеру шахтоуправления. Выборочный контроль должен составлять не менее 5 % общего числа бурящихся за год нефтедобывающих скважин.

### **11.3. МАРКШЕЙДЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**П**равила контроля точности устанавливают в зависимости от характера объекта контроля и контролируемых параметров, объемов производства и стабильности технологических процессов. При этом должны быть установлены номенклатура контролируемых параметров; метод контроля; план контроля и порядок его

проведения, средств контроля, точность и условия измерения; метод оценки.

Контроль точности назначают, как правило, выборочным, а в необходимых случаях – сплошным.

Сплошной контроль следует назначать при небольших объемах производства, нестабильном характере производства, в том числе в период наладки технологических процессов и операций, при повышенных требованиях к обеспечению заданной точности.

**Маркшейдерский контроль вскрыши и добычи общераспространенных полезных ископаемых**, необходимых для обустройства месторождений, а также попутных полезных ископаемых осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами.

**При производстве земляных работ** для строительства скважин или других объектов промыслового, промышленного и гражданского строительства организация, ведущая строительство, должна выполнять сплошной контроль:

- размеров площадки, отведенной для строительства объектов;
- толщины снимаемого плодородного слоя почвы;
- объемов и мест расположения отвалов для временного хранения снятого слоя почвы;
- положения и объемов земляных амбаров для отработанного бурового раствора и сточных вод;
- размеров обваловки, предохраняющих сток воды.

Маркшейдерская служба при этом выполняет выборочный по количественному или альтернативному признаку контроль перечня путем производства исполнительной съемки и сравнения полученных результатов с данными, заложенными в проекте на строительство объектов.

**В комплекс контрольных измерений при строительстве буровой вышки входят:**

- контроль закрепления разбивочных осей;
- плановая и высотная выверка фундаментов;
- плановая и высотная выверка опорных конструкций (фундаментных балок, рамдизельных агрегатов и др.);
- плановая и высотная выверка оборудования;
- выверка вертикальности шахтного направления;
- выверка соосности буровой вышки, ротора и шахтного направления.

Вынос в натуру главных осей буровой установки обязателен для буровых, срок строительства которых более одного года. Исходной точкой для выноса главных осей буровой установки является центр устья ствола скважины. Вынос их производят с помощью теодолита, установленного над центром скважины. Начальное направление выносят в сторону приемных мостов. Вынос в натуру осей оснований оборудования выполняют от главных осей буровой установки полярным способом, способами прямоугольных координат, линейной засечки или их комбинацией. Две главные взаимно перпендикулярные оси на местности закрепляют знаками, устанавливаемыми по два с каждой стороны от центра. Главные разбивочные оси закрепляют постоянными знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность; вспомогательные оси закрепляют временными знаками – металлическими штырями, деревянными колышками. Знаки, закрепляющие главные оси, следует устанавливать за пределами зоны земляных работ. Расстояние от них до вышки должны обеспечивать нормативные условия для последующих наблюдений за деформацией вышки. Знаки должны сохраняться на весь период работы буровой. Ответственным за их сохранность является буровой мастер. По результатам разбивочных работ составляют исполнительную схему закрепления осей с привязкой осевых знаков не менее чем к трем четко выраженным объектам местности.

Контроль соотношения геометрических элементов буровой установки является обязательным для скважин, срок строительства которых более трех месяцев. Контроль остальных буровых производят при необходимости. Точность монтажа вышки и оборудования должна соответствовать требованиям, изложенным в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводами-изготовителями, в действующих ведомственных инструкциях. Предельные отклонения в положении смонтированных конструкций и оборудования не должны превышать значений величин, приведенных в инструкции, а средняя квадратическая погрешность контрольных измерений должна быть не более  $1/2$  этих значений. Выверку планового положения конструкций и оборудования осуществляют створными методами. При этом створ можно задавать леской, проволокой, оптическим или световым методами.

**Глубину скважины по стволу** измеряют периодически в процессе ее бурения при отборе керна, производстве каротажа, инкли-



нометрии, измерении температуры, перфорации, отбора грунтов боковыми грунтоносами и других работах в скважине. Глубину скважины по стволу в процессе бурения, по окончании бурения и при отборе забойных кернов измеряют при помощи бурильных труб, а в остальных случаях – при помощи каротажного кабеля. При измерении глубины скважины по стволу с помощью бурильных труб длину буровой колонны определяют как сумму слагаемых для отдельных труб (свеч). Длину трубы (свечи) измеряют при спуске (подъеме) колонны дважды, для чего используют стальную компарированную рулетку длиной не менее 20 м при измерении длины отдельной трубы и 30–40 м – при измерении свечи, если расхождение между двумя измерениями не превышает среднее значение длины трубы (свечи). В противном случае измерение повторяют. Результаты измерений каждой трубы (свечи) заносят в буровой журнал.

Контрольное определение глубины скважины производят при инклинометрических измерениях по каротажному кабелю. Расхождение между результатами измерений, выполненными при определении длины буровой колонны и по каротажному кабелю, не должно превышать 0,1 % от измеренной глубины скважины по стволу. Результаты измерений фиксируют в буровом журнале на каротажной диаграмме. При измерении глубины скважины по стволу с помощью каротажного кабеля отклонение между соседними метками, отмеченными на диаграмме, от соответствующих меток на кабеле не должно превышать 2 мм в масштабе каротажной диаграммы. При исследовании скважины в незначительных интервалах глубин на диаграмме должна быть отражена длина кабеля в пределах двух или более меток.

Для контроля измерения глубин по меткам на кабеле следует:

- последний каротаж производить другим кабелем;
- при последующем каротаже перекрывать измерениями не менее 50 м ранее прокаротированного участка ствола скважин, а в случае отсутствия на нем четко выраженных аномалий нужно увеличивать интервал перекрытия до появления их (при этом расхождения в определении глубин между основным и повторным измерениями для предприятий нефтяной и газовой промышленности не должны превышать приведенных в инструкции допусков);
- отмечать на диаграмме положение в стволе скважины башмака обсадной колонны;

Глубина скважины по стволу, мм	Допустимые расхождения, м
До 1	1,0
1–2	1,5
2–3	2,0
3–4	2,5
4–5	3,0
5–6	4,0
Свыше 6	5,0

- на кабеле через 500–700 м закреплять контрольные (сигнальные) метки по обе стороны от основной на расстоянии 1–1,5 м, которые регистрируют на диаграммах наряду с основными;
- сопоставлять глубины, полученные по каротажному кабелю и бурильной колонне.

Погрешности измерения глубин по меткам на каротажном кабеле вычисляют по результатам двух независимых измерений на перекрытых каротажем участках ствола скважин. Эти измерения производят при одних и тех же условиях, но при помощи разных кабелей. Для этого по перекрытым участкам сопоставляют между собой глубину одних и тех же точек и вычисляют расхождения между ними, которые не должны превышать значений, приведенных в инструкции. Среднюю квадратическую погрешность измерения глубин для площади, залежи или месторождения вычисляют по разностям двойных измерений.

При инклинометрии каротажный кабель в скважину опускают через блок-баланс. При этом необходимо:

- обеспечить соответствие диаметра блок-баланса ролика типу каротажного кабеля;
- обмывать кабель при подъеме его из скважины;
- при работе зимой следить, чтобы в желобе блока не образовывалось обледенение.

Если не выдерживаются требования "Инструкции по проведению инклинометрических исследований в скважинах" (в дальнейшем "Инструкция по инклинометрии"), необходимо при наличии закономерностей в результатах измерений по счетчику и меткам на каротажном кабеле вводить поправки в показания счетчика. При отсутствии закономерностей в изменении расхождений между по-

казаниями счетчика и результатами измерений по меткам на кабеле необходимо исправить или заменить счетчик, после чего измерения повторить.

**Контроль проводки ствола скважины по проектному профилю** включает следующие основные виды работ:

- задание направления стволу скважины;
- ориентирование отклонителя;
- проверку текущего положения оси ствола скважины в пространстве (в процессе ее проводки);
- проверку отклонения оси ствола скважины от проектной трассы.

Для задания направления стволу скважины необходимо проверить компоновку низа бурильной колонны, предназначенной для искривления ствола скважины, а именно:

- соответствие геометрических размеров компоновки проектным;
- наличие на вогнутой стороне образующей отклоняющей компоновки рисок, указывающих действие отклонения;
- соответствие направления магнита в магнитном переводнике с плоскостью искривления отклонения;
- нанесение меток на замках труб по одной образующей. При этом метки должны быть нанесены с точностью  $\pm 0,001 \text{ м}/0^\circ 30'$ ;
- результаты инклинометрии ранее пробуренного участка ствола скважины.

Разбивку и закрепление ориентирного направления скважины производят в соответствии с требованиями выше упомянутой Инструкции.

**Работа по ориентированию отклонителя** заключается:

- в определении положения плоскости действия отклонителя относительно плоскости ориентирного направления (при несовпадении их);
- в определении угла поворота отклонителя;
- в установке отклонителя в заданном направлении;
- в проверке правильности установки отклонителя.

Расчеты по установке отклонителя заносят в журнал.

При забурировании наклонного ствола из вертикального участка скважины глубиной до 250 м для определения положения отклонителя используют способ ориентированного спуска инструмента.

Текущий контроль пространственного положения оси ствола буримой скважины осуществляют в соответствии с регламентом на бурение скважины, при этом во внимание принимаются следующие основные факторы: форма траектории оси ствола скважины; геологическое строение района работ; метод бурения ствола скважины и реконструкции бурового инструмента; проходка на долото; конструкция скважины. При длине вертикального участка ствола скважины под кондуктор до 200 м первую инклинометрию проводят после его проходке.

Первое измерение при забурировании наклонного участка отвода нужно проводить после проходки интервала, на котором угол отклонения от вертикали увеличивается до 4–5°. Если в результате первого измерения наклонного участка ствола нет необходимости изменять ориентирный угол, то последующие измерения проводят через интервалы 100–150 м (через одно-два долбления). При изменении азимута геометрические параметры направления скважины нужно измерять через 25–30 м (после каждого рейса) до тех пор, пока ствол не будет выведен на нужное направление. При бурении прямолинейного наклонного участка ствола с применением стабилизирующих устройств интервалы между измерениями следует назначить в зависимости от геологического строения района. Если геологические условия таковы, что азимут наклонного ствола резко не меняется в зависимости от проходимых пород, измерения можно проводить через 100–150 м проходки. Если же естественные условия искривления способствуют резкому изменению азимута, то интервалы между измерениями должны быть сокращены, а при очень неблагоприятных условиях следует ограничить величину рейса. На интервалах уменьшения угла отклонения от вертикали инклинометрию выполняют после каждого рейса с шагом, регламентируемым Инструкцией по инклинометрии. Если проходка на долото меньше или равна шагу измерений, то последний уменьшается в два раза.

Окончательную инклинометрию в открытом участке ствола по всему интервалу производят в обязательном порядке перед спуском обсадной колонны. Шаг измерений при этом принимают в соответствии с "Инструкцией по инклинометрии". При инклинометрии участков ствола скважины в процессе его проходки точек перекрытия принимают в соответствии с "Инструкцией по инклинометрии". Фактическая траектория оси ствола скважины всегда бу-

дет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливаются с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации.

Проект (технологическая схема) разработки месторождения предусматривает для каждой скважины определенную точку вскрытия продуктивного горизонта. При этом необходимо учитывать геологическое строение разбуриваемой площади (месторождения), физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения пространственного положения её.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважин (угол смежности), интенсивности искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол общего искривления определяется из выражения

$$\varphi_i = \arcsin \sqrt{\sin^2 \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} \sin \theta_{i-1} \sin \theta_i}. \quad (11.1)$$

Погрешность общего угла искривления определяется по формуле

$$m_{\varphi_i} = \frac{\sqrt{2}}{\sin \varphi_i} \sqrt{\begin{aligned} & m_{\theta}^2 \sin^2(\theta_i - \theta_{i-1}) \sin^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + \\ & + m_{\theta}^2 \sin^2(\theta_i - \theta_{i-1}) \cos^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} +, \\ & + m_{\alpha}^2 \sin^2(\alpha_i - \alpha_{i-1}) \sin^2 \theta_i \sin^2 \theta_j, \end{aligned}} \quad (11.2)$$

где  $m_{\theta}$  – средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали;  $\theta_i, \theta_{i-1}$  – углы отклонения оси ствола скважины от вертикали в начале и в конце интервала соответственно;  $\alpha_i, \alpha_{i-1}$  – азимуты в начале и в конце интервала измерений соответственно;  $m_{\alpha}$  – средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые численные значения отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому

Минимальный угол наклона пласта, град	Масштаб карты разреза	Минимальное расстояние между точками вскрытия пласта, м
10	1:10 000	135
15	1:25 000	135
15	1:50 000	300

продуктивному горизонту определяют данные, приведенные в табл. 11.5.

При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводят поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл. 11.5.

В качестве критерия оценки положения характерной точки оси ствола скважины принята средняя квадратическая погрешность.

Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей соответственно.

Для сравнения фактического положения характерной точки оси ствола скважины с проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500 и 1:2000, на котором изображена проектная и строится фактическая трассы оси ствола скважины. Вокруг проектного положения характерной точки радиусом  $R$ , равным значению допуска, в соответствующем масштабе строят окружность.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдачу материалов заказчику должны производить в соответствии с требованиями "Инструкции по инклинометрии".

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

### 11.3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ

Главный (старший) маркшейдер предприятия совместно с представителем ведомственной геофизической метрологической службы один раз в квартал должен провести контроль установоч-

ных столов УСИ-2, оптических квадратов и теодолитов, предназначенных для градуировки и поверки точечных инклинометров. Контролю подлежат также журналы поверок УСИ-2 и инклинометров.

Главный (старший) маркшейдер предприятия один раз в квартал должен провести выборочный контроль журнала инклинометрии и материалов вычисления координат с оценкой погрешностей определения пространственного положения точек оси ствола скважин.

Не реже одного раза в год выборочный контроль работ по определению пространственного положения оси стволов скважин осуществляет комиссия, возглавляемая главным маркшейдером предприятия, с обязательным присутствием представителя геофизического подразделения, выполнявшего инклинометрию скважин, и технологической службы бурения объединения.

При контроле журналов измерений и материалов обработки результатов инклинометрии проверяют соблюдение методики измерений, установленной "Инструкцией по инклинометрии" и другими инструктивными материалами. Особое внимание следует уделить выявлению систематических приборных погрешностей по результатам двойных измерений в точках перекрытия интервалов измерений. Результаты контроля оформляются актом, в котором отмечают нарушения требований инструкций. Акты проверок направляются объединению, геофизическому тресту, промыслово-геофизической конторе, главному маркшейдеру объединения, нефтегазодобывающему управлению.

Геодезический контроль качества ведения строительных работ включает:

- проверку фактического положения (в плане и по высоте) конструкций зданий и сооружений в процессе их строительства и монтажа;
- исполнительную съемку фактического положения смонтированных и постоянно закрепленных конструкций.

Геодезической проверке подлежат все несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений, а также инженерные коммуникации.

Исполнительной съемке подлежат только те конструкции зданий и сооружений, от точности положения которых зависит выполнение требований и точности последующего монтажа. Пере-

чень конструкций, подлежащих исполнительной съемке, устанавливают проектом производства работ.

Фактическое положение конструкций (вертикальность, горизонтальность, соосность и др.) должно определяться строительно-монтажной организацией на всех этапах строительства. Правильность их положения проверяют сопоставлением с размерами и отметками, указанными в рабочих чертежах, и значениями допусков, установленными СНиПами.

Контроль планового положения конструкций выполняют непосредственным измерением расстояний между осями или гранями конструкций, контроль высотного положения – геометрическим нивелированием, а контроль вертикальности – механическим способом (при высоте до 5 м), методом наклонного проектирования, а при высоте более 50 м – зенит-приборами.

Погрешность геодезических измерений должны быть не более 1/3 значений допусков, предусмотренных СНиПами или техническим проектом.

По результатам исполнительной съемки составляют исполнительные схемы, которыми подтверждается соответствие фактического положения конструкций размерам и отметкам, указанным в рабочих чертежах.

#### **11.4. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ**

**М**аркшейдерские и геодезические работы, связанные с приемкой в эксплуатацию трубопроводов и сопутствующих коммуникаций, базируются на результатах их детального обследования.

Обследование подводных коммуникаций проводят для получения материалов, отображающих их пространственное положение и техническое состояние берегоукрепительных сооружений, выполняют его специализированные подразделения.

По периодичности, составу и объему выполняемых работ обследование технического состояния подводных трубопроводов подразделяют на I, II и III классы. Размеры границ съемки и периодичность обследования подводных трубопроводов определяют в зависимости от класса обследования и категории участка реки в соответствии с табл. 11.6.



Таблица 11.6

Класс обследования	Периодичность обследования участка реки, категории				Размеры границ съемки
	1	2	3	4	
I	Однократно для составления формуляра подводного перехода магистрального трубопровода				В длину не менее пятикратной ширины (5В*) русла выше створа перехода и не менее 2В ниже створа, в ширину – 300 м от урезов воды вглубь берегов
II	Четыре года	Два года	Два года	Два года	В длину – 2В выше створа перехода и В ниже створа, в ширину – от урезов воды 50 м дальше ближайшей запорной арматуры, а при ее значительном удалении в ширину – 200 м от урезов воды
III	Ежегодно для всех категорий				В длину – 50 м выше и ниже створов перехода, в ширину – 50 м от урезов воды в глубину берегов

\* В – ширина русла.

Таблица 11.7

Категория участка реки	Плановые деформации, м/год	Высотные деформации, м/год	Тип руслового процесса
1	Незначительные	1	Малые реки шириной до 50 м с ленточно-грядовым, осередковым или побочным типом руслового процесса; средние и крупные реки ленточно-грядового, побочного типов
2	До 10	1–2	Малые, средние и крупные реки ленточно-грядового, побочного типов
3	10-100	1–2	Средние и крупные реки с русловым процессом ограниченного и свободного мандрирования, русловая и пойменная многоорукавность
4	Более 100	Более 2	Крупные реки всех типов руслового процесса. Горные, предгорные реки и реки с ярко выраженными неустойчивыми руслами. Значительные переформирования дна и берегов могут происходить в короткое время

Категорию участка реки в районе подводного перехода определяют в зависимости от планово-высотных деформаций берегов и русла реки в соответствии с табл. 11.7.

При недостаточной глубине залегания подводного трубопровода на судоходных и сплавных реках, а также при наличии оголений трубопровода на реках всех категорий дополнительно к обследованию III класса производят водолазное обследование.

Внеочередные обследования выполняют при переформировании русла реки, вызванных высокими паводками, наводнениями, стихийными бедствиями, строительством новых дюкеров в районе эксплуатируемых переходов.

Перед строительством (капитальным ремонтом), а также при приемке законченного строительства (капитального ремонта) подводного перехода трубопровода назначают дополнительное обследование II класса.

Для определения соответствия выполненных работ требованиям проекта по окончании каждого этапа строительства (капитального ремонта) перехода производят обследование III класса.

Топографические планы масштаба 1:10 000–1:5000 прибрежных участков подводных переходов при обследовании I класса получают аэрофототопографическими методами. Топографическую съемку прибрежных участков, русловой части перехода и подземных подводных коммуникаций при обследовании II, III классов выполняют наземными методами. Топографическую съемку прибрежных участков подводных переходов производят в соответствии с требованиями Инструкции. Плановую и высотную геодезические сети на подводных переходах развивают от пунктов и реперов государственной геодезической сети в соответствии с требованиями Инструкции.

Самостоятельные плановые геодезические сети подводных переходов разрешается создавать в том случае, если на расстоянии до 5 км от перехода отсутствуют пункты государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения. Координаты пунктов самостоятельной геодезической сети вычисляют в условной системе координат. Азимут исходной стороны определяют из астрономических наблюдений или при помощи гиротеодолита со средней квадратической погрешностью не более 1'. В отдельных случаях разрешается ориентирование исходной стороны выполнять с помощью буссоли.

На подводных переходах магистральных трубопроводов независимо от ширины реки в межень необходимо закладывать следующее количество строительных реперов:

- на однониточных переходах – два репера (по одному на каждом берегу);
- на двуниточных переходах – четыре (по два на каждом берегу).

Строительные реперы закладывают за пределами коридора магистрального трубопровода в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность. Реперы следует закладывать на контрольных берегах, выше границы высоких вод, в местах, не подверженных размыву, оползням, другим смещениям грунта. На участках затопливаемых речных долин допускается установка строительных реперов на расстоянии не менее 200 м от условного берега. Закладка строительных реперов на пахотных землях, а также в пределах охранных зон электрических кабелей, других подземных сооружений не допускается.

В качестве строительных реперов применяют грунтовые знаки долговременного закрепления, заложенные под бур или вручную на 0,5 м ниже глубины промерзания, но не менее, чем на глубину 12 м, а также металлургические костыли или штыри, забитые в стены зданий и сооружений, анкерные болты, другие характерные устойчивые точки сооружений. Все строительные реперы включают в плановую геодезическую сеть перехода. Каждый репер должен быть привязан промерами не менее, чем к трем характерным контурным точкам местности и к ближайшей нитке трубопровода.

Проектно-изыскательские организации после завершения работ по созданию планово-высотного обоснования подводного перехода трубопровода обязаны сдать по акту закрепительные знаки и строительные реперы представителю районного трубопроводного управления. К акту сдачи-приемки прилагается следующая техническая документация:

- план землепользований в масштабе 1:10 000–1:25 000 на район подводного перехода и прилегающей к нему территории с нанесенными на нем закрепительными знаками и реперами;
- схема подводного перехода трубопровода в масштабе 1:2000–1:5000 (в зависимости от ширины водной преграды) с нанесенными закрепительными знаками и реперами;

- карточки закладки строительных реперов;
- каталоги координат и высот строительных реперов и знаков долговременного закрепления точек съемочных сетей. Координаты в каталогах приводят в условной системе координат, высоты – в Балтийской системе высот.

На участках подводных переходов магистральных трубопроводов для обеспечения подводно-технических работ после окончания строительства перехода производят установку осевых закрепительных знаков. Осевые закрепительные знаки устанавливают на каждом трубопроводе, строго над ним, на разных берегах непосредственно у руслового берега реки или в других удобных для створных наблюдений местах. В качестве осевых применяют типы знаков долговременного закрепления съемочных сетей. Осевые закрепительные знаки включают в съемочную сеть подводного перехода трубопровода. Их осевые закрепительные знаки устанавливают в присутствии представителя районного трубопроводного управления. Закрепительные знаки в охранной зоне трубопровода следует закладывать вручную. Применять при этом механические средства запрещается.

Промер глубин на участках подводных переходов трубопроводов выполняется для получения крупномасштабного плана донного рельефа, который совместно с планом береговых участков составляет общий план подводного перехода; общей оценки технического состояния подводного перехода; изучения причин происходящих русловых деформаций; разработки проектов капитального ремонта трубопровода.

Масштабы топографической съемки участка подводного перехода трубопровода, вертикальные масштабы профилей принимают в зависимости от ширины реки в межень по зеркалу воды в створе перехода (табл. 11.8).

Рельеф донной части русла реки изображают горизонталями в Балтийской системе высот. При топографических съемках русла

*Таблица 11.8*

Ширина реки, м	Масштаб съемки	Вертикальный масштаб профилей
До 100	1:500	1:100
100–1000	1:10 000	1:100
1000–2000	1:2000	1:100–1:200
Свыше 2000	1:2000–1:5000	1:100–1:200

реки в масштабах 1:500, 1:10 000, 1:2000 принимают высоту сечения рельефа 0,5 м, при съемке в масштабе 1:5000 и 1:10 000 – 0,5–1,0 м.

В состав промерных работ входят: наблюдение за рабочим уровнем воды, непосредственное выполнение промера глубин, определение планового положения промерных точек, определение инженерно-геологических характеристик данного грунта по створу перехода. Наблюдения за рабочим уровнем воды заключаются в определении отметки мгновенной уровенной поверхности (рабочих уровней), относительно которой производят промер глубин и вычисление отметок для водоема. Отметки рабочих уровней определяют путем нивелирования уреза или при помощи временных водомерных постов, устанавливаемых на участке подводного перехода в период промерных работ. Отметки нуля водомерной рейки (верха свай) определяют техническим нивелированием от ближайших строительных реперов подводного перехода. Промер глубин производят из судна, движущегося по галсам. По отношению к динамической оси потока галсы могут быть поперечные, косые, продольные, криволинейные. Во время ледостава промерные линии разбивают непосредственно на льду.

Промер глубин разделяют на облегченный, подробный и специальный. Каждому из этих промеров соответствует своя частота галсов и промерных точек.

Облегченный промер выполняют за пределами коридора подводного перехода при обследовании I и II классов. В пределах коридора подводного перехода трубопровода независимо от класса обследования выполняют подробный промер. Специальный промер выполняют по створу трубопровода при всех классах обследований только в местах открытых трубопроводов, на участках их провисания, а также на всех этапах строительства (реконструкции) подводного перехода трубопровода. При исполнительной съемке построенного трубопровода по створу перехода выполняют подробный промер.

Расстояния между галсами и промерными точками зависят от вида промера и ширины зеркала водоема (табл. 11.9)

Для равномерного покрытия всей площади русла промерными точками в основном прокладывают поперечные галсы, которые располагают параллельно направлению оси трубопровода. На берегу направления галсов закрепляют створными знаками, на воде –

Таблица 11.9

Ширина зеркала водоема, м	Облегченный промер		Подробный промер		Специальный промер	
	Расстояние между галсами, м	Расстояние между промерными точками, м	Расстояние между галсами, м	Расстояние между промерными точками, м	Расстояние между галсами, м	Расстояние между промерными точками, м
До 50	20	5–10	10	5	5–10	2–5
50–100	40	10–20	10	5	5–10	2–5
100–1000	100	40	20	10	10–20	5–10
1000–2000	100–200	100	40	20	20–40	10–20
Свыше 2000	200–400	200	100	410	40–80	20–40

буями. Створы определяют путем продолжения вдоль берега теодолитного хода.

Косые галсы прокладывают под углом к динамической оси потока при больших скоростях течения, когда трудно выдержать прямолинейное движение судна на поперечных галсах.

Радиальные галсы прокладывают на крутых поворотах русла реки.

Промер по продольным галсам (вдоль оси потока) выполняют в случае проведения облегченного промера для определения характера рельефа дна; при изучении русловых процессов; на отдельных участках водотоков с большими скоростями течения; как дополнительный или контрольный галс; при определении участков незасыпанных (незамытых) траншей и оголенных или провисающих участков трубопроводов путем использования эхолотов с непрерывной регистрацией глубин на батиграмме; при контроле за проведением работ по засыпке оголенных участков трубопроводов и замыву траншей.

На реках с сильным течением прокладывают галсы маятниковым способом: промерное судно движется по криволинейным галсам, близким к дуге окружности, радиус которой определяется длиной вытравленного троса, стоящего на якорю судна. Междугалсовые расстояния при маятниковом способе определяются длиной вытравленного троса.

На водоемах шириной до 300 м при отсутствии судоходства допускается производить промеры по размеченному тросу, натянутому под заданным углом к оси потока.

Независимо от способов проложения промерных галсов межгалсовые расстояния при подробном промере не должны превышать 2 см в масштабе создаваемого плана.

Промерные створы закрепляют на берегу (воде) створными знаками (буями), расстояние между которыми должно быть не менее 4 % расстояния от переднего знака до конца галса, а также задают при помощи лазерного визира.

Техническими средствами измерения глубин на участках подводных переходов трубопроводов должны быть откомпарированные эхолоты с самописцами или эхолоты с цифровой индикацией для измерения глубин от 1 м и более, ручные лоты – для глубин от 2 до 20 м и наметки – для глубин до 5 м. Ручные лоты можно применять при отсутствии сильных течений при промере со льда. Наметки используют на мелководных участках, где применение эхолотов невозможно из-за наличия водорослей, пузырьков воздуха и т.п. Значения измеренных эхолотом глубин должны быть исправлены суммарной поправкой эхолота и поправкой за изменение рабочего уровня. Погрешность измерения глубин в зависимости от гидрологических характеристик водоема определяют техническим проектом.

Определение планового положения движущегося по галсу судна выполняют следующими способами по створу и засечке с берега одним прибором; прямыми засечками с берега двумя приборами; непосредственно по размеченному створу. Плановое положение стоящего на якорях судна кроме перечисленных способов определяют способами полярных координат, свободной станции при помощи электронно-оптического тахеометра, установленного на берегу, и отражателя, установленного на судне. Промер со льда выполняют в период ледостава сразу после разбивки створов для устранения погрешностей, вызванных подвижками льда в зоне работы ГЭС. Плановое положение промерных точек определяют путем проложения теодолитных ходов или геодезическими засечками.

Целесообразность применения того или иного способа определения планового положения промерной точки принимают, что средняя квадратическая погрешность поперечного направления (мензульная засечка) на движущийся катер равна  $7'$ , а средние квадратические погрешности измерения углов теодолитами (прямая угловая засечка) –  $1'$ . Угол пересечения направлений засечек допускается в пределах  $30-150^\circ$ .

Перенесение в натуру проектов ремонта подводных переходов трубопроводов выполняет маркшейдерская служба специализированных организаций на основании договора, заключенного с заказчиком.

При перенесении в натуру проектов капитального ремонта подводных трубопроводов на водной поверхности буями отмечают проекции точек или непосредственно выводят земснаряд, крановое судно с конструкциями на проектные точки. Если ремонт трубопровода проводят на протяжении свыше 5 м, то выставляют группу буюв, определяющих плановое положение участка ремонта подводного трубопровода. Буями также намечают границы участка подводно-технических работ, близлежащие трубопроводы и сопутствующие коммуникации.

До начала разбивочных работ производят водолазное обследование участка ремонта и выполняют крупномасштабную съемку русла реки в районе ремонта с целью исследования состояния русла реки, трубопроводов и сопутствующих коммуникаций, а также определения объема предстоящих земляных подводных работ.

Перенесение в натуру проекта ремонта участка трубопровода производят по разбивочному чертежу (выкопировка из плана), на котором должны быть изображены пикетное значение начальной и конечной точек трубопровода, подлежащего ремонту; координатная сетка; створные знаки, строительные реперы, другие точки геодезической сети, которые закреплены долговременными знаками; проектные глубины реки (водоема) в местах ремонта; расстояние между запорной арматурой трубопровода, расположенной на разных берегах; расстояние до ближайших параллельных трубопроводов и сопутствующих коммуникаций.

На выкопировке из плана также должны быть даны дополнительные сведения: согласование проекта ремонта трубопровода с руководителями организаций, производящих эксплуатацию трубопровода и сопутствующих коммуникаций, а также других заинтересованных организаций; даты начала и окончания ремонтных работ. Выкопировка должна быть подписана маркшейдером и руководителем организации, осуществляющим ремонт трубопровода.

Предельные погрешности вынесения в натуру проектных точек относительно пунктов плановой геодезической сети не должны превышать 1,0 м.



Вынесение в натуру проектных точек осуществляют по створу и прямым засечкам с берега одним теодолитом; прямыми засечками берега двумя теодолитами; непосредственной разбивкой проектных точек со льда; способом полярных координат или способами свободного стационарирования при помощи электронного тахеометра, установленного на берегу, а отражателя – на плавсредстве.

Перенесение в натуру проекта ремонта трубопроводов в районе крупных подводных переходов оформляется составлением акта. Акт подписывает маркшейдер и представитель организации-заказчика, осуществляющей ремонт трубопроводов.

В процессе и по завершении работ по перенесению в натуру проекта ремонта трубопровода составляют следующие материалы: выкопировку из плана подводного перехода с нанесением вынесенных в натуру проектных точек; исполнительную съемку; план масштаба 1:500–1:2000 в зависимости от ширины реки, продольный профиль трубопровода и картограмму выполненных подводных земляных работ; полевые журналы и ведомости камеральной обработки; акт о сдаче заказчику выполненных маркшейдерских и геодезических работ; пояснительную записку.

## 11.5. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Ц**елью проводимых маркшейдерских работ на морском нефтегазовом промысле является:

- вынос в натуру осей и точек проектных сооружений;
- вывод плавучих буровых установок в проектные точки бурения;
- обеспечение и контроль строительства морских нефтегазовых промыслов с последующей исполнительной съемкой после завершения строительства;
- наблюдение за деформацией сооружений морских нефтегазовых промыслов.

Основными средствами определения планового положения в море являются спутниковая радиогеодезическая аппаратура. В прибрежных зонах применяют оптические, радиолокационные средства, свето- и радиодальномеры.

Основным средством измерения глубин при топографической съемке морского дна и высотной привязке является эхолот. Малые

глубины (до 10 м) допускается измерять лотами. Средние квадратические погрешности измерения глубин не должны превышать:

- 0,3 м на глубинах до 30 м;
- 1 % от измеренной глубины на глубинах свыше 30 м.

Сеть опорных пунктов, используемых для плановой привязки точек на нефтегазопромысле, составляет опорную морскую геодезическую сеть. Она развивается на побережье, островах, водной поверхности и в толще воды, на морском дне и гидротехнических сооружениях. Исходными данными для определения планового положения являются координаты опорных наземных и морских пунктов, а также координаты, получаемые при помощи спутниковых технологий.

Систему координат морского нефтегазового промысла устанавливают техническим проектом обустройства. Отчетным горизонтом, к которому приводятся все измерения глубин, является нуль глубин. За нуль глубин на неприливых морях, а также на приливно-отливных морях при средней величине прилива меньшей 50 см принимают средний многолетний уровень. При средней величине прилива, равной и большей 50 см, принимают наинизший теоретический уровень.

Обработку результатов геодезических измерений ведут в системе плоских прямоугольных координат ( $X, Y$ ) проекции Гаусса, в системе пространственных прямоугольных ( $X, Y, Z$ ) и географических ( $\varphi, \lambda$ ) координат. Выбор конкретной системы координат обуславливают видами, содержанием работ, требованиями к отечественной документации и районам производства работ. Результаты места определений на суше, внутренних водоемах, в прибрежной зоне и на шельфе представляют в прямоугольных координатах Государственной системы. На открытых акваториях морей и океанов определения выполняют в геодезических координатах, отнесенных к поверхности референц-эллипсоида Красовского, или в системе координат WGS-84, отнесенных к поверхности общеземного эллипсоида. Все результаты определений необходимо приводить к единой Государственной системе координат. Определение местоположений в других системах координат должно быть обосновано в техническом задании или в проекте производства маркшейдерско-геологических работ.

Геодезические и маркшейдерские основы, морские карты, топографические планы составляют в проекции Меркатора или в пря-

моугольной проекции Гаусса. Основы в проекции Меркатора составляют по стандартным главным параллелям в нарезке, предусмотренной техническим проектом, или в нарезке использованных карт, а в проекции Гаусса – в Международной разграфке или в разграфке, предусмотренной проектом работ.

Плановое положение объектов морского нефтегазопромысла определяют по результатам измерения углов, пеленгов, расстояний, разностей расстояний, их комбинаций. Координаты определяемых точек вычисляют на эллипсоиде или на плоскости в зависимости от удалений от береговых станций и требуемой точности определения. Требования к точности плановой привязки обосновывают техническим проектом производства работ или положениями настоящей Инструкции на каждый вид работ.

При поисках, разведке, добыче и транспортировке нефти и газа на морских промыслах средняя квадратическая погрешность (СКП) определения планового положения объектов не должна превышать 1,0 мм в масштабе отчетной карты (плана). При работах в сложных гидрометеорологических условиях СКП может быть увеличена до 1,2 мм (при работах на акваториях Арктики и Антарктики до 1,5 мм) в масштабе отчетной карты и обоснована проектом работ. Средняя квадратическая погрешность определения границ участков горного отвода на шельфе не должна превышать 1,0 мм в масштабе графических приложений к решению об отводе.

Вывод полупогруженных (ППБУ), самоподъемных (СПБУ) буровых установок и буровых судов производят на основании технического задания, выданного главным геологом организации заказчика. В подготовительный период, перед поисково-разведочным бурением на миллиметровой бумаге составляют планшет в масштабе 1:2000 с нанесенной сеткой географических координат. На планшет наносят проектную точку бурения, а при выводе ППБУ или СПБУ, кроме этого, и точки постановки маркерных буев.

Буровое судно выводят в точку заложения скважины, а судно-постановщик – в точку постановки центрального маркерного буя с помощью навигационного комплекса. После вывода бурового судна, судна-постановщика в заданную географическую точку оба судна стабилизируют по системе динамического позиционирования, систему спутниковой навигации переводят в режим высокоточного трехмерного определения местоположения судна, на планшет наносят осредненное место судна и определяют азимут и расстоя-

ние до заданной точки постановки бурового судна или точки постановки буйа. Используя систему динамического позиционирования буровое судно или судно-постановщик перемещают по заданному направлению на определенное по планшету расстояние до проектной точки.

Если новое место судна-постановщика (с учетом местоположения антенны спутникового приемоиндикатора и точки, с которой производят постановку буйа) окажется в пределах 30-метрового радиуса, в центре которого находится заданная проектная точка постановки одного из центральных буйев, то судно-постановщик ставит буй № 1. Выставленный буй № 1 принимают за исходную точку, относительно которой судно-постановщик выставляет всю серию буйев, используя при этом систему динамического позиционирования, доплер-лаг и радиолокационную станцию. Место установки маркерных буйев наносят на рабочий планшет. Постановку ППБУ, СПБУ в точку бурения осуществляют относительно системы буйев с постановкой на якорную систему стабилизации бурового судна – путем использования системы динамического позиционирования. Необходимые перемещения выполняют по заданному направлению на определенное по планшету расстояние. В случае, если точка заложения скважины расположена в зоне действия береговых радионавигационных станций ОНС, вывод осуществляют с помощью бортового ответчика системы РНС по предрасчетным данным. Новое местоположение ППБУ, СПБУ, бурового судна уточняют и, если новое местоположение окажется в пределах 30-метрового радиуса, в центре которого находится проектная точка, то вывод ППБУ, СПБУ или бурового судна считают законченным. Окончательные координаты местоположения устья скважины поисково-разведочного бурения определяют спутниковой аппаратурой в режиме "статика".

Вывод ППБУ, СПБУ и бурового судна на точку бурения оформляют актом за подписями начальника бурового комплекса, капитана, ответственного маркшейдера, старшего геолога. К акту прилагается планшет масштаба 1:2000 с нанесенной географической сеткой и фактическим местоположением точки бурения. Оформленный акт передают организации-заказчику.

Наблюдения за деформацией сооружений морских нефтегазовых месторождений выполняет маркшейдерская служба предприятия с целью выявления отклонений от установленных проектом

геометрических соотношений элементов нефтегазопромысловых объектов и своевременного принятия мер по устранению отклонений, превышающих допустимые. Значения предельно допустимых отклонений устанавливаются соответствующими нормами, правилами технической эксплуатации оборудования или заданием на проектирование с учетом особенностей его эксплуатации в условиях морских нефтегазовых месторождений. Наблюдения за деформациями сооружений морских нефтегазовых месторождений выполняются по утвержденной руководством предприятия программе, составленной с учетом положений Инструкции.

Наблюдения за деформацией зданий и сооружений, расположенных в береговой части морских нефтегазовых месторождений, включая объекты сбора, подготовки и транспортирования нефти, а также участки подводных переходов трубопроводов, выполняют, руководствуясь положениями Инструкции.

Наблюдения за деформацией буровых установок в процессе их эксплуатации на морских нефтегазовых месторождениях могут выполняться маркшейдерскими, на основе спутниковых технологий и фотограмметрическими методами с учетом требований настоящей Инструкции.

В качестве опорных пунктов при наблюдении за деформацией отдельных элементов буровых установок и других объектов в зависимости от конкретных условий могут использоваться пункты опорной морской геодезической сети, а также специально отмаркированные пункты на консервациях ПБУ. Периодичность наблюдений регламентируется программой работ с учетом особенностей конкретного морского месторождения и расположения сооружений на нем, с возможной корректировкой частоты наблюдений и зависимости от штормовых воздействий. В результате работ по наблюдению за деформацией сооружений морских нефтегазовых месторождений маркшейдерская служба представляет руководству предприятия технический отчет, Журналы измерений, план расположения опорных и деформационных точек, ведомость вычисления численных значений и направлений деформаций, кренов.

## 12. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ)

### 12.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

**П**роектирование объекта выполняется в такой последовательности.

На основании схемы развития и размещения аналогичных объектов разрабатывают **технико-экономическое обоснование (ТЭО)** проектирования, строительства, реконструкции или расширения сооружения и определяют расчетную стоимость его строительства. В районе, установленном ТЭО, выбирают площадку для строительства объекта и составляют **техническое задание (ТЗ)** на проектирование.

В соответствии с утвержденным ТЗ разрабатывают **проектно-сметную документацию** в одну стадию для предприятий, зданий и сооружений, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также для технически несложных объектов, или две стадии в зависимости от сложности возводимого объекта. Проектно-сметная документация регламентирована СНиП Инструкцией о порядке строительства, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений и другими нормативными документами.

В состав проектно-сметной документации проекта входят:

- общая пояснительная записка в нескольких книгах с приложениями, включая папки с копиями чертежей;
- организация строительства;
- сметная документация.

Пояснительная записка проекта состоит из нескольких частей, среди которых основными являются: общая, геологическая, энергетическая, строительная, генеральный план и транспорт, система управления производством, охрана природы, технико-экономическая.

Строительная часть содержит описание и обоснование архитектурно-строительных решений зданий и сооружений, данные о площади строительства. В особых разделах освещены вопросы организации водоснабжения, канализации, теплоснабжения и вентиляции, даны чертежи внутренних и внешних сетей коммуникаций.

Важной частью пояснительной записки является **проект организации строительства (ПОС)**, в котором определены основные технические решения и применяемые материалы для строительства. Составной частью ПОС является **стройгенплан**, который посвящен решению вопросов размещения основных и временных сооружений. После утверждения проекта на основании ПОС разрабатывают **проект производства работ (ППР)**, в котором указывается технологическая последовательность строительства, места размещения оборудования и применяемых материалов.

Рабочая документация, выполняется на основании утвержденного проекта строительства и включает в себя: рабочие чертежи; ведомости объемов строительных и монтажных работ; ведомости потребности в материалах; спецификации на оборудование; сметную документацию; паспорта строительных рабочих чертежей зданий и сооружений.

К началу работ строительной организации передают комплекты технической и проектной документации.

В состав технической документации входят:

- планы земной поверхности участков строительства;
- план расположения пунктов опорной сети на земной поверхности;
- материалы детальной геологической разведки;
- чертежи земельных отводов.

Проектная графическая документация применительно к строительству метрополитенов включает в себя:

- **генеральный план**, на котором указывают все запроектированные объекты с их наименованиями и основными размерами, план подземных сооружений для транспортных тоннелей и метрополитенов составляется в масштабах 1:2000 и 1:5000;
- **геометрическую схему** трассы в масштабе 1:1000, на ней даются все плановые данные, необходимые для переноса проекта в натуру;

- **укладочную схему**, являющуюся основным проектным чертежом, где определено положение трассы в вертикальной плоскости, она составляется в масштабе 1:2000;
- **продольный профиль** трассы, проектируется на базе общего геологического разреза и содержит все необходимые данные для перенесения проекта профиля в натуру, все отметки и расстояния даются в нем с точностью до миллиметров;
- **планы шахтных площадок**, составляются в масштабе 1:200 и содержат основные данные для разбивки околоствольных выработок.

Для детальной разбивки сооружений при строительстве тоннелей и метрополитенов проектирующими организациями выпускается комплект проектных чертежей, содержание которых зависит от назначения проектируемого сооружения. На чертежах, выдаваемых проектными организациями строителям, имеются все необходимые данные, определяющие положение трассы в натуре.

## 12.2. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**З**адачи маркшейдерского обеспечения строительства и реконструкции подземных сооружений аналогичны тем, которые выполняют геодезисты при строительстве наземных сооружений. Принципиальных различий в методике проведения работ и в конструкции применяемых для производства работ приборов не существует. Однако в случае производства строительных работ под землей или добычи полезного ископаемого любым из способов весь комплекс задач, связанных с наземным и подземным строительством в пределах горного отвода, обязан решать маркшейдер.

Работа маркшейдера при строительстве подземных сооружений начинается со сгущения опорной сети на поверхности, которая должна обеспечить привязку проекта с заданной точностью. Относительно пунктов опорной сети производят вынос контура и топографическую съемку промплощадки, разбивку всего технологического комплекса связанных с подземным строительством основных и вспомогательных зданий и сооружений и коммуникаций.



В общем случае задачами маркшейдерского обеспечения при строительстве подземных сооружений являются:

- проверка числовых значений разбивочных элементов и графической части проектных чертежей;
- перенесение геометрических элементов проекта в натуру;
- контроль соблюдения установленного проектом соотношения геометрических элементов сооружений;
- наблюдения за деформациями сооружений;
- производство съемочных работ, составление и пополнение графической документации;
- учет объемов основных строительных работ.

Основную часть перечисленных работ выполняют маркшейдеры строительной организации, и только выполнение некоторых наиболее трудоемких и ответственных работ возлагается на специализированные организации.

#### 12.2.1. ПРОВЕРКА ПРОЕКТНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

**В**озведение подземных сооружений требует значительных финансовых затрат, и соответственно должны быть полностью исключены ошибки переноса проекта сооружения в натуру. Это достигается самой методикой производства маркшейдерских работ, которая предусматривает проведение контрольных измерений и вычислений. Однако не исключена возможность наличия ошибок и просчетов непосредственно в проектной документации. Поэтому, учитывая особую ответственность разбивочных работ при переносе проекта сооружения в натуру, маркшейдерам необходимо выполнить вычисления и проверить соответствие указанных на проектных чертежах координат и размеров основных элементов сооружения вычисленным значениям.

Для особо ответственных сооружений в проектных чертежах указывают значения координат характерных точек сооружения, расстояния и величины дирекционных углов между ними. Используя эти данные, решая, допустим, прямую геодезическую задачу, последовательно проверяют правильность указанных в проекте координат или при помощи обратной геодезической задачи определяют величины дирекционных углов и расстояний и сравнивают их с проектными значениями.

Проверку высотных отметок производят, используя значения уклонов и расстояний, указанных на чертежах, а также расстояний между ярусами сооружения, производя вычисления, сравнивают полученные результаты с проектными значениями.

После произведенной проверки координат и высот точек проверяют размеры, представленные во всем комплексе проектных чертежей по данному сооружению.

Кроме генплана, в комплект рабочих чертежей входят также чертежи различного назначения. Это строительные, энергетические, водоснабжения и канализации, вентиляции, связи и т.д. На каждом из них указаны общие размеры сооружения и отдельных его частей и свои специфические особенности, относящиеся к их конкретному назначению. Поэтому возникает необходимость в сравнении соответствия указанных размеров во всех проектных чертежах по каждому конкретному сооружению, и определения взаимноисключающего расположения вспомогательных конструкций и закладных деталей.

Обычно проверка начинается с общестроительных чертежей путем простого суммирования размеров внутренних конструкций и сопоставления полученного результата с общим размером всего сооружения, и в дальнейшем последовательно сравнивают соответствующие размеры и положение конструкций во всех остальных чертежах.

Проектные чертежи можно принять к производству разбивочных работ только тогда, когда будет совершенно очевидна правильность всех размеров и числовых значений, а также наличие согласованности всего комплекса проектных чертежей по данному сооружению.

Для получения данных, отсутствующих на проектных чертежах, но являющихся необходимыми для перенесения проекта в натуру, выполняют детальные дополнительные расчеты.

### 12.2.2. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА В НАТУРУ

**П**еренесение геометрических элементов проекта в натуру является одним из основных видов маркшейдерской деятельности. Выполняют его для определения на местности планового и высотного положения характерных точек и плоскостей строящегося сооружения в соответствии с рабочими чертежами проекта.

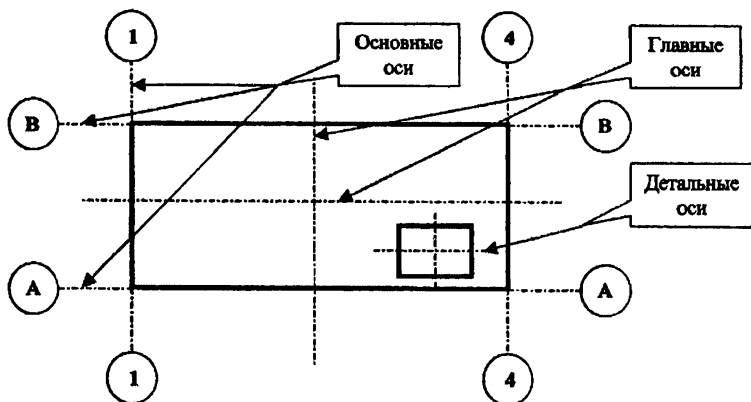


Рис. 12.1. Оси сооружения

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая, в свою очередь, задается осями. Относительно осей сооружения в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения. Система осей играет примерно ту же роль, что и координатная сетка на картах и планах.

На строительных чертежах (рис. 12.1) оси проводят штрихпунктирными линиями и обозначают цифрами и буквами в кружках. Для обозначения продольных осей служат буквы русского алфавита, а для поперечных осей – арабские цифры. Оси обозначают слева направо и снизу вверх.

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности.

В нормативных документах существует понятие "разбивочные оси". На практике же разбивочные оси разделяют на главные, основные и промежуточные или детальные оси.

**Главные** оси – оси симметрии, их обозначают для зданий и сооружений сложной конфигурации. Для линейных сооружений это будут продольные оси этих сооружений.

**Основными** называют оси, определяющие форму и габариты зданий и сооружений.

**Промежуточные** или **детальные** оси – это оси отдельных элементов зданий, сооружений.

Возведение строительных конструкций начинают с перенесения проекта сооружения в натуру, т.е. с вынесения и закрепления на местности разбивочных осей. Поэтому маркшейдерские работы по

перенесению проектов зданий и сооружений в натуру называют **разбивкой**.

Весь процесс разбивки сооружения определяется правилом перехода от общего к частному. Разбивка главных и основных осей определяет положение всего сооружения на местности, т.е. его размеры и ориентирование относительно сторон света и существующих контуров местности. Детальная же разбивка определяет взаимное положение отдельных элементов и конструкций сооружения.

Если положение главных и основных осей может быть определено на местности с погрешностью 30–50 мм, то детальные оси разбивают со средней квадратической погрешностью 2–3 мм и точнее.

Точность перенесения основных осей может быть повышена, если это обусловлено проектом, как, например, в случае, когда возводимое сооружение технологически связано с действующим объектом и к точности их взаимного положения предъявляют повышенные требования.

Перед выносом в натуру проекта инженерного сооружения необходимо выполнить специальную маркшейдерскую подготовку, которая предусматривает:

- маркшейдерскую привязку проекта;
- составление разбивочных чертежей;
- разработку проекта производства маркшейдерских работ.

**Привязкой проекта** называют расчет разбивочных элементов, по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерско-геодезической основы или капитальных опорных строений.

Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения, выбор и расчет которых зависит от принятого способа разбивки.

Для выноса сооружения в натуру необходимо иметь на местности пункты маркшейдерско-геодезической основы с известными координатами. В этой же системе должны быть определены координаты основных точек сооружения, определяющих его геометрию. Координаты пунктов маркшейдерско-геодезической основы определяют по результатам измерений, проводимых при ее создании. Координаты же точек, принадлежащих сооружению, в случае их отсутствия, определяют графически или вычисляют аналитически, при этом используют основные чертежи проекта.

Различают три способа маркшейдерской подготовки разбивочных данных: графический, графоаналитический и аналитический.

**Графический способ** применяют при внутриквартальной жилой застройке, в сельскохозяйственном строительстве, когда к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований. Необходимые линейные и угловые разбивочные элементы определяют графически по генплану с точностью масштаба плана.

При **графоаналитическом способе** подготовки, наиболее широко применяющемся на практике, графически определяют координаты некоторых точек здания или сооружения, а значения угловых и линейных разбивочных элементов рассчитывают.

При **аналитическом способе** все данные для разбивки находят путем математических вычислений, при этом координаты минимум двух точек сооружения должны быть указаны на проектных чертежах.

Результаты маркшейдерской подготовки проекта отображают на разбивочных чертежах. Разбивочный чертеж является основным документом, по которому выполняют разбивочные работы в натуре. Его составляют в масштабах 1:500–1:2000, а иногда и крупнее в зависимости от сложности сооружения или составляющих его элементов.

На разбивочном чертеже показывают:

- контуры выносимых зданий и сооружений с их размерами и расположением осей;
- пункты маркшейдерско-геодезической основы, от которых производится разбивка;
- разбивочные элементы, значение которых подписываются прямо на чертеже.

Иногда на разбивочном чертеже указывают значения координат исходных пунктов маркшейдерско-геодезической основы, длины и дирекционные углы исходных сторон, высотные отметки исходных реперов. Эти данные могут служить для контроля в процессе разбивки и после ее завершения.

Для обеспечения своевременности и точности выполнения маркшейдерских работ составляют проект производства маркшейдерских работ. В проекте производства маркшейдерских работ, который является составной частью общестроительного проекта, рассматриваются: построение исходной разбивочной основы; организация и выполнение разбивочных работ, исполнительных съемок;

перечень применяемых приборов и инструментов для обеспечения соответствующей точности измерений и другие вопросы, зависящие от конкретного объекта и условий его строительства.

### **Закрепление осей**

Вынесенные в натуру оси закрепляются постоянными и временными знаками. Постоянными знаками обычно закрепляют главные и основные оси. Места закрепления осей постоянными знаками выбирают на стройгенплане с учетом долговременной их сохранности, а также обеспечения беспрепятственного ведения строительного-монтажных работ. Эти места должны быть удобными для установки над знаками приборов и выполнения измерений. Знаки устанавливают вне зоны земляных работ в местах, свободных от складирования строительных материалов, размещения временных сооружений и строительной техники.

Выбор конструкции знаков зависит от условий строительной площадки, наличия строительных материалов, применяемых методов разбивочных работ.

Конструкции постоянных знаков могут быть различными. Наиболее часто для закрепления осей применяют грунтовые постоянные знаки. В качестве постоянных грунтовых знаков используют обрезки металлических труб или рельсов, к нижней части которых приваривают металлическую крестовину (якорь) для закрепления в бетонном монолите. К верхней части знака приваривают металлическую пластину, на которой при помощи керны отмечают положение точки закрепления оси. Иногда в качестве постоянных знаков допускается использование забетонированных деревянных столбов, положение точки закрепления оси на которых отмечается гвоздем.

Грунтовые реперы устанавливают в скважине, пробуренной на глубину не меньше 0,5 м ниже глубины промерзания грунта. После установки знака скважину бетонируют. Постоянные реперы могут быть как грунтовыми, так и стенными, закрепляемыми в капитальных стенах или цокольных частях близлежащих зданий. Часто строительные реперы совмещают с постоянными знаками закрепления разбивочных осей.

Для временных знаков используют деревянные колья, костыли, металлические штыри и трубки.

Оси закрепляют по обе стороны от габаритов сооружения не менее чем двумя знаками. Грунтовые знаки закрепления осей ог-

раждают и промерами производят привязку к местным предметам. Если в створе осей находятся капитальные строения, ограды и т.п., то на их стенах оси маркируют яркой несмываемой краской.

Для закрепления, а также для удобства использования в процессе строительства оси выносят на обноску. Обноска представляет собой доску, закрепленную на столбах высотой 0,4–0,6 м. Применяют также инвентарную металлическую обноску. Оси на деревянной обноске фиксируют гвоздем, на металлической – специальным передвижным хомутом с прорезью. Известны два вида обноски – сплошная и створная.

### **Требования к точности разбивочных работ**

Требования к точности разбивочных работ зависят от многих факторов:

- вида, назначения, местоположения сооружения;
- размеров сооружения и взаимного расположения его частей;
- материала, из которого возводится сооружение;
- порядка и способа производства строительных работ;
- технологических особенностей эксплуатации и т.п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах, таких, как:

- строительные нормы и правила (СНиП);
- государственный стандарт (ГОСТ);
- ведомственные инструкции.

Точность геометрических параметров в нормативных документах и чертежах определяются предельно допустимыми отклонениями.

По указанным допускам на положение строительных конструкций определяют долю, приходящуюся на маркшейдерские измерения. Для этого с учетом конкретной технологии возведения строительной конструкции решается вопрос о соотношении ошибок каждой технологической операции.

Если принять принцип равных влияний всех  $n$  источников, то на каждый из них, в том числе и на маркшейдерские измерения  $\sigma_m$ , придется доля от общей ошибки установки  $\sigma_{\text{общ}}$ :

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{общ}}}{\sqrt{n}}. \quad (12.1)$$

Когда затруднительно учесть все возможные источники погрешностей строительно-монтажного производства, принимают принцип ничтожно малого влияния ошибок маркшейдерских измерений на общую ошибку:

$$\sigma_m = \sigma_{\text{общ}} K, \quad (12.2)$$

где  $K = 0,2 \div 0,4$ .

Переход от допуска к среднему квадратическому отклонению выполняют по формуле

$$\delta \cong \frac{\sigma}{3}. \quad (12.3)$$

### Вынос в натуру проектных углов и длин линий

Разбивочные работы сводятся к фиксации на местности точек, определяющих проектную геометрию сооружения. Плановое положение этих точек может быть определено с помощью построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта.

Построение проектного угла осуществляется от пунктов маркшейдерско-геодезической сети, созданной перед началом производства разбивочных работ. Задача сводится к отысканию на местности направления, которое образовывало бы с исходным направлением  $AB$  проектный угол  $\beta$  (рис. 12.2).

В нашем случае  $AB$  – исходное направление,  $C$  – точка определяемого направления. Работы ведут в следующем порядке. Устанавливают теодолит в точке  $B$  и приводят его в рабочее положение.

Наводят зрительную трубу на точку  $A$  и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. Далее прибавляют к этому отсчету проектный угол  $\beta$  и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Теперь визирная ось зрительной трубы указывает на требуемое направление. Зная проектное расстояние  $L$ , положение этой точки фиксируют на местности (т.  $C$ ).

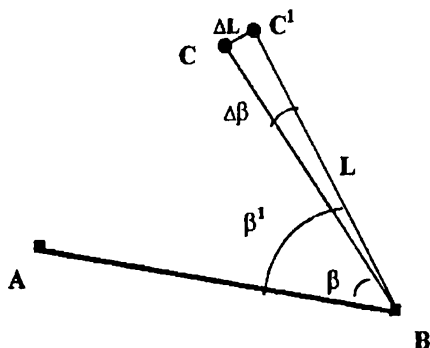


Рис. 12.2. Построение проектного угла



Стандартные геодезические и маркшейдерские приборы, изготовленные серийно, по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. В результате точность вынесения разбивочных элементов этими приборами оказывается ниже, чем точность измерений с использованием этих же приборов. Поэтому, если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, поступают следующим образом.

Построенный в натуре угол измеряют несколькими приемами и определяют его более точное значение  $\beta'$ .

Число приемов, необходимых для измерения угла, определяют по формуле

$$n = m_n^2 / m_\beta^2, \quad (12.4)$$

где  $m_n$  – номинальная для данного теодолита средняя квадратическая погрешность измерения угла;  $m_\beta$  – требуемая средняя квадратическая погрешность вынесения угла.

Измерив построенный в натуре угол, вычисляют поправку  $\Delta\beta$ , которую необходимо ввести для уточнения построенного угла. Зная проектное расстояние  $L$ , вычисляют линейную поправку  $\Delta L$ :

$$\Delta L = L \frac{\Delta\beta}{\rho}, \quad (12.5)$$

где  $\Delta\beta = \beta^1 - \beta$ , с;  $\rho = 206265$ .

Далее откладывают от точки  $C$  перпендикулярно к линии  $BC$  величину вычисленной поправки  $\Delta L$  и фиксируют точку  $C^1$ . Угол  $ABC^1$  и будет равен проектному углу с заданной точностью. Для контроля угол  $ABC^1$  измеряют необходимым количеством приемов. Если полученное значение отличается от проектного на допустимую величину, то работу заканчивают. В противном случае требуются дальнейшие уточнения.

Для построения проектной длины линии необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Вынесение на местности расстояний может быть выполнено мерными приборами, т.е. рулетками или мерными проволоками, оптически-дальномерами, свето- и радиодальномерами.

Современные электронно-оптические приборы позволяют измерять и выносить линии с гарантируемой точностью в пределах  $f_l = \pm (2 \div 4 + 2 \cdot 10^{-6} L)$ , мм,

где  $L$  – измеряемое расстояние, км.

Вынесение длин мерными приборами для точных разбивок производится при постоянном натяжении с введением поправок за компарирование, температуру и наклон линии к горизонту. Откладываемая на местности величина

$$D = D_0 + d_k + d_t + d_h, \quad (12.6)$$

где  $D_0$  – проектное (горизонтальное) расстояние;  $d_k$  – поправка за компарирование, вычисляется по формуле

$$d_k = \frac{kD_0}{l_0}; \quad (12.7)$$

$k$  берется из аттестата прибора или определяется путем сравнения рабочей меры с эталонной;  $l_0$  – длина мерного прибора;  $d_t$  – поправка за температуру, вычисляется по формуле  $d_t = \alpha D_0(t - t_0)$ ;  $\alpha$  – коэффициент расширения (для стали  $\alpha = 0,000\ 011 \div 0,000\ 012$ );  $t$  – температура при измерении;  $t_0$  – температура компарирования;  $d_h$  – поправка за наклон линии к горизонту, вычисляется по формуле

$$d_h = 2D_0 \sin^2 \left( \frac{\gamma}{2} \right) \cong \frac{h^2}{2D_0}; \quad (12.8)$$

$\gamma$  – угол наклона линии;  $h$  – превышение концов линии.

При вынесении линии с высокой точностью часто поступают следующим образом. На местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния. Это расстояние с необходимой точностью измеряют дальномерами или компарированными мерными приборами, учитывая все поправки. Измерив длину закрепленного отрезка, сравнивают ее с проектным значением и находят линейную поправку  $\Delta L = L_{пр} - L_{изм}$  и откладывают ее с соответствующим знаком от конечной точки отрезка. Потом, для контроля, построенную линию повторно измеряют.

### **Вынос в натуру проектных отметок, линий и плоскостей проектного уклона**

Все отметки, указанные в проекте, даются от уровня "чистого пола" или какого-либо другого условного уровня. Поэтому предва-

рительно их необходимо перевычислить в систему, в которой даны высоты исходных реперов.

Для выноса в натуру точки с проектной отметкой  $H_{пр}$  устанавливают нивелир примерно посредине между репером с известной отметкой  $H_{Rp}$  и выносимой точкой. На исходном репере и выносимой точке устанавливают рейки, взяв отсчет  $a$  по рейке на исходном репере, определяют горизонт прибора  $\text{ГП} = H_{Rp} + a$ .

Для контроля желательно аналогичным образом проверить значение ГП по другому исходному реперу.

Чтобы установить точку на проектную отметку  $H_{пр}$ , необходимо знать величину отсчета по рейке на определяемой точке  $b = \text{ГП} - H_{пр} = H_{Rp} + a - H_{пр}$ .

Вычислив отсчет  $b$ , рейку в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают до тех пор, пока отсчет по среднему штриху зрительной трубы нивелира не будет равен вычисленному. В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной высоте. Ее фиксируют в натуре.

Для контроля, нивелируя обычным способом, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Проектная отметка может быть также установлена следующим образом. Выносимую точку приближенно устанавливают на проектную высоту. Нивелированием определяют превышение  $h$  между приближенно установленной точкой и исходным репером. Полученное превышение сравнивают с проектным значением  $h_{пр} = H_{пр} - H_{Rp}$ . С учетом знака разности  $h - h_{пр}$  изменяют высоту точки, добиваясь, чтобы  $h = h_{пр}$ .

Для построения в натуре линии с проектным уклоном используют нивелиры, теодолиты, а также лазерные приборы.

Если дана отметка исходной точки  $H_A$  и проектный уклон  $i$ , то отметку другой точки  $H_B$  можно вычислить по формуле  $H_B = H_A + iL_{пр}$ , где  $L_{пр}$  – проектное расстояние. Далее вычисленную отметку выносят любым вышеописанным способом.

В случаях, когда превышение между репером и проектной отметкой велико и применение нивелира затруднительно, используют тригонометрическое нивелирование.

Теодолит устанавливают на репер с известной отметкой, приводят его в рабочее положение и измеряют высоту прибора  $i$  (рис. 12.3). Вычисляют угол наклона визирного луча теодолита:

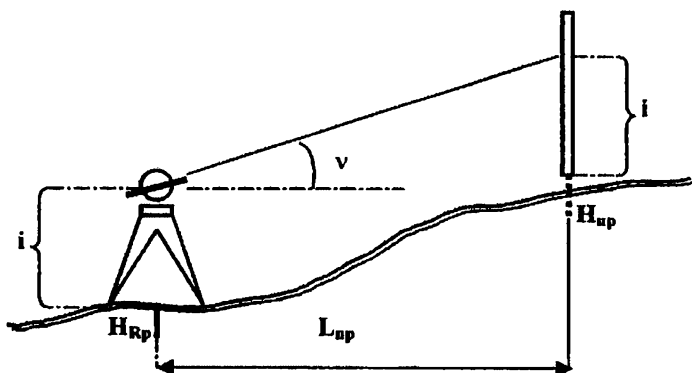


Рис. 12.3. Вынос проектной высотной отметки теодолитом

$$\gamma = \text{arctg} \frac{H_{\text{пр}} - H_{\text{Rp}}}{L_{\text{пр}}} \quad (12.9)$$

и на вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают соответствующий отсчет.

В точке выноса проектной отметки устанавливают нивелирную рейку и, поднимая или опуская ее, добиваются, чтобы отсчет по среднему штриху зрительной трубы теодолита был равен высоте прибора  $i$ . В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной высоте. Ее фиксируют в натуре.

Для контроля тригонометрическим нивелированием определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

### 12.2.3. СПОСОБЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Для перенесения проекта сооружения в натуру применяют следующие способы разбивочных работ: полярной, угловой, линейной, створной и створно-линейной засечек, перпендикуляров и бокового нивелирования.

Применение того или иного способа зависит от вида сооружения, условий его возведения, схемы расположения пунктов опорной сети, имеющихся в наличии приборов и инструментов, этапа производства разбивочных работ. Целесообразнее применять тот

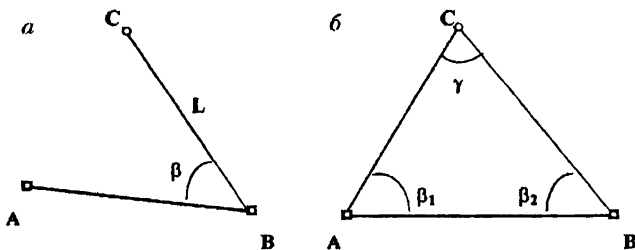


Рис. 12.4. Способы разбивочных работ:  
*a* – полярный; *б* – угловой засечки

способ, который при прочих равных условиях обладает необходимой точностью и минимальной трудоемкостью.

На точность разбивочных работ влияют погрешности положения исходных опорных пунктов  $m_{и}$ , разбивочных работ  $m_{р}$  и фиксации  $m_{ф}$ .

**Полярный способ** применяют при разбивке осей зданий, сооружений и конструкций с полигонометрических пунктов, когда эти пункты расположены сравнительно недалеко от выносимых в натуру точек.

В этом способе положение выносимой точки *C* (рис. 12.4, *a*) находят на местности путем отложения от направления *AB* проектного угла  $\beta$  и расстояния *L*. Разбивочный угол  $\beta$  определяется как разность дирекционных углов  $\alpha_{AB}$  и  $\alpha_{AC}$ . Дирекционные углы и расстояние *L* вычисляются из решения обратных геодезических задач по координатам точек *A*, *B* и *C*.

Средняя квадратическая погрешность выноса в натуру точки *C* определяется формулой

$$m_c^2 = m_p^2 + m_{и}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2. \quad (12.10)$$

Погрешность разбивки полярным способом зависит от ошибки  $m_{\beta}$  построения угла  $\beta$  и ошибки  $m_L$  отложения проектного расстояния *L*.

$$m_p^2 = m_L^2 + \left( \frac{m_{\beta}}{\pi} \right)^2 L^2. \quad (12.11)$$

Погрешности исходных данных при  $m_A = m_B = m_{AB}$  выражается формулой

$$m_n^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left( \frac{L}{b} \right)^2 - \frac{L}{b} \cos \beta \right], \quad (12.12)$$

а совместная погрешность центрирования и фиксации

$$m_{ц}^2 = E^2 \left[ 1 + \left( \frac{L}{b} \right)^2 - \frac{L}{b} \cos \beta \right]. \quad (12.13)$$

Эти формулы аналогичны, и из них следует, что для уменьшения влияния ошибок исходных данных и центрирования необходимо, чтобы угол  $\beta$  и отношение  $L/b$  были минимальны, выносимый угол был бы меньше прямого, а проектное расстояние – меньше базиса разбивки, т.е.  $\beta < 90^\circ$ ,  $L < b$ .

**Способ угловой засечки** применяют для выноса недоступных точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов. Применяют прямую и обратную угловые засечки.

В способе прямой угловой засечки положение на местности проектной точки  $C$  (рис. 12.4, б) находят путем отложения на исходных пунктах  $A$  и  $B$  углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Разбивочные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  вычисляют как разность дирекционных углов исходной стороны  $AB$  и сторон  $AC$  и  $BC$ . Дирекционные углы сторон определяют путем решения обратной геодезической задачи.

Средняя квадратическая погрешность выноса точки  $C$  способом прямой угловой засечки зависит от ошибок разбивки, исходных данных, центрирования и фиксации выносимой точки.

$$m_c^2 = m_p^2 + m_n^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2. \quad (12.14)$$

Средняя квадратическая погрешность выноса точки способом угловой засечки

$$m_p = \frac{m_\beta b}{\rho \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{L_1^2 + L_2^2}. \quad (12.15)$$

При заданной среднеквадратической погрешности  $m_\beta$  величина ошибки засечки будет зависеть от угла  $\gamma$  и расстояния  $L$  до определяемой точки. Ошибка засечки будет минимальна при  $\gamma = 109^\circ 28'$ .

Средняя квадратическая погрешность в положении исходных данных при  $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m_{и}^2 = m_{AB}^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = m_{AB}^2 \frac{L_1^2 + L_2^2}{b^2}. \quad (12.16)$$

Совместное влияние ошибок центрирования теодолита и фиксации выражается формулой

$$M_{и}^2 = E^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = E^2 \frac{L_1^2 + L_2^2}{b^2}. \quad (12.17)$$

При разбивочных работах центрирование теодолита и фиксация выносимой точки могут быть выполнены сравнительно точно, поэтому основными ошибками в этом способе являются ошибки собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки основан на принципе редуцирования. На местности находят приближенное проектное положение выносимой точки. В этой точке устанавливают теодолит и с требуемой точностью измеряют углы не менее чем на три исходных пункта. По формулам обратной засечки вычисляют координаты приближенно установленной точки и сравнивают их с проектными значениями. По разности координат вычисляют величины редукции и смещают точку в проектное положение.

Способ **линейной засечки** целесообразно применять, когда расстояния от выносимой в натуру точки до исходных пунктов не превышают длины мерного прибора. Положение точки *C* (рис. 12.5, *a*) определяется пересечением проектных отрезков, отложенных от исходных пунктов *A* и *B*.

Наиболее удобно разбивку производить при помощи двух мерных приборов. От точки *A* откладывают расстояние  $L_1$ , а от точки *B* по второму прибору – расстояние  $L_2$ . Перемещая оба мерных прибора при совмещенных начальных отсчетах с центрами пунктов *A*

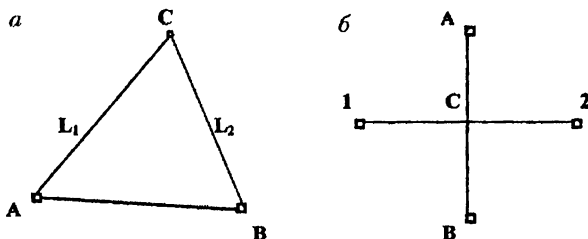


Рис. 12.5. Способ линейной (*a*) и створно-угловой (*б*) засечек

и  $B$ , на пересечении концов отрезков  $L_1$  и  $L_2$  находят положение выносимой точки  $C$ .

На точность вынесения проектной точки влияют погрешности разбивки, исходных данных и фиксации:

$$m_c^2 = m_p^2 + m_n^2 + m_\phi^2. \quad (12.18)$$

Средняя квадратическая погрешность выноса проектной точки способом линейной засечки определится из выражения

$$m_p^2 = 2 \frac{m_{AB}^2}{\sin^2 \gamma}. \quad (12.19)$$

**Способы створной и створно-линейной засечек** применяют для выноса в натуру осей зданий и сооружений, а также монтажных осей конструкций и технологического оборудования.

В способе створной засечки положение проектной точки  $C$  определяют на пересечении двух створов, задаваемых между исходными пунктами  $A-B$  и  $I-2$  (рис. 12.5, б) одновременно двумя теодолитами.

Погрешность в положении точки  $C$  можно рассчитать по формуле

$$m_c^2 = m_p^2 + m_n^2 + m_\alpha^2 + m_\phi^2. \quad (12.20)$$

Средняя квадратическая погрешность разбивки этим способом составит

$$m_p = 20'' \frac{\sqrt{3(L_1^2 + L_2^2)}}{\Gamma^x \rho \sin^2 \gamma}, \quad (12.21)$$

где  $\Gamma^x$  – увеличение зрительной трубы прибора;  $\gamma$  – угол между створами.

Отсюда следует, что точность створной засечки будет выше, когда створы пересекаются под прямым углом и выносимая точка  $C$  будет в их середине.

Створно-линейный способ позволяет определить проектное положение выносимой точки  $C$  (см. рис. 12.6, а) путем отложения проектного расстояния  $L$  по створу  $AB$ .

Средняя квадратическая погрешность разбивки здесь определяется из выражения



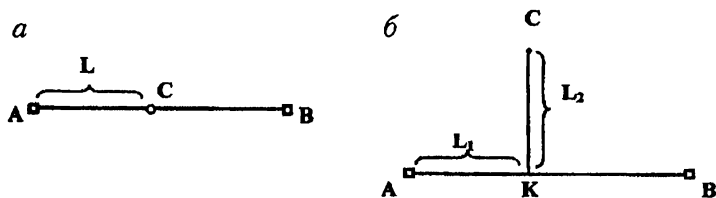


Рис. 12.6. Створно-линейный способ (а) и способ перпендикуляров (б)

$$m_p = 20'' \frac{\sqrt{3L^2}}{\Gamma^x \rho}. \quad (12.22)$$

**Способ перпендикуляров** применяют при вынесении в натуру точек перпендикулярно исходным направлениям маркшейдерско-геодезической сети или при наличии строительной сетки.

Вынос проектной точки  $C$  (рис. 12.6, б) производят по известным значениям длин линий  $L_1$  и  $L_2$  от ближайшего исходного пункта. Расстояние  $L_1$  откладывают по створу пунктов  $AB$ . В полученной точке  $K$  устанавливают теодолит и строят от стороны  $AB$  прямой угол. Откладывая по перпендикулярному направлению расстояние  $L_2$ , закрепляют полученную точку  $C$ . Для контроля положение проектной точки можно определить от другого пункта.

Способ перпендикуляров по существу является сочетанием створно-линейного и полярного способов разбивочных работ.

Средняя квадратическая погрешность в положении точки  $C$ , определенной способом перпендикуляров, может быть выражена формулой

$$m_c^2 = m_{L_1}^2 + m_{L_2}^2 + \left( \frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 L_2^2 + m_n^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{ф}}^2. \quad (12.23)$$

Отсюда следует, что большее расстояние необходимо откладывать по створу исходной стороны, а меньшее – по перпендикуляру. В этом случае влияние ошибки построения прямого угла будет минимальным.

**Способ бокового нивелирования** применяют для выноса параллельных (смещенных) осей на различных уровнях и для установки строительных конструкций в проектное положение.

Положение смещенной оси  $A'B'$  определяется при помощи теодолита, ориентированного по створу исходного направления  $AB$  и

горизонтально устанавливаемой нивелирной рейки. При отсчете по рейке  $L$ , равному расстоянию между вертикальными плоскостями, проходящими по исходному направлению  $AB$  и выносимой смещенной оси  $A'B'$ , пятка рейки определяет положение выносимой оси.

Общая погрешность способа может быть подсчитана по формуле

$$m_n^2 = m_y^2 + m_o^2 + m_n^2 + m_c^2 + m_f^2. \quad (12.24)$$

Погрешность установки рейки будет в основном зависеть от перпендикулярности рейки к створу визирования:

$$m_y^2 = Lv^2/(2p^2), \quad (12.25)$$

где  $v$  – угол отклонения рейки от ее перпендикулярного положения.

Погрешность отсчета по рейке подсчитывают по формуле

$$m_o = 0,03t + \frac{0,2d}{\Gamma^x}, \quad (12.26)$$

где  $t$  – цена деления рейки;  $d$  – расстояние от прибора до рейки, м.

#### 12.2.4. КОНТРОЛЬ СОБЛЮДЕНИЯ УСТАНОВЛЕННОГО ПРОЕКТОМ СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЯ

**П**од геометрическими элементами понимают их характерные точки, оси, плоскости.

Геометрическими параметрами называют расстояния между точками, осями, поверхностями, предусмотренные проектом углы между осями или осью и плоскостью, радиусы закруглений, габариты и диаметры сооружений.

Маркшейдеры при строительстве различных сооружений должны путем контрольных измерений определять отклонение геометрических элементов сооружений от их проектного положения, проводить сравнение действительных величин геометрических параметров с их номинальными (проектными) значениями.

Контроль осуществляется как в процессе строительного-монтажных работ, так и после их завершения.

Основой для контрольных измерений при установке конструкций и оборудования в проектное положение являются разбивочные оси или линии, им параллельные, опорные поверхности, реперы.

О выявленных в результате контрольных измерений недопустимых отклонениях сообщают главному маркшейдеру строительной организации, главному инженеру и делают соответствующую запись в Книге маркшейдерских указаний.

Результаты измерений, полученные в процессе строительства, фиксируют в полевом журнале и наносят на рабочие чертежи проекта с указанием величин отклонений.

По завершению строительства объекта или его частей по результатам измерений составляют исполнительные схемы и чертежи.

#### 12.2.5. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

**В** результате периодического изменения природных условий, таких, как температура, влажность, сейсмические воздействия, и других причин, а также деятельности человека, сооружения в целом или их отдельные части перемещаются относительно своего первоначального положения.

Перемещение конструкций разделяют на две составляющие – по высоте и в плане. Перемещение по высоте называют оседанием, а в плане – смещением или сдвигом. Неравномерное перемещение различных частей сооружений приводит к изменению формы конструкций, т.е. к их деформациям. Опыт наблюдения за сооружениями показал, что абсолютно неподвижных и недеформируемых конструкций нет. Деформацию вызывают и переменные силы, воздействующие на сооружение, такие, как ветровые нагрузки, солнечная радиация, вибрации, возникающие при работе оборудования и движении транспорта, и т.п.

По своему характеру деформации конструкций разделяют на упругие и остаточные. При упругих деформациях конструкции после уменьшения силы воздействия (нагрузки) принимают прежнюю форму. Упругие деформации наблюдаются, пока нагрузки не превышают определенного предела. Если нагрузки превышают этот предел, то форма конструкции не восстанавливается. В этом случае происходит нарушение прочности сооружения, а в конструкциях появляются трещины и разломы, а в отдельных случаях это приводит к авариям и разрушению сооружения.

Для своевременного предупреждения аварий и более детального изучения причин, их вызывающих, производят систематические

наблюдения за деформациями конструкций. С этой целью в конструкции сооружений закладывают специальные приборы и приспособления для определения напряжений и взаимного перемещения точек конструкций. Наиболее часто при наблюдениях за деформациями сооружений используют геодезические методы, позволяющие полностью определить перемещение конструкций и их частей в пространстве.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению величин деформаций и причин их возникновения. По результатам наблюдений проверяется правильность проектных расчетов и выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс деформации сооружения, оценить его устойчивость для принятия своевременных мер, обеспечивающих его нормальную работу.

Для сложных и ответственных сооружений наблюдения начинают одновременно с проектированием. На площадке будущего строительства изучают изменение природных факторов и создают систему опорных пунктов для определения степени их устойчивости.

Наблюдения за сооружением начинают с момента его возведения и продолжают в течение всего периода строительства. В зависимости от характера сооружения и природных условий наблюдения могут продолжаться в течение всего эксплуатационного периода или могут быть закончены при прекращении деформаций.

На каждом этапе возведения или эксплуатации сооружения наблюдения за деформациями производят через определенные промежутки времени. Такие наблюдения называются систематическими. В случае возникновения факторов, приводящих к резкому изменению величин деформаций, выполняют срочные наблюдения.

Параллельно с измерением деформаций для выявления причин их возникновения производят специальные наблюдения за изменением состояния и температуры грунтов и подземных вод, температуры тела сооружения, за изменением метеоусловий, ведется учет изменения строительной нагрузки и нагрузки от установленного оборудования.

Для производства наблюдений составляют специальный проект, который в общем случае включает в себя:

1. Техническое задание на производство работ.

2. Общие сведения о сооружении, природных условиях и режиме его работы.
3. Схему размещения опорных и деформационных знаков.
4. Расчет необходимой точности измерений.
5. Методы и средства измерений.
6. Методику обработки результатов наблюдений и оценки состояния сооружения.
7. Календарный план периодичности наблюдений.
8. Состав исполнителей, объемы работ и смету.

При использовании геодезических методов наблюдения за деформациями существенная роль отводится выбору конструкции и мест расположения геодезических знаков, поскольку от этого существенно зависит качество результатов наблюдений.

Применяемые для наблюдений геодезические знаки делятся на опорные, вспомогательные и деформационные.

Опорные знаки служат исходной основой, относительно которых определяются смещения деформационных знаков. Закрепляются они вне зоны деформации с расчетом их устойчивости и длительной сохранности. Их количество должно быть не менее трех для обеспечения взаимного контроля за устойчивостью.

Вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат с опорных знаков на деформационные.

Деформационные знаки закрепляются непосредственно на исследуемом сооружении и, перемещаясь вместе с ним, характеризуют изменение его положения в пространстве.

Расположение деформационных знаков на сооружении зависит от цели проведения работ, вида деформации, конструкции сооружения в целом и его отдельных элементов, инженерно-геологических условий и др.

Деформационные знаки для определения горизонтальных смещений сооружений размещаются по периметру, но не реже, чем через 15–20 м, по углам и обе стороны осадочных швов. Высотные реперы располагают по углам и по периметру через 10–15 м, на колоннах, в местах примыкания продольных и поперечных стен.

Для изучения деформаций определяют изменение пространственного положения деформационных знаков за выбранный промежуток времени. При этом определенное положение и время принимают за начальное.

Для определения абсолютных или полных осадок  $S$ , зафиксированных на сооружении точек, периодически определяют их отметки  $H$  относительно исходного репера, расположенного в стороне от сооружения и принимаемого за неподвижный. Чтобы определить оседание точки за определенный промежуток времени, необходимо вычислить разность отметок полученных в начале наблюдений  $H_0$  и через определенный интервал времени  $H_i$ .

$$S = H_i - H_0. \quad (12.27)$$

Аналогично можно вычислить оседание за время между предыдущими и последующими периодами (циклами) наблюдений.

Среднее оседание  $S_{cp}$  всего сооружения или отдельных его частей вычисляется как среднее арифметическое из суммы осадок всех  $n$  точек, т.е.  $S_{cp} = \sum S/n$ . Одновременно со средней осадкой для полноты общей характеристики указывают наибольшую  $S_{max}$  и наименьшую  $S_{min}$  оседание точек сооружения.

Неравномерность осадки может быть определена по разности осадок  $\Delta S$  каких-либо двух точек 1 и 2, т.е.  $\Delta S_{1,2} = S_2 - S_1$ .

Наклон или крен сооружения определяют как разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения, или его частей вдоль выбранной оси. Наклон в направлении продольной оси называют завалом, а в направлении поперечной оси – перекосом. Величину крена вычисляют по формуле

$$K = \frac{S_2 - S_1}{L}, \quad (12.28)$$

где  $L$  – расстояние между точками наблюдения.

Горизонтальное смещение отдельной точки сооружения характеризуется разностью ее координат  $x_i$ ,  $y_i$  и  $x_0$ ,  $y_0$ , полученных на различных циклах наблюдений. Оси координат, как правило, располагают по направлению главных осей сооружения. Вычисляют смещения по формулам  $q_x = x_i - x_0$ ;  $q_y = y_i - y_0$ .

Относительный прогиб вычисляют по формуле

$$f = \frac{2S_2 - (S_1 + S_3)}{L_1 + L_2}, \quad (12.29)$$

где  $S_1$  и  $S_3$  – осадки крайних марок прямой линии;  $S_2$  – осадка средней марки;  $L_1 + L_2$  – расстояние между крайними марками.

Кручение относительно вертикальной оси характерно в основном для сооружений башенного типа. Оно определяется как изменение углового положения радиуса фиксированной точки, проведенного из центра исследуемого горизонтального сечения.

Изменение величины деформации за выбранный промежуток времени характеризуется средней скоростью деформации. Так, например, средняя скорость оседания исследуемой точки за промежуток времени  $t$  между двумя циклами измерений будет  $V_{cp} = (S_{i+1} + S_i)/t$ . Различают среднемесячную и среднегодовую скорость оседания.

Точность и периодичность наблюдений указывается в техническом задании на производство работ или в нормативных документах. В особых случаях эти требования могут быть получены путем специальных расчетов.

До достижения полной нагрузки на основание сооружения должно быть проведено не менее четырех циклов измерений осадок, первый из них – после возведения фундамента. Наблюдения прекращаются, если в течение трех циклов измерений величина осадок колеблется в пределах заданной точности измерений.

В нормативных документах требования к точности определения осадок или горизонтальных смещений характеризуются средней квадратической ошибкой:

1 мм – для зданий и сооружений, возводимых на скальных или полускальных грунтах;

3 мм – для зданий и сооружений на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

10 мм – для зданий и сооружений, возводимых на насыпных и других сильно сжимаемых грунтах;

15 мм – для земляных сооружений.

На оползневых участках осадки измеряются со средней квадратической ошибкой 30 мм, а горизонтальные смещения – 10 мм.

Крены дымовых труб, мачт, высоких башен и т.п. измеряют с точностью, зависящей от высоты сооружения  $H$ , которая определяется величиной  $0,0005H$ .

Установить необходимую точность измерений деформаций расчетным путем довольно сложно, однако для многих практических задач можно пользоваться формулой

$$m \leq 0,2D, \quad (12.30)$$

где  $m$  – средняя квадратическая ошибка измерения деформации;  $D$  – величина деформации за промежуток времени между циклами наблюдений.

Выбор времени между циклами измерений зависит от вида сооружения, периода его работы, скорости изменения деформации и других факторов. В среднем в строительный период систематические наблюдения выполняют 1–2 раза в квартал, в период эксплуатации – 1–2 раза в год. При срочных наблюдениях их выполняют до и после появления факторов, резко изменяющих обычный ход деформации.

#### 12.2.6. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

**И**сполнительные съемки входят в состав технологического процесса строительства, поэтому очередность и способ их выполнения, технические средства и требуемая точность измерений зависят от этапов строительства.

Основное назначение исполнительных съемок – установить точность вынесения проекта сооружения в натуру и выявить все отклонения, допущенные во время строительства. Это достигается путем определения положения характерных точек и отдельных частей сооружения, размеров элементов сооружений и расстояний между ними. Исполнительные съемки ведутся в процессе строительства по мере окончания отдельных этапов – **текущие** и завершаются **окончательной** съемкой готового сооружения.

**Текущие исполнительные съемки** отражают результаты последовательного процесса возведения сооружения. Начинаются они с нулевого цикла и завершаются установкой технологического оборудования. Результаты съемок используются также для корректирования работ на последующих этапах. Особое внимание уделяется исполнительной съемке элементов сооружения, которые после завершения работ будут недоступны, т.е. скрытым работам.

**Окончательная исполнительная съемка** выполняется для всего объекта в целом и используется для решения задач, связанных с его эксплуатацией, реконструкцией и расширением. В нее также должны входить результаты текущих исполнительных съемок, съемки подземных и наземных коммуникаций, транспортных сетей и элементов благоустройства.

Исполнительные съемки производят от пунктов маркшейдерско-геодезической основы, знаков и меток закрепления разбивоч-



ных осей, исходных реперов и опорных поверхностей. Точность выполнения съемочных работ должна обеспечивать надежное определение положения строительных конструкций и технологического оборудования. При этом средняя квадратическая ошибка производства измерений должна быть не более 0,2 допускаемого проектного или нормативного отклонения положения элементов сооружения.

К производству исполнительной съемки приступают сразу после завершения различных этапов строительства, начиная с нулевого цикла. При устройстве котлована съемку производят после зачистки дна и откосов. Для этого относительно осей определяют положение внутреннего контура, а нивелированием по квадратам – отметки дна.

Съемку монолитных фундаментов выполняют после затвердения бетона. Плановое положение определяется путем промеров от осей, а по высоте нивелируют поверхность фундаментов в точках пересечения осей и между ними, примерно через 5 м. Аналогично производят съемку сборных фундаментов.

При строительстве блочных, кирпичных и монолитных зданий и сооружений производят поэтажную съемку возведенных конструкций, определяют положение стен, колонн, их толщину и вертикальность, высотные отметки перекрытий. Кроме этого, выполняют съемку положения свайного поля, различного рода опорных и анкерных устройств, закладных деталей под установку технологического оборудования. Положение этих элементов в плане определяют относительно осей, а по высоте – относительно реперов.

Особое место занимает исполнительная съемка подкрановых путей грузоподъемных механизмов. Ее выполняют как в процессе строительства, так и периодически в эксплуатационный период. Съемка подкрановых путей включает определение расстояний между осями рельсов и прямолинейности рельсов, а также разности отметок между головками рельсов.

Исполнительную съемку технологического оборудования производят после его установки. Эту съемку производят со знаков, фиксирующих положение разбивочных осей. Определение положения оборудования производят по маркировкам или специальным знакам на оборудовании, определяющим его геометрические оси.

Результаты измерений отображают на чертежах исполнительных съемок. Для составления исполнительных чертежей, как пра-

вило, используют рабочие чертежи проектов. При этом руководствуются некоторыми общими принципами. Масштабы изображения могут быть приняты от 1:500 до 1:50, для котлованов – до 1:1000. На чертежах показывают фактические размеры строительных элементов и их отклонения от проектного положения, отметки опорных поверхностей и отклонения от них. На всех исполнительных чертежах размерность отклонений приводится в миллиметрах, за исключением исполнительных схем котлованов. Знак отклонения указывает направление смещения фактического положения относительно проектного.

### 12.2.7. УЧЕТ ОБЪЕМОВ ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Основной для расчета стоимости выполненных работ является смета, основная часть которой составляется по результатам маркшейдерских замеров фактически выполненных строительных работ.

Перечень объемов строительных работ, подлежащих маркшейдерскому учету, зависит от конкретного сооружения. Учет объемов выполненных работ начинается с разработки грунта, монтажа различных конструкций и заканчивается отделочными работами. При строительстве тоннелей и метрополитенов к основным работам относятся: разработка грунта, укладка бетона и монолитного железобетона, укладка тубинговых и железобетонных колец, укладка клиновидных прокладок, первичное нагнетание за обделку тоннеля, расчеканка швов, заливка бетона под железнодорожный путь, укладка железнодорожного пути.

Если при учете, допустим, количества установленных стеновых плит или плит перекрытия, или колец тоннельной обделки их количество достаточно сосчитать, то при учете объема грунта, уложенного бетона или кирпичной кладки необходимо производить дополнительные расчеты. Для подсчета объемов служат материалы съемок, являющиеся основными первичными документами по учету объемов.

Исходными данными при определении объемов грунта являются результаты маркшейдерских замеров, причем переборы грунта сверх допустимых нормативов в расчеты не принимаются. Вывалы грунта оформляются отдельными актами и в объемы основных работ не включаются.

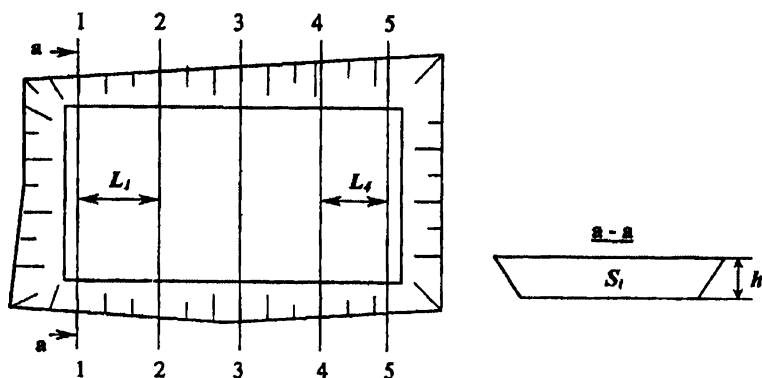


Рис. 12.7. Определение объемов земляных работ способом параллельных сечений

Для определения объемов земляных работ при устройстве котлована (рис. 12.7) необходимо знать отметки поверхности по профильным линиям 1, 2, ... 5, отметку дна котлована и размеры внешнего и внутреннего контуров по направлению профильных линий. Площадь каждого сечения  $S_i$  по профильным линиям можно вычислить, как площадь трапеции. Расчет объемов земляных работ не требует высокой точности, поэтому за высоту трапеции  $h$  принимают среднюю глубину по сечению из разности высотных отметок поверхности и дна котлована.

Объем грунта между сечениями определяем по формуле

$$V_0 = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} L_i, \quad (12.31)$$

где  $L_i$  – расстояние между сечениями.

В краевых частях котлована объем грунта можно вычислить, приняв его за усеченную пирамиду:

$$V_k = \frac{h}{3} (S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2), \quad (12.32)$$

где  $h$  – средняя глубина котлована в краевой части;  $S_1$ ,  $S_2$  – площади дна и поверхности котлована в краевой части.

Объем земляных работ при выемке грунта из котлована вычисляют как сумму объемов образующих котлован тел:  $V = \sum V_i$ .

При подземном строительстве для определения объема разработанного грунта необходимо определить площадь поперечного

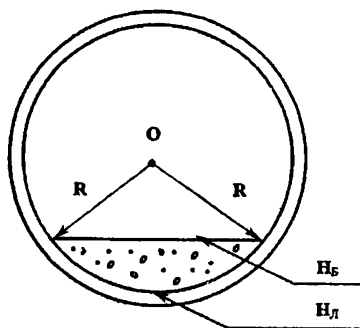


Рис. 12.8. Определение объема путевого бетона

сечения выработки и длину пройденного участка. Площади поперечного сечения сложного очертания определяются при помощи планиметра или палетки по крупномасштабным чертежам (1:10–1:50). В простых случаях в расчеты принимают площади правильных геометрических фигур. Определение объема уложенного бетона производят в зависимости от формы лотковой части сооружения. Исходными данными для определения

площади поперечного сечения уложенного бетона в тоннеле круглой формы (рис. 12.8) являются радиус сооружения  $R$  и отметки лотка  $H_{л}$  и бетона  $H_{б}$ .

Площадь поперечного сечения определяется из выражения

$$S = \frac{R(l - a) + ah}{2}, \quad (12.33)$$

где  $l$  – длина дуги,  $l = \pi R \varphi / 180^\circ$ ;  $\varphi$  – центральный угол,  $\sin \varphi = a / (2R)$ ;  $a$  – хорда,  $a = 2\sqrt{hR - h^2}$ ;  $h$  – стрелка,  $h = H_{б} - H_{л}$ .

Отметки лотка (нижней части тоннеля) получают по результатам нивелирования обделки тоннеля до укладки бетона, а отметки бетона – нивелированием поверхности бетона после его затвердения.

Зная площадь поперечного сечения  $S$  и длину участка  $L$ , определяют объем:

$$V = SL. \quad (12.34)$$

Контрольные замеры фактически выполненных основных работ производятся один раз в месяц с начала строительства. С целью учета основных работ, выполненных строительной организацией, маркшейдерами ведется специальная книга, отображающая выполнение работ с момента начала строительства.

Выполненные работы по временным и вспомогательным сооружениям маркшейдерскому учету не подлежат. В месячных актах-процентовках физических объемов работ главный маркшейдер строительной организации своей подписью подтверждает только колонку фактически выполненных основных работ.

## 12.3. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

### 12.3.1. ПОСТРОЕНИЕ РАЗБИВОЧНОЙ СЕТИ

Перед началом строительных работ на промышленной площадке создают разбивочную сеть в виде системы прямоугольников со сторонами, параллельными осям шахтных стволов (рис. 12.9). Пункты строительной сетки должны обеспечить решение двух задач: топографическую съемку крупного масштаба 1:500, в частности для исполнительного генерального плана, и быстрый, безошибочный перенос на промышленную площадку осей шахтных стволов, зданий, инженерных коммуникаций, транспортных путей и других объектов.

На современных шахтных площадках характерно наличие крупных сооружений, имеющих жесткую технологическую связь между собой, поэтому строительную сетку проектируют одновременно с генеральным планом.

Размеры сторон в запроектированной сетке зависят от расстояний между объектами или проездами и составляют примерно 80–350 м. На генеральный план наносят исходные пункты триангуля-

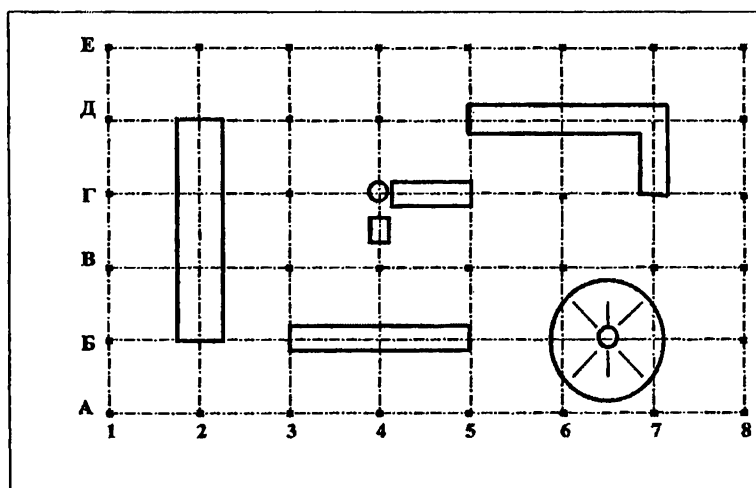


Рис. 12.9. Строительная сетка

ции и полигонометрии, намечают границы секций и проектируют по этим границам основные ходы и связь между ними.

Построение строительной сетки производят от пунктов маркшейдерской опорной сети. Если исходная маркшейдерская основа недостаточна, производят ее сгущение. Для этого вставляют отдельные пункты методом триангуляции или трилатерации, либо прокладывают дополнительные ходы полигонометрии.

После сгущения маркшейдерской основы производят разбивку базиса сетки – главную ось ствола.

Концы базиса или совмещают с исходными пунктами маркшейдерской основы, или выносят в натуру небольшими по протяженности ходами. Линию между концами базиса провешивают, выносят на ней места пунктов и закрепляют их постоянными или временными знаками. Постоянными знаками закрепляют основные пункты, а временными – дополнительные. Число и расположение основных и дополнительных пунктов определяются максимальным удобством проведения разбивочных работ.

По постоянным центрам базисной линии прокладывают контрольный полигонометрический ход и в случае необходимости производят редуцирование центров знаков в проектное положение.

Между окончательно вынесенными центрами для контроля работ измеряют углы. Отклонение величин контрольных углов от проектных значений не должно превышать  $\pm 10''$ .

От окончательных центров базисной линии выносят остальные пункты сети и закрепляют их временными знаками. Далее вычисляют координаты знаков в истинной или условной системе координат, направление осей которой совпадает с направлением сторон сети.

После вычисления координат временных знаков вычисляют поправки, редуцируют пункты в проектное положение и закрепляют постоянными знаками основные пункты сети.

Правильность вынесения проектных центров после редуцирования контролируют измерением длин сторон между смежными центрами или диагоналей четырехугольников, а также измерением углов на пунктах, расположенных в шахматном порядке. Допустимые отклонения длин сторон от проектных  $\pm 20$  мм и диагоналей  $\pm 25$  мм. Допустимые отклонения углов от проектных  $\pm 20''$ . Высоты всех пунктов сети определяют проложением нивелирных ходов III класса.

Завершают полевые и камеральные работы составлением каталога координат пунктов и отчета. В отчете описывают условия

производства работ, применявшиеся инструменты, способы вычисления координат и производят оценку точности пунктов.

Для сравнительно небольших шахт строительство поверхностного комплекса не связанных друг с другом сооружений на промышленной площадке допускается без создания строительной сетки. Разбивку сооружений в этом случае производят от знаков фиксирующих положение осей ствола.

Осями вертикального ствола называют две взаимно перпендикулярные прямые, одна из которых параллельна, а другая перпендикулярна основным расстрелам. Точка пересечения осей ствола служит его центром.

Центр ствола переносят в натуру независимо дважды от пунктов маркшейдерской опорной сети, удаленных от места заложения ствола не более чем на 300 м. Расхождение в положении центра ствола из двукратных определений не должно превышать 0,2 м. Его закрепляют временной точкой и вычисляют фактические координаты. Оси ствола выносят в натуру при помощи теодолита, установленного на точке центра ствола. Угловая погрешность в разбивке главной оси относительно опорной сети не должна превышать  $\pm 2'$ , а погрешность разбивки другой оси, перпендикулярной главной, не должна превышать  $\pm 30''$ .

Осевые пункты размещают с учетом взаимной видимости между смежными пунктами, долговременной их сохранности и удобства использования для разбивочных работ. Каждую из осей закрепляют не менее чем шестью постоянными знаками, по три с каждой стороны. Расстояние между соседними пунктами должно быть не менее 50 м, но при стесненных условиях расстояние между ними разрешается уменьшать до 20 м. Для определения координат осевых пунктов и вынесенного центра ствола прокладывают полигонометрический ход 2-го разряда.

По мере застройки промплощадки для удобства использования положение осей ствола выносят и закрепляют на капитальных зданиях и сооружениях.

### 12.3.2. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОХОДКИ, КРЕПЛЕНИЯ И АРМИРОВАНИЯ СТВОЛОВ

Основными задачами маркшейдерского обеспечения при сооружении стволов являются соблюдение проектных параметров положения крепи и его оснастки, учет объемов выполненных

работ и производство измерений для составления исполнительной документации.

Сооружение вертикального ствола начинают с разметки положения котлована под его устье. Для этого оси ствола выносят на обноску, натягивают по осевым направлениям проволоки, относительно которых при помощи отвесов производят центрирование и ориентирование рамы-шаблона.

Рама-шаблон служит для обозначения в натуре контура поперечного сечения ствола, поэтому ее размеры тщательно проверяются. Для установки в проектное положение на ней производится разметка осей ствола. Раму-шаблон устанавливают на подготовленную горизонтальную поверхность с точностью  $\pm 20$  мм в плане и по высоте и в центральной части закрепляют временный отвес, относительно которого контролируют возведение крепи устья.

После проходки устья ствола до заданной отметки, разделки вруба первого опорного венца, производят укладку настила и сборку опалубки для бетонирования устья ствола. Положение опалубки под опорный венец проверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях за мерами радиусов от центрального отвеса до наружной поверхности опалубки и за мерами расстояний от рамы-шаблона до кружальных ребер.

В верхней части устья на глубине примерно 0,7–1,0 м ниже нулевой отметки закрепляют четыре скобы и с осевых пунктов переносят на них оси ствола и передают высотную отметку. Смещение положения вынесенных осей на скобах не должно превышать  $\pm 2$  мм.

Для проходки ствола на всю глубину, после сооружения временного или постоянного подъемного комплекса, раму шаблон заменяют постоянной проходческой рамой, которую устанавливают на крепь устья ствола. Смещение проходческой рамы относительно проектного положения должно быть не более  $\pm 20$  мм.

Контроль проходки и возведения крепи осуществляется от проходческих отвесов или лучей лазерных указателей направления, пропущенных через отверстия в проходческой раме. Расположение и количество отвесов зависит от формы поперечного сечения ствола и размещения проходческого оборудования.

При круглом сечении ствола применяют центральный и два осевых проходческих отвеса. В забое относительно центра ствола проходчики размечают шпурсы, контролируют положение контура, устанавливают опалубку или временную крепь. От центрального от-



веса или луча указателя направления маркшейдерами производятся через 3–4 м периодические контрольные измерения до крепи и породных стенок ствола по восьми направлениям через 45°. Отклонение крепи ствола относительно проектного положения не должно превышать  $\pm 30$  мм.

Опалубку для последующих опорных венцов устанавливают относительно центра ствола с точностью 2–3 см. В каждом опорном венце закладывают осевые скобы для боковых отвесов и передают на них высотные отметки при помощи стальной компарированной рулетки или длиномера. В дальнейшем эти высотные отметки используют для контроля горизонтальности кольцевого вруба под опорный венец, замера объема выполненных работ, для задания направления околоствольным выработкам и других разбивок в стволе.

При возведении тюбинговой крепи ствола особое внимание уделяется монтажу первых колец. После сооружения устья ствола (форшахты) приступают к сборке на горизонтальном деревянном настиле первого кольца. Правильность укладки колец в плане проверяется относительно центрального отвеса также путем радиальных промеров.

После окончания сборки первого кольца горизонтальность верхней плоскости тюбингов проверяют при помощи нивелира или сообщающихся сосудов. Перекос первых колец относительно горизонтальной плоскости не должен превышать 5 мм.

По мере углубления ствола положение осей и высотную отметку переносят на металлические платины или скобы, закрепляемые на тюбингах через 5–10 м.

При проходке стволов прямоугольного сечения с возведением деревянной крепи в угловых частях ствола закрепляют четыре отвеса. Расстояние от отвеса до венцов крепи не должно отличаться от проектного более чем на 15 мм, а расстояние между углами венцов по диагонали – более чем на 50 мм.

В процессе возведения крепи ствола маркшейдер периодически определяет фактическую толщину стенок постоянной крепи, местоположение и размеры вывалов породы и величину забутовки. Уменьшение толщины стенок крепи относительно проектного значения допускается в пределах 30 мм.

Все результаты маркшейдерских измерений при сооружении ствола заносятся в Журнал проходки ствола, в котором приводят

основные проектные размеры и фактические данные, полученные в результате измерений в процессе его строительства.

После возведения постоянной крепи ствола выполняют его профилирование, которое заключается в съемке положения стенок ствола на различных высотах. Измерения производят от отвесов через равные интервалы, соответствующие шагу армировки или высоте опалубки.

По результатам измерений определяют величины отклонений фактического положения стенок ствола относительно проектного и составляют вертикальный профиль. Вертикальный масштаб построения профиля стенок ствола принимают 1:100 или 1:200, а горизонтальный – соответственно 1:10 или 1:20.

**Армированием ствола** называют совокупность работ по монтажу конструкций, обеспечивающих движение подъемных сосудов. Основными элементами армирования ствола являются направляющие подъемных сосудов или проводники и несущие их расстрелы.

Расстрелы в зависимости от расположения в стволе подразделяются на главные и вспомогательные. Система главных и вспомогательных расстрелов, расположенных в одной горизонтальной плоскости, называется ярусом расстрелов, а разность высот ярусов – шагом армирования.

Перед началом монтажа составляется проект производства маркшейдерских работ на армирование ствола, который включает в себя маркшейдерские работы подготовительного периода, текущий контроль в процессе армирования, окончательную проверку точности установок элементов армировки ствола и вопросы техники безопасности.

В подготовительный период производят выборочную проверку линейных размеров элементов армировки, закрепляют армировочные отвесы, составляют эскизы на шаблоны и проверяют правильность их изготовления, составляют журнал армирования.

Установку расстрелов первого контрольного яруса производят по отвесам закрепленных на проволоках, натянутых по осевым меткам скоб, расположенных в устье ствола. Смещение осей расстрелов контрольного яруса в горизонтальной плоскости не должно быть более 2 мм, превышение их концов должно быть не более 5 мм, а наклон поперечной оси расстрела относительно горизонтальной плоскости не допускается более 20'.

Для монтажа следующих ярусов, согласно принятой схеме, на расстрелах при помощи пластин с отверстиями или кронштейнов закрепляют армировочные отвесы.

Оптимальное число армировочных отвесов определяют в зависимости от технологической схемы армирования, расположения элементов армировки и размещения оборудования в стволе. Взаимное расположение отвесов в каждом конкретном случае выбирают с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить соответствующую точность всех элементов яруса армирования. Отвесы располагают на одинаковых расстояниях (50–100 мм) от проектного положения боковой грани расстрелов в местах, где они не будут затруднять производство монтажных работ.

В нижней части каждого армировочного отвеса производят наблюдения за амплитудой колебания и фиксируют его в среднем положении при помощи ограничителя. После фиксации всех отвесов измеряют расстояния между ними и сравнивают с соответствующими расстояниями на поверхности, они не должны отличаться более чем на 5 мм.

Установку расстрелов следующих ярусов и проводников контролируют при помощи отвесов и шаблонов.

При выполнении армировочных работ должны быть соблюдены следующие требования: отклонения расстояний между ярусами от проектных не должны превышать  $\pm 10$  мм при навеске проводников прямоугольного профиля;  $\pm 15$  мм – при навеске рельсовых проводников и  $\pm 50$  мм – при навеске деревянных проводников.

Расхождение расстояний от отвесов до соответствующих точек расстрелов или проводников на рабочем горизонте и на контрольном ярусе не должны отличаться более чем на 5 мм при металлической армировке и 10 мм – при деревянной. Отклонения проводников по ширине колеи не должны превышать 5 мм для металлических и 10 мм для деревянных проводников. Отклонение расстрелов от вертикальной плоскости на двух смежных ярусах должны быть не более 5 мм для металлических проводников и 10 мм – для деревянных.

Отклонение положения одного проводника относительно другого в плоскости проекции, параллельной расстрелам, не должно превышать 10 мм для металлических и 20 мм для деревянных проводников. Стыки проводников должны быть совмещены без каких-либо выступов. Превышение между концами расстрелов должно

быть не более 1:200 длины расстрела. Отклонение армировки всего ствола относительно его проектного (вертикального) положения не должно превышать 1:20 000 глубины ствола.

Окончательный контроль правильности установки расстрелов и проводников производят профильной съемкой. Съемку производят путем непосредственных измерений расстояний от отвесов или луча указателя направления либо используют автоматизированные комплекты РК-1, обеспечивающие непрерывность, высокую точность и значительно повышающие производительность труда.

### 12.3.3. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНТАЖА ПОДЪЕМНОГО КОМПЛЕКСА

**П**одъемный комплекс вертикального ствола состоит из подъемной машины с органами навивки, копра, копровых шкивов, подъемных канатов и подъемных сосудов.

Подъемная машина представляет собой лебедку с диаметром барабана от 1,2 до 9 м. Для упорядоченной навивки каната на поверхности барабана изготавливают винтовую нарезку, а на конических поверхностях бицилиндрического барабана (БКЦ) приварены спиральные желобки. Зазор между смежными витками каната составляет 2–5 мм для средних и крупных машин и 6–7 мм для машин БКЦ.

Копер предназначен для поддержания шкивов, закрепления проводников и посадочных устройств клетей, а также разгрузочных кривых. Укосный копер состоит из вертикального станка и укосины, которая подпирает станок в верхней его части. Станок устанавливается над стволом шахты на подкопровую раму, которая закрепляется в устье ствола.

Шкивы служат для поддержания и направления канатов от подъемной машины в ствол шахты. По конструкции обода различают копровые шкивы со съемной футеровкой и нефутерованные. Нефутерованные шкивы диаметром 2–3 м изготавливают с литым ободом, а шкивы диаметром 4–6 м со штампованным ободом – из высокопрочных сталей.

Подъемные сосуды представлены скипами, клетями и комбинированными сосудами. Вместимость скипов составляет 7–20 м<sup>3</sup>; клетки по конструктивному исполнению бывают неопрокидными и опрокидными; по назначению они разделяются на грузолюдские, людские, инспекторские.

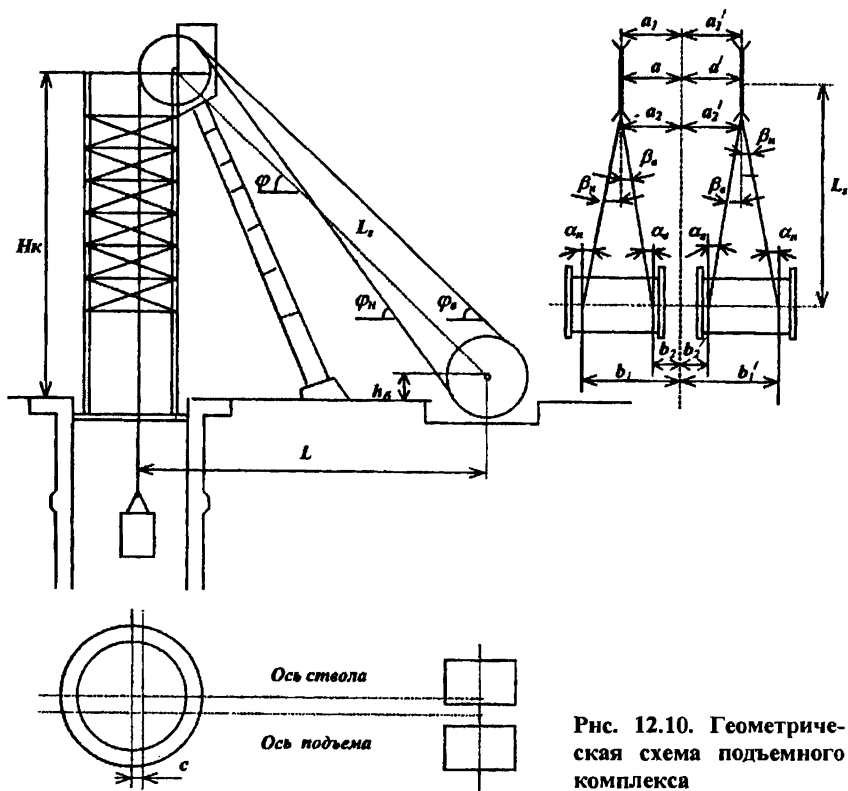


Рис. 12.10. Геометрическая схема подъемного комплекса

К основным геометрическим элементам подъемной установки относятся (рис. 12.10):

- ось и центр подъема;
- центр вала подъемной машины;
- высота копра и подъема;
- длина струны каната;
- ось вала шкива;
- углы наклона подъемных канатов и углы девиации.

**Ось подъема** вертикального ствола – прямая, перпендикулярная оси главного вала подъемной машины, проходящая через среднюю точку, расположенную между отвесными подъемными канатами. Как правило, ось подъема не совпадает с главной осью ствола.

**Центр подъема** – точка, делящая пополам расстояние между двумя отвесными подъемными канатами. При одноконцевом подъ-

еме центр подъема совпадает с осью каната в его отвесном положении.

**Центр вала подъемной машины** – точка, расположенная по середине оси главного вала подъемной машины между внешними ребордами барабанов или между внутренними ребордами для установок с одним барабаном.

**Высота копра  $H_k$**  – расстояние по вертикали от нулевой площадки шахтного ствола до оси вращения направляющего шкива.

**Высота подъема  $H$**  – расстояние по вертикали между одной и той же точкой подъемного сосуда, находящегося в самом верхнем и самом нижнем положениях.

**Длина струны каната  $L_s$**  – расстояние между точкой схода подъемного каната с барабана подъемной машины и начальной точкой касания каната на направляющем шкиве. За длину струны условно принимают расстояние между осями вращения шкива и барабана, которое определяют по формуле

$$L_s = \sqrt{(L - c - R_{ш})^2 + (H_k - h_6)^2}, \quad (12.35)$$

или

$$L_s = (H_k - h_6) / \sin \varphi = (L - c - R_{ш}) / \cos \varphi, \quad (12.36)$$

где  $\varphi$  – угол наклона струны каната;  $L$  – расстояние между осью главного вала подъемной машины и центром ствола;  $h_6$  – высота оси барабана над нулевой площадкой;  $R_{ш}$  – радиус шкива;  $c$  – расстояние между проекциями центра ствола и оси каната на вертикальную плоскость, проходящую через ось подъема.

**Углы девиации** – углы отклонения каната от плоскости, перпендикулярной оси вала подъемной машины и оси вращения шкива. Образуются они при перемещении каната по рабочей части барабана подъемной машины в результате движения подъемных сосудов в стволе. В крайних положениях каната на барабане подъемной машины углы девиации на шкиве и барабане достигают максимальных величин. Углы девиации являются геометрической характеристикой бокового воздействия каната на футеровку барабана и шкива. Чем больше угол девиации, тем интенсивнее износ перегородки между желобками футеровки барабана и боковой износ футеровки шкива. Полный их износ приводит к касанию соседних витков каната друг с другом и, как следствие этого, к повышенному износу каната. Для обеспечения нормальной работы подъема и

минимального износа подъемного каната предельное значение углов девиации не должно превышать  $1,5^\circ$ .

**Углы девиации каната на барабане подъемной машины** – углы, образованные струной каната и вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси главного вала подъемной машины.

Наружный и внутренний углы девиации расположены в наклонной плоскости канатов и вычисляются по формулам:

$$\alpha_n = \rho'(b_1 - a)/L_s; \alpha_b = \rho'(a - b_2)/L_s, \quad (12.37)$$

где  $a$  – расстояние от оси подъема до плоскости шкива по его оси;  $b_1, b_2$  – расстояние от оси подъема соответственно до дальней и ближней границ рабочей части барабанов;  $\rho' = 3438'$ .

**Углы девиации каната на шкиве** – углы, образованные струной каната и плоскостью шкива. Равенство этих углов  $\beta_n = \beta_b$  достигается установкой плоскости шкива в направлении центра рабочей части барабана подъемной машины.

При расположении плоскости шкива параллельно оси подъема углы девиации каната на шкиве и барабане будут равны между собой:

$$\alpha_n = \beta_n, \alpha_b = \beta_b. \quad (12.38)$$

Когда плоскость шкива не параллельна оси подъема, углы девиации каната на шкиве определяют по формулам:

$$\beta_n = \alpha_n - \gamma \cos \varphi; \beta_b = \alpha_b + \gamma \cos \varphi, \quad (12.39)$$

где  $\gamma = \rho'(a_1 - a_2)/D_{ш}$  – горизонтальный угол поворота шкива относительно оси подъема;  $a_1$  и  $a_2$  – расстояния от оси подъема до осевой плоскости шкива;  $D_{ш}$  – диаметр шкива;  $\varphi$  – угол наклона струны каната.

Нормальная работа шкивов и исключение одностороннего износа футеровки в результате трения каната о реборду шкива достигается наличием равенства углов девиации  $\beta_n = \beta_b$  на шкиве. Это равенство будет выполняться, когда  $\gamma = (\alpha_n - \alpha_b)/(2 \cos \varphi)$ .

Подставив в выражение значения  $\alpha_n, \alpha_b$  и  $\gamma$ , получим формулу  $a_2 - a_1 = (b_n + b_b - 2a)/(2L_s \cos \varphi)$ , позволяющую в каждом отдельном случае определить величину  $a_2 - a_1$ , на которую следует развернуть шкив для того, чтобы его осевая плоскость была направлена на середину рабочей части барабана.

Монтаж металлического копра начинают с установки подкопровой рамы, которая служит опорой станка копра и сооружения фундаментов под укосины копра.

Подкопровую раму устанавливают в заранее подготовленные проемы в устье ствола. Разность отметок углов при ее установке по высоте и смещение в плане не должны превышать  $\pm 5$  мм относительно проектного положения. Среднее высотное положение не должно отличаться от проектного более чем на 30 мм.

Монтаж станка копра производят путем последовательного наращивания отдельных звеньев непосредственно на подкопровой раме или предварительной его сборки на специальной монтажной площадке и установки в собранном виде на подкопровую раму.

В первом случае контроль правильности монтажа каждого отдельного звена станка копра производится инструментально с осевых знаков, передачей высотных отметок на каждый ярус и линейными измерениями геометрических параметров.

При сборке станка копра и укосины на монтажной площадке маркшейдерами контролируется правильность сборки конструкций и установки их в проектное положение на подкопровую раму.

После окончательного закрепления копра и укосины оси ствола переносят на подшивную площадку. Оси переносят по двум взаимно перпендикулярным направлениям при двух положениях вертикального круга с перецентрировкой теодолита на осевых знаках. Положение осей на подшивной площадке выносят с точностью  $\pm 4$  мм относительно осей ствола и надежно закрепляют.

Маркшейдерский контроль за установкой направляющих шкивов заключается в определении положения плоскости шкива относительно оси ствола и оси вала шкива в горизонтальном и вертикальном направлениях. Контрольные промеры производят от вынесенных осей до внешней, внутренней и центральной частей шкива. Повернув шкив на  $180^\circ$ , повторяют измерения и сравнивают их с предыдущими. Положение вала шкива проверяют аналогичными измерениями от оси вала шкива до второй оси ствола.

Отклонение оси вала шкива от горизонтальной плоскости проверяют путем нивелирования его концов или при помощи уровня с ценой деления не более  $20''$ . Наклон вала шкива не должен превышать 1:1000 его длины.

Маркшейдерские работы при установке подъемной машины начинают с выноса в натуру точки пересечения оси ствола и оси глав-



ного вала подъемной машины, которую закрепляют временным знаком. От этой точки при помощи теодолита перпендикулярно к оси ствола выносят и закрепляют ось главного вала подъемной машины. Эти точки вместе с точками, фиксирующими положение оси ствола, служат основой для разбивок фундамента и стен здания подъемной машины. Положение осей фундамента и стен здания подъемной машины не должно отличаться от проектных значений более  $\pm 20$  мм.

После возведения стен здания подъемной машины на высоту 1–1,5 м, внутрь здания переносят и закрепляют на скобах ось главного вала подъемной машины и ось ствола. От закрепленной оси ствола размечают оси подъема.

Повторный вынос осей подъема и вала подъемной машины производят по завершению возведения стен здания на монтажные скобы, расположенные на расстоянии 0,5–1 м от перекрытия. Значение дирекционного угла оси главного вала подъемной машины не должно отличаться от проектного более чем на  $2'$ , а угол между осью подъема и осью вала машины не должен отличаться от прямого более чем на  $1'$ .

После возведения фундамента подъемной машины проверяют положения гнезд под анкерные болты. Для этого измеряют расстояния от оси подъема до центра каждого отверстия.

Установку рамы подъемной машины контролируют в плане и по высоте. Высотное положение проверяют нивелированием угловых точек, а положение ее относительно осей контролируют при помощи отвесов, закрепляемых на проволоках, натянутых между осевыми скобами. Отклонение рамы в плане от проектного положения не должно превышать  $\pm 10$  мм, а по высоте –  $\pm 100$  мм. Разность высотных отметок угловых точек рамы не должна превышать  $\pm 15$  мм.

Контроль установки главного вала подъемной машины производится путем нивелирования его концов и при помощи тех же отвесов. Окончательное положение оси вала подъемной машины не должно отличаться от проектного более чем на 100 мм от расстояния до центра ствола; на 50 мм от оси подъема; на 100 мм по высоте. Угол наклона оси вала не должен превышать  $2'$ .

После завершения монтажа подъемного комплекса проверяют фактическое положение осей вала подъемной машины и шкивов, положение осей подъемных канатов относительно армировки ствола, величины углов девиации подъемных канатов на барабанах подъемной машины и шкивах.

## 12.4. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Для проведения околоствольных выработок маркшейдеру в начале необходимо указать местоположение расчески сопряжения ствола и околоствольных выработок. Вынос в плане осей околоствольных выработок осуществляется от главной оси ствола, положение которой фиксируется на скобах, закрепленных в последнем ярусе или опорном венце.

Для определения высотного положения расчески на эти же скобы или дополнительно заложенный репер передается и высотная отметка.

Если при круглом сечении ствола проектное положение расчески околоствольных выработок совпадает с направлением главной оси ствола, то для задания направления в плане достаточно опустить отвесы, закрепленные на скобах в опорном венце. По створу отвесов на стенке ствола отмечают вертикальную линию, являющуюся осью расчески сопряжения.

Иногда проектом предусматривается перпендикулярное направление околоствольной выработки относительно главной оси ствола. Тогда для выноса оси расчески сопряжения околоствольных выработок рассчитывают величины  $a$  и  $b$  (рис. 12.11), решая прямоугольные треугольники  $AOC$  и  $BOC$ . В случае равенства расстояний  $AO$  и  $OB$  от центра ствола до осевых отвесов величины  $a$  и  $b$  должны быть равны.

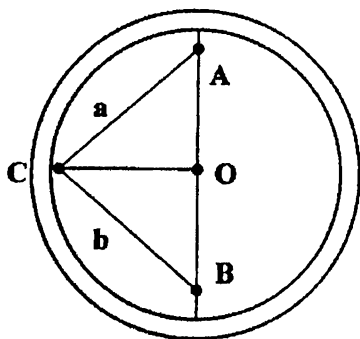


Рис. 12.11. Задание направления расчески в плане

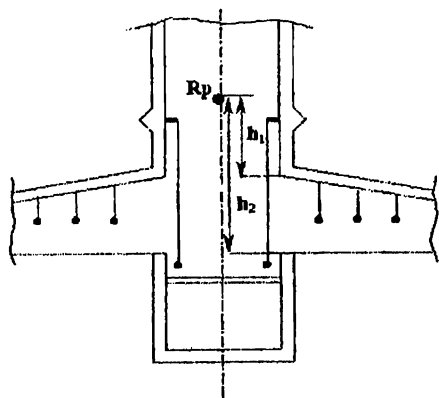


Рис. 12.12. Задание направления расчески в плане и по высоте

Для задания направления расщепке по высоте вычисляют и откладывают превышения  $h_1$  и  $h_2$  (рис. 12.12) между отметкой репера в стволе и проектными отметками кровли и почвы выработки.

Используя створ отвесов осей ствола, в пройденной части сопряжения закрепляют три отвеса для задания направления проходке околоствольных выработок. Проведение выработок по направлению, заданному таким образом, допускается на расстоянии до 20 м. Дальнейшие работы можно производить только после точного перенесения и закрепления в околоствольных выработках оси ствола (рис. 12.13).

Для этого после закрепления постоянной крепью пройденной части сопряжения в ней закладывают два постоянных маркшейдерских знака  $C$  и  $D$  ( $C_1$  и  $D_1$ ), координаты которых получают в результате ориентирно-соединительных съемок.

Ось ствола можно вынести по створу направления  $CD$ , отложив расстояние  $CO_1$ .

$$CO_1 = \frac{CK}{\operatorname{tg}\beta}, \quad (12.40)$$

$$CK = \Delta y \operatorname{cosa} - \Delta x \operatorname{sina}, \quad (12.41)$$

где  $\Delta y = Y_C - Y_O$ ;  $\Delta x = X_C - X_O$ ;

$$\beta = \alpha_{CD} - \alpha;$$

$\alpha$  – дирекционный угол оси ствола (линии  $OO_1$ ).

Точку  $O_2$  на оси ствола можно вынести, предварительно определив ее плановое положение. Для этого, задавшись расстоянием  $d = OO_2$  по оси ствола, вычисляют ее координаты.

$$X_{O_2} = X_O + d \cos(\alpha + 180^\circ); \quad (12.42)$$

$$Y_{O_2} = Y_O + d \sin(\alpha + 180^\circ).$$

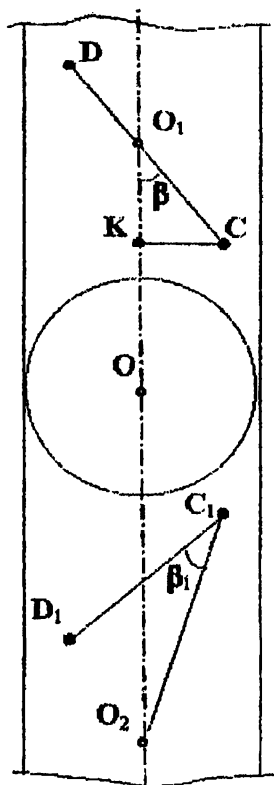


Рис. 12.13. Вынос оси ствола в околоствольных выработках

Решая обратную геодезическую задачу, определяют дирекционный угол и длину линии  $C_1O_2$ . Точку  $O_2$  выносят полярным способом с пункта  $C_1$ , вычислив угол поворота  $\beta_2$ .

$$\beta_2 = \alpha_{C_1-D_1} - \alpha_{C_1-O_2}. \quad (12.43)$$

Околоствольные двory современных шахт представляют собой сложную систему горных выработок разной протяженности, переменного сечения и разных уклонов, включающую прямолинейные и криволинейные участки, связанные многочисленными сопряжениями в плане и по высоте. При сооружении околоствольного двора в натуру выносят все оси сопряжения этих выработок. Предварительно, до проведения горных выработок, должна быть проверена правильность всех размеров, указанных в проекте, и вычислены разбивочные элементы для перенесения в натуру характерных точек и осей горных выработок.

Для контроля и общей увязки схемы выработок околоствольного двора по материалам проекта составляют план выработок в масштабе 1:200 с нанесением на него всех цифровых значений разбивочных элементов и размеров сопряжений, прямолинейных и криволинейных участков.

## **Часть 3**

# **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД И НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ И ИХ МОНИТОРИНГ**

**В** документах конференции ООН по окружающей среде и развитию важное значение уделено получению **надежной и доступной информации** об окружающей среде, необходимой для принятия решений как на национальном, так и на международном уровне. Именно это позволит обеспечить реализацию концепции устойчивого развития и охраны окружающей среды.

Решение этой задачи осуществляется на основе создания и эффективного использования **мониторинга** – специальной информационно-аналитической системы наблюдений, контроля и оценки состояния природной среды.

**Предметом** мониторинга является многокомпонентная совокупность природных явлений, подверженная многообразным естественным динамическим изменениям и испытывающая разнообразное воздействие и преобразование ее человеком.

В положении о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр, утвержденном Постановлением Горгостехнадзора России от 22 мая 2001 г. № 18, определено, что в перечень основных функций служб главного геолога и главного маркшейдера входит **ведение мониторинга состояния недр**, включая процессы сдвижения горных пород и земной поверхности, геомеханических и геодинамических процессов при недропользовании в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду.

Геомеханические и геодинамические процессы в недрах и на земной поверхности происходят в определенных **условиях** под влиянием природных и технологических **факторов**.

Условия – это совокупность естественно-природных особенностей массива горных пород. Их влияние на процессы, как правило, не претерпевает существенных изменений во времени.

В общем случае под фактором (от лат. *faktor* – делающий, производящий) понимают причину, движущую силу (воздействие) какого-либо процесса, определяющую его характер или отдельные черты.

**Геомеханические процессы** – процессы деформирования и разрушения массива горных пород, возникающие в результате изменения его механического состояния под воздействием природных экзогенных и технологических факторов и достигающие в определенных случаях земной поверхности.

Природные экзогенные факторы – это **внешние** по отношению к массиву горных пород факторы, определяющие его выветривание, эрозию, температурный режим и другие процессы, обусловленные климатическими условиями, энергией солнечной радиации и др.

**Геодинамические процессы** – процессы деформирования и разрушения массива горных пород, возникающие в результате изменения его механического состояния под воздействием природных эндогенных и технологических факторов и достигающие в определенных случаях земной поверхности.

Природные эндогенные факторы – это **внутренние** по отношению к массиву горных пород факторы, обусловленные в основном эволюцией земли как планеты и проявляющиеся в виде тектонических движений, процессов магматизма, метаморфизма и др.

При разработке месторождений открытым способом в массиве горных пород проявляются, главным образом, геомеханические процессы.

При разработке месторождений подземным способом и скважинными методами в массиве горных пород проявляются как геомеханические, так и геодинамические процессы.

# 13. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ И ИХ МОНИТОРИНГ

## 13.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

**В**едение открытых горных работ изменяет природное напряженно-деформированное состояние горных пород, слагающих уступы, борта карьеров и отвалов, в результате чего возникают геомеханические процессы, приводящие к деформациям карьерных откосов.

В общем случае под **деформацией** принято понимать изменение в результате внешнего воздействия положения точек твердого тела, при котором меняется расстояние между ними. Следовательно, деформация горных пород – процесс перемещения некоторой части массива горных пород под влиянием природных и горно-технических факторов, приводящий к изменению формы инженерного сооружения (борта карьера, уступа, отвала, дорожного основания и др.). Деформации горных пород наносят большой ущерб народному хозяйству, так как нарушают нормальный режим горного предприятия и ведут к дополнительным материальным затратам.

В группу **природных факторов** входят атмосферные осадки, температурный и мерзлотный режим района. Воздействие этой группы факторов влияет на интенсивность процессов выветривания и может при наличии многолетнемерзлых пород предопределить условия деформирования массива. Под влиянием регулярно повторяющихся циклов прогревание – замораживание у поверхности уступа образуется зона пород с пониженными прочностными характеристиками. Природные факторы должны учитываться при разработке мероприятий по уменьшению сроков стояния уступов и бортов (атмосферные условия), в расчетах устойчивости уступов



(температурный режим) и при прогнозировании некоторых видов оползневых деформаций (количество и периодичность атмосферных осадков).

К **горно-техническим факторам** относятся: способ вскрытия карьерного поля, система разработки, режим горных работ, способ рыхления горной массы, структура комплексной механизации, отвалообразование, геометрические параметры карьера, наличие подземных горных работ в районе карьерного поля и в непосредственной близости от него. К настоящему времени большинство этих факторов изучено еще недостаточно. Необходимость проведения детальных исследований в этом направлении диктуется тем обстоятельством, что этой группой факторов возможно управлять и тем самым снижать их вредное воздействие на массив горных пород.

На геомеханические процессы существенное влияние оказывают геологические и гидрогеологические условия, в которых функционирует карьер (разрез).

**Геологические условия** включают состав, строение и свойства горных пород. Они характеризуют особенности деформаций массива и выбор расчетных схем устойчивости, противодеформационные мероприятия и величину показателей, закладываемых в расчеты.

**Гидрогеологические условия** воздействуют как на прочность массива горных пород, так и на условия их деформирования. Эффективность влияния этой группы условий зависит от характеристик подземных и поверхностных вод и условий среды.

Все деформации карьерных откосов могут быть условно разделены на две группы. К первой группы относятся деформации, проявление которых не связано или связано незначительно с деятельностью подземных или поверхностных вод. В эту группу входят: осыпи, оползни, просадки и обрушения.

**Осыпь** – отрыв, скатывание или скольжение по откосу под влиянием гравитационных сил обломков пород в результате выветривания пород. При этом угол наклона откоса должен превышать угол естественного откоса. Осыпь поражает приповерхностную часть крутых откосов, развивается в течение длительного времени и приводит к выполаживанию откосов, разрушению, а иногда к полной сработке предохранительных и транспортных берм между уступами.

**Оползень** – отрыв и перемещение отделившегося прибортового массива горных пород в виде скользящего движения по пологой поверхности неподвижного массива под влиянием гравитационных сил. Оползень – наиболее крупный тип деформации карьерных откосов. Объемы оползневого тела составляют от нескольких тысяч до десятков и сотен миллионов кубометров. В ряде случаев оползни приводили к полному прекращению работ в карьере.

**Просадка** – вертикальное опускание прибортовых участков рыхлых породных масс без образования сплошной поверхности скольжения.

**Обрушение** – отрыв и быстрое смещение вниз к подошве откоса горных пород (блоков и пачек пород), слагающих откос, сопровождающееся дроблением смещающегося массива, по поверхности, совпадающей с различного рода нарушениями сплошности массива (крупные трещины, слоистость, тектонические нарушения и пр.). Угол наклона этой поверхности больше угла трения пород, контактирующих по поверхности отрыва. Активная стадия обрушения протекает практически мгновенно, и поэтому обрушение представляет собой наибольшую опасность для людей и горного оборудования.

Вторая группа деформаций включает фильтрационные деформации и нарушения устойчивости, связанные с поверхностной эрозией, выщелачиванием и растворением пород, к ней относятся также оплывание, выпор, механическая суффозия и фильтрационный вынос вдоль трещин.

Как было отмечено выше, деформации пород захватывают большие объемы прибортовых массивов. Их зарождение происходит в глубине массива, которые лишь со временем достигают поверхности. Поэтому формирование глубинных разрушающих деформаций в начале развития процесса должно фиксироваться с помощью инструментальных маркшейдерских наблюдений и наблюдений за деформациями внутри прибортового массива.

### **13.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НА КАРЬЕРАХ**

**П**ри проектировании карьеров важное значение имеет правильный выбор методики расчета углов наклона бортов, которая должна обеспечить:

- устойчивость уступов и бортов карьеров;
- размещение на бортах необходимых съездов и бERM;
- экономичность работ (целесообразный коэффициент вскрыши).

Следует отметить, что первый и третий факторы влияют на величину углов в противоположных направлениях. Чрезмерно крутые углы из-за возможных обвалов и оползней могут нанести значительный материальный ущерб и даже привести к преждевременному окончанию эксплуатации карьера. В частности, завышенные значения откосов уступов, принятые в проектах разработки центрального и южного участков Роздольского серного месторождения, в сочетании с тяжелыми геологическими и гидрогеологическими условиями отработки вызвали многочисленные деформации бортов капитальных траншей и в значительной степени осложнили ведение горных работ. Запроектированные чрезмерно пологие откосы бортов приведут к избыточному объему вскрышных работ и ухудшат экономические показатели разработки данного месторождения. Поскольку при всех условиях должна быть обеспечена максимальная безопасность работ, обоснование угла наклона устойчивого борта карьера представляет собой существенный раздел исследований в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Линия погашения борта может быть:

- конструктивной, когда она соответствует профилю, отстроенному по горно-техническим условиям;
- устойчивой, когда борт карьера имеет минимально достаточный запас устойчивости для данных пород.

Если для карьеров, борта которых сложены необводненными скальными породами, угол наклона борта определяется конструктивными соображениями, то в остальных случаях конфигурация предельного контура борта рассчитывается, исходя из геологических и гидрогеологических условий, а также физических свойств пород (т.е. тех параметров, которые определяют устойчивость борта). Борт при этом более пологий, чем отстроенный по горно-техническим условиям.

Исследования в области расчетов устойчивости грунтовых откосов имеют почти двухсотлетнюю историю, поэтому возникает вопрос о целесообразности анализа тех способов (приемов) расчета, которые применяются сравнительно редко либо в связи с наличием

более совершенных методов, использующих те же принципы, либо из-за недостаточной корректности методов или теорий, на которых они основываются.

Необходимо привести высказывание В.И. Вернадского о том, что история науки и ее прошлого должна критически составляться каждым научным поколением и не только потому, что меняются запасы знаний о прошлом, открываются новые документы или находятся приемы восстановления былого. Необходимо вновь научно перерабатывать историю науки, уходить в историю, потому что благодаря развитию современного знания о прошлом получает решение одно и теряет другое. Каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений времени. Наука, развиваясь, не только создает новое, но и неизбежно переоценивает старое. При этом необходимо учитывать, что наука имеет кумулятивный характер и создавать принципиально новые решения можно только основательно изучив и проанализировав накопленные ранее значения. Важно выделить основные направления, по которым идет исследование проблемы, и критически оценить ту или иную расчетную схему, что в значительной степени облегчит и ускорит работу проектировщика и исследователя. Эти вопросы важны еще и потому, что на практике используют и такие расчетные методы, которые в определенных условиях дают удовлетворительные результаты, но непригодны для других условий, а это затрудняет объективную оценку надежности метода.

Рассматривая причины ошибок в расчетах и прогнозах, известный зарубежный ученый К. Терцаги выделяет: грубые ошибки при определении свойств грунта из-за неправильного отбора проб или неточных лабораторных определений; недооценку разницы между свойствами фактических грунтов и идеализированных.

К этому можно добавить: ошибки в определении условий деформаций реального массива; применение методов расчета, необоснованных в теоретическом отношении или несоответствующих условиям деформирования массива.

Учитывая, что к настоящему времени отечественными и зарубежными учеными разработано около ста способов и приемов расчета устойчивости свободных (ненагруженных) откосов, их анализ целесообразно проводить на основе специальной классификации.

М.Е. Певзнером [11] была предложена такая классификация. Построение классификации осуществлено по следующей схеме: класс методов – группа методов – основной метод (методы) группы – расчетные способы и схемы, использующие основной метод.

Основным классификационным принципом для выделения классов методов считается принцип определения параметров устойчивого откоса.

В соответствии с указанным принципом выделены пять классов методов.

Класс А – методы, предусматривающие построение контура откоса, являющегося внешней границей зоны, во всех точках которой удовлетворяется условие предельного равновесия. В классе А выделены две группы методов: в первой – используется численный, а во второй – графический метод интегрирования дифференциальных уравнений предельного напряженного состояния.

Класс Б – методы, предусматривающие построение контура откоса, вдоль которого удовлетворяется равенство угла наклона касательной углу сопротивления сдвигу. К классу Б отнесены два метода, характеризующиеся разбивкой откоса на горизонтальные слои и определением устойчивого угла наклона каждого слоя с учетом веса вышележащих пород.

Класс В – методы, предусматривающие построение в массиве откоса поверхности скольжения, вдоль которой удовлетворяется условие предельного равновесия. В классе В выделено пять групп методов: в первой группе расчет устойчивости откоса производится на основе плоской поверхности скольжения, во второй – по круглоцилиндрической, в третьей – по логарифмической спирали, в четвертой – по поверхности скольжения сложной криволинейной формы, в пятой – по поверхности скольжения ломаной формы. Кроме того, во второй группе методов выделены две подгруппы: в первой учитывается условие равновесия всего откоса, а во второй – условие равновесия отдельных вертикальных отсеков, на которые мысленно разбивается откос.

Класс Г – методы, предусматривающие построение в массиве поверхности скольжения, вдоль которой удовлетворяется условие специального предельного равновесия. Класс Г включает методы, в которых определение сдвигающих и удерживающих сил производится с учетом прочностных характеристик, действующих по поверхности ослабления откоса. В этот класс входит также группа

методов, учитывающих объемный характер процесса разрушения и форму призмы обрушения.

Класс Д – методы, предусматривающие вероятностную оценку устойчивости откосов на основе статистических оценок определяющих факторов.

Многообразие геологических и гидрогеологических особенностей разрабатываемых месторождений исключает существование какого-то универсального решения, пригодного для любых конкретных условий. Поэтому целесообразно проводить анализ методов расчета устойчивости откосов на основе двух групп критериев: общих и частных. Общие критерии определяют обоснованность метода в теоретическом отношении, частные – возможность использования данного метода в конкретных практических условиях.

Общие критерии:

1. Метод должен обеспечить установление в массиве формы и положения определенной зоны, в каждой точке которой соблюдается условие предельного равновесия, величины и направления напряжений, действующих в этой зоне.

2. Метод должен позволить найти форму и положение в массиве наиболее слабой поверхности, отвечающей условию  $\sum_{уд}/\sum_{сдв} = \min$  и уравнениям равновесия статики, а также величину и направление напряжений, действующих по этой поверхности  $\sum_{уд}$  и  $\sum_{сдв}$  – соответственно сумма удерживающих и сдвигающих сил.

Уравнения статики сводятся к следующему:

- сумма вертикальных реактивных сил должна равняться сумме активных сил веса сползающего откоса и нагрузки на откос;
- сумма моментов реактивных сил должна равняться сумме моментов активных сил;
- сумма горизонтальных сил должна равняться нулю.

В трех случаях коэффициент запаса может быть получен из уравнений статики:

- 1) откос деформируется по поверхности ослабления, при этом угол откоса  $\alpha$  больше угла наклона поверхности  $\beta$ , а  $\beta$  превышает угол внутреннего трения по этой поверхности  $\varphi'$ ;
- 2) откос сложен идеально связным материалом  $\varphi = 0$  и деформируется по круглоцилиндрической поверхности скольжения;

3) откос сложен материалом с трением и сцеплением, деформируется по поверхности скольжения, имеющей форму логарифмической спирали.

В большинстве остальных случаев задача об устойчивости откоса статически неопределима. Это относится и к задачам, в которых откос деформируется по законам анизотропной среды (за исключением рассмотренного выше случая), и к задачам, в которых откос, сложенный материалом с трением и сцеплением, деформируется по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Это происходит потому, что число неизвестных в этих случаях превышает число уравнений статики, равное трем.

В соответствии с частными критериями выбранный метод расчета должен:

- основываться на таком типе механико-математической модели горных пород, который наиболее полно отражает свойства реального массива в данных конкретных условиях;
- учитывать схему деформации реального откоса;
- принимать во внимание форму поверхности реального откоса;
- учитывать величину и направление внешних сил, действующих на реальный откос.

**Метод может быть рекомендован для практического использования лишь при условии, что он удовлетворяет одному из общих критериев и четырем частным.**

Кроме того, при выборе метода расчета устойчивости откоса (помимо двух вышеперечисленных групп критериев) следует учитывать еще два немаловажных момента:

- контур откоса, определенный данным методом, должен обеспечивать экономичность вскрышных (или земляных) работ;
- метод должен быть удобен в практическом применении (минимальное число расчетов и графических построений, возможность использования графиков, таблиц, номограмм и др.).

Необходимо указать, что ни один из приведенных в классификации методов расчета не отвечает в полном объеме упомянутым критериям. В каждом конкретном случае требуется оценить хотя бы приближенно знак и величину погрешности коэффициента за-

паса устойчивости, обусловленные несоответствием применяемого метода общим или частным критериям.

Анализ отечественного и зарубежного опыта расчета устойчивости откосов показывает следующее.

1. Научно-исследовательские и проектные институты при определении параметров устойчивых откосов, сложенных скальными трещиноватыми породами, используют следующие методы:

- Г.Л. Фисенко (ВНИМИ);
- многоугольника сил;
- алгебраического суммирования;
- конечных элементов.

2. При относительно широком диапазоне применяемых методов наиболее часто используются методы, основанные на принятии в качестве наиболее слабой поверхности – круглоцилиндрической поверхности скольжения с подсчетом действующих сил по методам Бишопа, Янбу, Спенсера и графикам – Morgenштерна – Прайса.

Считается общепризнанным, что конкретные математические схемы имеет смысл разрабатывать только тогда, когда собрано достаточно фактических данных и прослежена основная закономерность изучаемого явления. В противном случае математические гипотезы и решения уходят, не сыграв особой роли в изучении данного явления. При исследовании устойчивости уступов и бортов карьеров задача состоит в том, чтобы, зная пределы применения расчетных схем и их обоснованность в теоретическом отношении, наиболее полно учитывать совокупность природных условий месторождения и технологию горных работ.

### 13.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И КАРТИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАРЬЕРАХ

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  $S$ :



$$S = \frac{V_{\text{деф}}}{V_{\text{и}}} \cdot 10^3,$$

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

В зависимости от  $t$  различают:

- текущий показатель оползнеопасности  $S_{\text{тек}}$  при  $t = 1$  год;
- общий показатель оползнеопасности  $S_{\text{общ}}$  при  $t$ , соответствующей общей продолжительности отработки карьерного поля.

В зависимости от  $S_{\text{общ}}$  условия разработки месторождения могут быть разделены на четыре группы по степени опасности в оползневом отношении (табл. 13.1)

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 низкопрочными вскрышными породами  $S_{\text{тек}}$  будет наиболее высоким в период вскрытия и

Таблица 13.1

#### Классификация условий разработки по степени оползневой опасности

Номер группы	$S_{\text{общ}}$	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 карьеров отсутствуют, происходят 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 карьеров вызывают прекращение горных работ на длительное время

первых лет эксплуатации месторождения. В дальнейшем благодаря осушению месторождения и накоплению опыта ведения горных работ  $S_{\text{тек}}$  будет снижаться.

На месторождениях, где породы склонны к интенсивному выветриванию,  $S_{\text{тек}}$  будет возрастать лишь на завершающей стадии отработки месторождения.

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

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

Например, исследования, проведенные на месторождениях бассейна КМА, позволили установить ряд характерных особенностей строения и свойств массива горных пород:

- падение пластов осадочных пород направлено от выступов докембрийского рельефа кристаллических пород к его впадинам;
- пласты осадочных пород оседают под залежами и линзами богатых руд, образуя прогибы над их лежащим боком и разрывные смещения – над висячим;
- неравномерная нагрузка на глинистые и тиксотропные пласты показывает их пластично-текучие деформации с образованием гряд выпирания под долинами рек и оврагами и подземных ложбин стока вблизи них;
- максимальное карстообразование приурочено к кровле залежей богатых железных руд и обусловлено влиянием рудно-кристаллического водоносного горизонта на известняки карбона;
- состояние мергельно-меловых пород старооскольской группы месторождений и распространение карста обусловлены миграциями древней долины р. Осколец.

В результате пространственного анализа влияния этих закономерностей достаточно точно установлены места расположения в массиве горных пород зон и поверхностей ослабления, подземных

ложбин стока и связанных с ними очагов активного развития деформаций откосов при вскрытии.

Серии карт, составленные для месторождений КМА, дали прогноз мест наиболее активного развития деформаций откосов при вскрытии карьера на 5–10 лет вперед. Вскрытие Лебединского и Михайловского месторождений подтвердило эффективность таких методов прогноза.

Для условий серных карьеров Предкарпатского бассейна также были составлены прогнозные карты, которые позволили существенно снизить опасность деформационных процессов.

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 отгон горного оборудования, находящегося в зоне возможной деформации и др.).

### 13.4. МОНИТОРИНГ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ

**В** соответствии с Положением о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр, утвержденным Постановлением Госгортехнадзора 22 мая 2001 г., в функции маркшейдерской службы, в частности, входит ведение мониторинга состояния недр, включая процессы движения горных пород и земной поверхности, геомеханических и геодинамических процессов при недропользовании в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду.

Инструментальные маркшейдерские наблюдения являются основным средством получения информации о деформациях бортов карьеров и отвалов и наиболее надежной основой для прогноза их устойчивости. Наблюдения, анализ и интерпретация результатов наблюдений позволяют:

- определить величины смещений, деформаций, скоростей развития процесса деформирования и границы распространения деформаций;
- установить тип разрушающих деформаций прибортового массива пород;

- установить взаимосвязь между факторами, определяющими устойчивость прибортового массива, и процессом деформирования бортов карьеров и откосов отвалов и определить количественные соотношения между ними;
- определить критические величины деформаций, предшествующие началу активной стадии деформирования, для различных инженерно-геологических комплексов горных пород;
- осуществить контроль за ведением горных работ на деформирующихся участках бортов и отвалов;
- определить эффективность противодеформационных мероприятий.

Рекомендации по созданию наблюдательных станций и методик наблюдений изложены в разработанных ВНИМИ "Методических указаниях по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозе устойчивости".

В зависимости от целей и задач, а также условий отработки месторождения наблюдения проводят в различном объеме и в различные по продолжительности времени периоды. В соответствии с этим наблюдения делят на фундаментальные (долговременные), временные инструментальные и упрощенные.

**Фундаментальные наблюдения** проводят на карьерах, имеющих большую конечную глубину, с целью изучения основных параметров деформирования и детальной характеристики процессов при изменении условий устойчивости. Для достижения этой цели наблюдения начинают с момента начала отработки месторождения. В этот же период закладывают систему опорных пунктов и реперов. Частота наблюдений на таких станциях в скрытую и начальную стадии развития деформации составляет от 1–2 раз в год до 1 раза в 2–3 года. Фундаментальные маркшейдерские наблюдения выполняют специализированные маркшейдерские группы при методическом руководстве и участии научно-исследовательских институтов соответствующего профиля.

**Временные инструментальные наблюдения** проводят, как правило, для изучения закономерностей деформационных процессов на отдельных участках карьера. Как правило, эти участки имеют недостаточную устойчивость или расположены в непосредственной близости от охраняемых сооружений.

Цель временных наблюдений состоит в изучении влияния отдельных факторов, приводящих к активизации или резкому изме-

нению параметров деформационных процессов. Временные наблюдения имеют большое практическое значение. По их результатам выбирают определенный порядок ведения горных работ на опасном участке и принимают меры по предотвращению опасных деформаций, а также оценивают эффективность противодеформационных мероприятий. Срок существования таких станций не превышает 1–5 лет. Периодичность наблюдений устанавливают в зависимости от интенсивности процесса развития деформаций. Временные наблюдения ведут специализированные маркшейдерские группы или маркшейдерские службы карьеров.

Упрощенные наблюдения выполняют для определения смещений и деформаций в отдельных точках деформационных участков в период активной стадии деформации. Сюда относят наблюдения за раскрытием трещин, а также за деформациями сооружений, находящихся в непосредственной близости от деформационного участка. Наблюдения выполняются, как правило, наиболее простыми способами (проволочные, цементные маяки и пр.). Поскольку периодичность упрощенных наблюдений должна быть высокой, здесь могут быть применены станции с автоматической регистрацией смещений. Кроме того, на станциях проводят визуальные наблюдения за состоянием прибортового массива.

Маркшейдерские наблюдения включают в себя комплекс работ по созданию наблюдательных сетей, производству измерений и камеральной обработке результатов измерений.

Наблюдательная сеть строится по принципу от общего к частному. Опорные и исходные пункты закладывают вне зоны возможных деформаций с учетом максимальных размеров и глубины карьера. Размеры зоны возможных деформаций зависят от геологического строения борта и его высоты. Рабочие реперы располагают в зонах деформирования. В вышеупомянутых Методических указаниях рассмотрены следующие методы маркшейдерских наблюдений:

- наблюдения по профильным линиям;
- геометрическое нивелирование;
- створные измерения;
- прямые засечки угловые и линейные;
- линейно-угловые засечки;
- линейные пространственные засечки;
- метод полигонометрических ходов;
- фотограмметрические методы.

Для производства маркшейдерских наблюдений составляют специальный проект, который должен состоять из пояснительной записки, плана наблюдательной станции (масштаб от 1:1000 до 1:5000), а также соответствующих геологических карт и разрезов.

Периодичность наблюдений ( $T$ , сут) зависит от скорости смещений прибортового массива ( $V$ , мм/сут). Так, при  $V = 0,1$  величина  $T$  составляет 730 (т.е. один раз в 2 года); при  $V = 10$  величина  $T$  составляет 8 сут и т.д.

Реперы, используемые для наблюдений за сдвижением горных пород, должны иметь простую конструкцию, которая в свою очередь должна обеспечивать:

- прочную связь репера с горной породой с тем, чтобы сдвижение репера точно соответствовало сдвижению пород;
- сохранность и неизменность положения реперов на весь срок их службы, а также удобство пользования ими.

Закладка репера, предназначенного для длительной службы, осуществляется следующим образом: бурится скважина диаметром 160–300 мм, на глубине ниже зоны промерзания на 0,5 м бетонировать металлический штырь или трубу диаметром 30–50 мм. Цементный раствор заливают только в нижнюю часть скважины на 0,4–0,5 м. Верхний конец металлического штыря имеет вид полусферы, на которую наносится центр в виде отверстия диаметром не более 2 мм и глубиной 4–5 мм. Пространство между штырем и стенками скважины заполняют песком или шлаком и плотно утрамбовывают. Глубина закладки репера, как правило, должна быть не менее 1,5 м.

При сроке службы репера в пределах 3–5 лет, устанавливаемого в песчано-глинистых породах, могут быть использованы забивные реперы длиной до 2 м. В насыпных грунтах длину забивных реперов увеличивают до 2,0–2,5 м.

При геометрическом нивелировании на наблюдательных станциях применяют высокоточные и точные нивелиры. Измерение горизонтальных и вертикальных углов при наблюдениях линейно-угловых сетей и засечек выполняют высокоточными и точными теодолитами. Измерение расстояний между реперами выполняют компарированными рулетками длиной не менее 30 м.

Расстояние между реперами на земной поверхности в зависимости от их удаления от верхней бровки откоса принимают следующим:

- на участке призмы возможного оползания (обрушения) – 5–10 м;

- с удалением от верхней бровки карьера – 20 м;
- расстояние между опорными реперами – не менее 20 м.

Наблюдения на профильных линиях заключаются в периодическом определении отметок рабочих реперов и горизонтальных расстояний относительно опорных.

Камеральная обработка результатов наблюдений в соответствии с Методическими указаниями включает:

- проверку полевых журналов;
- вычисление и уравнивание отметок всех реперов наблюдательных станций;
- вычисление горизонтальных расстояний между реперами профильных линий;
- составление по каждой профильной линии ведомостей: вертикальных смещений реперов, горизонтальных смещений реперов вдоль профильных линий, горизонтальных деформаций (сжатий и растяжений), величин сдвигов, скоростей смещения по направлению векторов смещения;
- составление и пополнение графических материалов.

Анализ результатов маркшейдерских наблюдений проводится с целью:

- установить факт возникновения смещений прибортового массива, связанных с ведением горных пород и изменением его природного напряженного состояния;
- установить тип потенциального оползня или происшедшего разрушения прибортового массива;
- определить местоположение зон максимальных и сжатий и максимальных сдвигов на поверхности, примыкающей к верхней бровке откоса, а также в основании борта;
- установить изменение во времени скоростей смещения характерных участков прибортового массива и определить на этой основе влияние времени года и горных работ на развитие деформаций бортов карьеров;
- установить степень опасности наблюдаемых деформаций, т.е. оценить степень устойчивости откосов;
- разработать прогноз развития деформаций прибортового массива во времени;
- оценить эффективность осуществляемых противодеформационных мероприятий.

# **14. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ И СКВАЖИННЫМИ МЕТОДАМИ И ИХ МОНИТОРИНГ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

**К**ак известно, месторождения твердых и жидких полезных ископаемых принципиально отличаются друг от друга по морфогенетическому типу. Это обстоятельство, в первую очередь, сказывается на преобладающих способах разработки месторождений. Если для месторождений твердых (рудных и нерудных) полезных ископаемых в основном характерны открытый и подземный способы разработки и, значительно реже, скважинный, то для месторождений жидких полезных ископаемых в подавляющем случае используется скважинный метод разработки.

Принципиальное различие этих типов месторождений нашло свое отражение при формировании геомеханических и геодинамических процессов, которые возникают при их разработке.

Так, если на месторождениях твердых полезных ископаемых доминируют сдвигание горных пород и горные удары, то на месторождениях жидких углеводородов (нефти и газа) в основном преобладают активизация разломных зон и землетрясения.

## **14.1. СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

### **14.1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ЕГО ИЗУЧЕНИИ**

**Г**орные породы, покрывающие полезное ископаемое, находятся в состоянии естественного равновесия. Образование незакрепленного выработанного пространства в процессе подземной разра-



ботки приводит к нарушению равновесия пород, их перемещению и деформированию. Перемещение пород, возникая вблизи горной выработки, распространяется в верхние слои покрывающей толщи и при достаточно больших размерах выработанного пространства достигает земной поверхности, которая также претерпевает деформации. Породы почвы выработки испытывают поднятия, обусловленные снятием нагрузки от вышележащих пород и перераспределением горного давления.

Таким образом, под сдвижением горных пород и земной поверхности понимают их перемещение и деформирование в результате нарушения естественного равновесия пород под влиянием горных разработок. Процесс сдвижения может развиваться в толще пород, на земной поверхности и под влиянием водопонижения, изменения физико-механических свойств пород, тектонических процессов и других явлений. В данной главе рассматриваются вопросы сдвижения горных разработок и последствия этих сдвижений для сооружений различного типа.

Изучение сдвижения горных пород и земной поверхности направлено на решение следующих основных задач:

- выявление особенностей и установление закономерностей процесса сдвижения в различных горно-геологических условиях;
- разработка методов расчета сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности над выработанным пространством;
- разработка мер, снижающих вредное влияние подземных разработок на подрабатываемые здания, сооружения, горные выработки и природные объекты.

Прогноз сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности включает определение форм проявления процесса сдвижения и величины сдвижений и деформаций. Ожидаемые характер и параметры процесса сдвижения на стадии проектирования шахтной разработки полезных ископаемых определяют, вместе с другими факторами, выбор системы и порядка разработки пластов, способа управления кровлей, типа и параметров крепи выработок. Главное внимание при этом уделяется обеспечению безопасного ведения горных работ, полноты извлечения полезного ископаемого, а также сохранности зданий, сооружений, капитальных горных выработок, водоемов и других объектов, попадающих в зону сдвижения.

Сдвигение горных пород может вызвать деформации капитальных горных выработок, дополнительные водопритоки, а в отдельных случаях – прорывы воды в выработки и значительно осложнить ведение подземных работ. В зону влияния горных работ на угольных месторождениях попадает большое число зданий, сооружений и различных объектов, подработка которых должна осуществляться с применением специальных защитных мер.

На земной поверхности над выработанным пространством образуется впадина значительных размеров (мульда сдвижения) с неравномерным сдвижением точек, которая может явиться причиной затопления осевших участков земной поверхности грунтовыми, атмосферными и паводковыми водами.

#### 14.1.2. ФОРМЫ И СХЕМЫ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**С**троение толщи вмещающих пород в значительной мере определяет характер процесса сдвижения, под которым понимают формы сдвижения пород и изменения механического состояния породного массива в результате его подработки. По этому признаку все месторождения можно разделить на два основных типа: со слоистым и не слоистым строением породного массива. К слоистым относятся все угольные месторождения и более 60 % рудных месторождений.

Основными формами сдвижения горных пород при подземной разработке угольных пластов являются: прогиб слоев пород, обрушение, сдвиг по напластованию, выдавливание или пластическое течение. Ниже приводится краткая характеристика основных форм сдвижения горных пород.

**Прогиб пород** – последовательное отделение от толщи слоев пород и перемещение их в сторону выработанного пространства без нарушения слоистости толщи. Сдвигение пород над выработкой всегда начинается в форме прогиба отдельных слоев по нормали к напластованию.

**Обрушение пород** происходит в слоях пород непосредственной кровли над выработанным пространством. Для обрушения характерны отрыв пород от вышележащей толщи и беспорядочное их падение в виде отдельных блоков и кусков. Обрушению пород всегда предшествует предельный прогиб слоев.

**Сдвиг пород** по напластованию проявляется одновременно с прогибом слоев при наклонном и крутом залегании пластов. Сдвиг пород вызывается деформированием слоев вдоль напластования под действием касательной составляющей веса пород при расслоении толщи.

**Выдавливание или пластическое течение пород** из массива в сторону выработанного пространства проявляется в виде пучения подошвы выработок. Пластическое течение проявляется, главным образом, в глинах, глинистых (углистых) сланцах и в угле.

Сдвижение слоистого породного массива начинается с прогиба слоев непосредственной кровли пласта в сторону выработанного пространства. При этом слои пород отделяются от вышележащей толщи и подвергаются деформациям изгиба подобно плитам, заземленным по концам. По мере увеличения площади выработанного пространства прогиб пород растет, в сдвижение вовлекается все большее число слоев, происходит сдвиг слоев по плоскостям напластования, а в толще образуются секущие трещины и трещины расслоения.

Современным представлениям о механизме деформирования подрабатываемого слоистого массива пород наиболее полно отвечает схема, предложенная М.А. Иофисом (рис. 14.1), в соответствии с которой в деформирующемся массиве выделяется три области и 16 зон (в условиях крутого падения – 17 зон), отличающихся характерными особенностями.

Горные породы в области разгрузки расширяются и смещаются в сторону выработанного пространства с образованием, как правило, полостей расслоения, возникающих из-за неравномерных деформаций породных слоев. Наибольшая неравномерность деформаций наблюдается на контактах слоев пород с существенно отличающимися прочностными характеристиками. При наработке полости расслоения образуются сравнительно редко.

Область повышенного горного давления (ПГД) или, как часто ее называют, область опорного давления граничит с областью разгрузки и располагается над и под массивом полезного ископаемого (на рис. 14.1 эта область заштрихована вертикальными линиями). В этой области нормальные к плоскости напластования напряжения больше, чем в нетронutom массиве. Параметры области опорного давления зависят в основном от тех же факторов, что и параметры области разгрузки. Ширина области опорного давления в плоско-

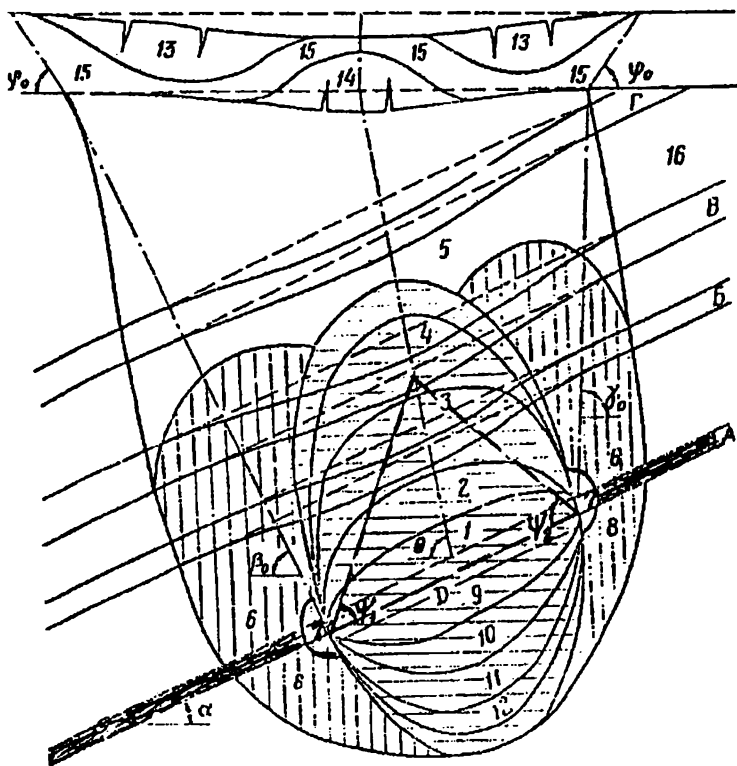


Рис. 14.1. Схема движения горных пород при разработке пластовых месторождений

сти пласта по данным наблюдений колеблется в пределах от 0,1 до 0,3  $H$  (где  $H$  – глубина горных работ). В породы почвы эта область распространяется на расстояние, равное примерно ширине области опорного давления в плоскости пласта, а в породы кровли – на высоту, превышающую это расстояние в 1,2–1,5 раза. Проявления опорного давления наблюдались в породах кровли на расстоянии 170 м от пласта и в породах почвы – на расстоянии 110 м.

Область полных сдвижений характеризуется перемещением слоев пород параллельно своему первоначальному положению. Векторы сдвижения в этой области направлены по нормали к напластованию и имеют наибольшие для данных условий значения. Область полных сдвижений располагается над выработанным пространством и оконтуривается на вертикальных разрезах линиями, прове-

денными от границ выработанного пространства под углами полных сдвижений.

Рассмотрим особенности сдвижения и деформирования слоев пород в зонах, приведенных на рис. 14.1. В области разгрузки находятся зоны 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11 и 12.

В первой зоне, расположенной непосредственно над выработанным пространством, происходит обрушение пород, которым предшествует предельный прогиб слоев.

В процессе обрушения происходит разрыхление пород ( $K = 1,1 \div 1,4$ ), что уменьшает величины сдвижений вышележащей толщи. В практике горного дела высоту первой зоны, зоны обрушения, принимают равной  $(3 \div 6)m$  ( $m$  – вынимаемая мощность пласта).

Вторая зона, прилегающая к зоне обрушения, характеризуется развитием в обрушающихся слоях нормально секущих трещин и трещин расслоения, разбивающих массив на крупные блоки и образующих систему сквозных водо- и газопроводящих каналов с малым аэродинамическим сопротивлением. Эту зону называют зоной разломов.

В третьей зоне секущие трещины, развивающиеся от верхней и нижней поверхностей изгибающегося слоя, достигают трещины расслоения и создают систему водо- и газопроводящих трещин со значительным аэродинамическим сопротивлением, которое растет пропорционально удалению их от разрабатываемого пласта. Третья зона называется зоной активных трещин.

В четвертой зоне секущие трещины, вызванные изгибом слоя, не достигают трещины расслоения и сквозной водо- и газопроводящей системы трещин не образуется. Эта зона получила название зоны локальных трещин.

Расстояние по нормали от кровли разрабатываемого пласта до границ второй, третьей и четвертой зон определяется по эмпирическим формулам.

Пятая зона характеризуется прогибом пород без разрыва их сплошности, поэтому получила название плавного прогиба.

В надработанной толще зона обрушения (зона 1) отсутствует, а зоны 9, 10, 11, 12 по своим качественным характеристикам соответствуют зонам 2, 3, 4, 5 подработанной толщи. Все зоны, образующиеся в надработанной толще, расположены ближе к разрабатываемому пласту, чем в подработанной.

Шестая, седьмая и восьмая зоны находятся в области повышенного горного давления. В шестой и седьмой зонах преобладают уп-

ругие деформации, в седьмой – неупругие (необратимые). Шестая и восьмая зоны называются зонами опорного давления, седьмая – зоной предельно напряженного состояния. Седьмая зона распространяется как на подработанную, так и на надработанную толщу, но в основном она проявляется в самом разрабатываемом пласте.

При определенных углах падения пород происходит сползание слоев преимущественно по плоскостям напластования и в толще появляется зона 16, располагающаяся преимущественно в висячем боку разрабатываемого пласта.

В прилегающем к земной поверхности слое (или пачке слоев, деформирующихся как одно целое) в результате изгиба образуются зоны растяжения (зоны 13, 14) и сжатия (зона 15).

В зависимости от условий разработки, способов управления горным давлением и других влияющих факторов количество и местоположение зон может отличаться от приведенной выше схемы. Так, при плавном опускании кровли и небольшой мощности разрабатываемого пласта зона обрушения, как правило, отсутствует и над выработанным пространством формируются зоны разломов или активных трещин. В тех случаях, когда над пластичными слоями залегают хрупкие породы, зоны трещин могут получить развитие и над зоной плавного прогиба.

Результаты исследований деформированных зон в породном массиве при скважинной разработке (подземной газификации) угольного пласта показали, что высота зоны обрушенных пород составляет полуторакратную, а зоны водопроводящих трещин – шестикратную мощность пласта. Сокращение высоты деформированных зон по сравнению с шахтной разработкой объясняется постепенным выгазовыванием угольного пласта по мощности. Аналогичные результаты следует ожидать и при разработке нефтегазовых месторождений.

#### 14.1.3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ

**Часть горного массива, подвергшуюся сдвигению под влиянием подземных разработок, принято называть областью сдвижения горных пород, а участок земной поверхности, затронутый сдвижением, – зоной влияния подземных разработок (мульдой сдвижения).**

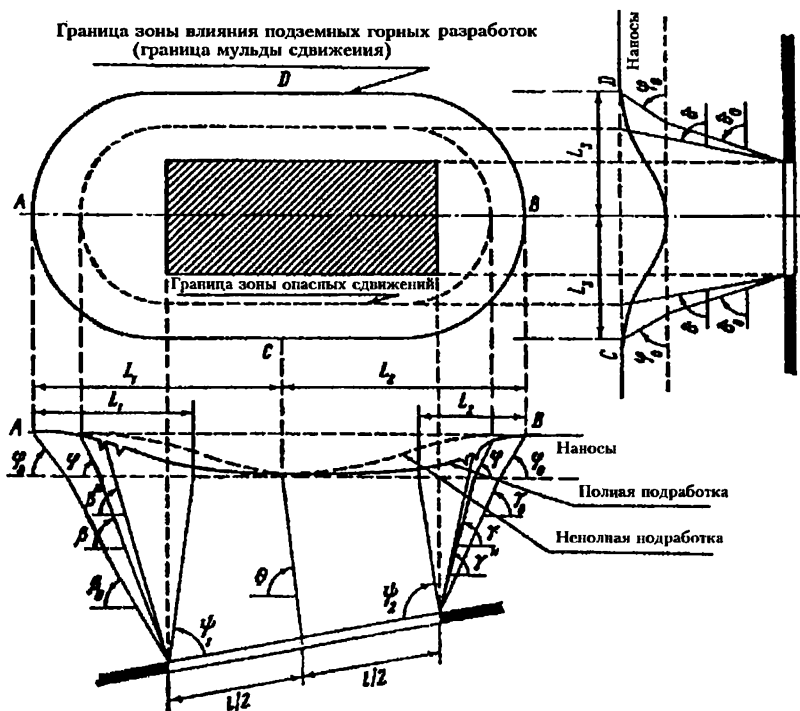


Рис. 14.2. Мульда сдвижения земной поверхности и угловые параметры процесса сдвижения:

$\beta_0, \gamma_0, \delta_0, \varphi_0$  – граничные углы;  $\beta, \gamma, \delta, \varphi$  – углы сдвижения;  $\psi_1, \psi_2$  – углы полных сдвижений;  $\theta$  – угол максимальных оседаний;  $\beta'', \gamma''$  – углы разрывов

Максимальные величины сдвижений и деформаций формируются в главных сечениях мульды сдвижения – вертикальных сечениях мульды по простиранию и вкрест простирания пласта, проходящих через точки с максимальными оседаниями земной поверхности. На вертикальных разрезах в главных сечениях мульды определяют все угловые параметры процесса сдвижения.

Границы зоны влияния подземных разработок (мульды сдвижения) определяются граничными углами  $\varphi_0, \beta_0, \gamma_0$  и  $\delta_0$  (рис. 14.2), под которыми подразумевают внешние относительно выработанного пространства углы, образованные горизонтальными линиями и линиями (последовательно проведенными в коренных породах, мезозойских отложениях и наносах), соединяющими границу выработки с точками земной поверхности, где наклоны и растяжения

не превышают величины  $0,5 \cdot 10^{-3}$ . Граничные углы используют также при построении целиков под глубокие вертикальные стволы.

**Углы сдвижения**  $\varphi, \beta, \gamma, \delta$  являются одними из основных параметров процесса сдвижения. Значения углов сдвижения используют при определении зоны опасных сдвижений земной поверхности, а также размеров целиков, оставляемых для охраны зданий, сооружений и других объектов.

За границы зоны опасного влияния на земной поверхности принимаются участки, на которых наклон  $i = 4 \cdot 10^{-3}$ , кривизна  $K = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$ , растяжение  $\epsilon = 2 \cdot 10^{-3}$  (при среднем интервале между реперами 15–20 м). Различают углы сдвижения, ограничивающие опасную зону мульды:  $\beta$  – со стороны падения пласта,  $\gamma$  – со стороны восстания пласта,  $\delta$  – по простиранию пласта; углы сдвижения в наносах –  $\varphi$ . Следует отметить, что углы сдвижения и граничные углы имеют только технический смысл. Их нельзя рассматривать как углы наклона поверхностей, по которым происходит сдвижение пород. Таких поверхностей в подработанном массиве пород не существует.

Углы сдвижения определяются при **полной подработке** земной поверхности, которая характеризуется постоянством величины максимального оседания при увеличении размеров выработанного пространства. При пологом залегании пластов образуется плоское дно мульды, а мульда на разрезе имеет тарелкообразную форму (см. рис. 14.2). **Неполная подработка** земной поверхности проявляется в виде мульды оседания с чашеобразным дном, а также в изменении величины максимальных оседаний с увеличением размеров выработанного пространства.

От формы мульды сдвижения земной поверхности зависит характер распределения величин сдвижений и деформаций в главных ее сечениях. Степень подработки земной поверхности выражается через **коэффициент подработанности**  $n$  как отношение фактического размера выработанного пространства  $D$  к минимальному размеру  $D_0$ , при котором наступает полная подработка земной поверхности. Различают коэффициенты подработанности по падению пласта  $n_1$  и по простиранию  $n_2$ :  $n_1 = D_1/D_{01}$  и  $n_2 = D_2/D_{02}$ . При полной подработке значения коэффициентов  $n_1$  и  $n_2$  равны или больше единицы.

Оценка степени подработанности земной поверхности на любом этапе процесса сдвижения является необходимым и важным моментом, позволяющим правильно и своевременно осуществ-



лять выбор мер по снижению вредного воздействия процесса сдвижения на объекты, расположенные в зоне влияния подземных разработок.

**Углы полных сдвижений** (см. рис. 14.2)  $\psi_1$  – по падению,  $\psi_2$  – по восстанию,  $\psi_3$  – по простиранию пласта, внутренние относительно выработанного пространства, образуются плоскостью угольного пласта и линией, соединяющей границы выработки с границами плоского дна мульды сдвижения. На практике углы полных сдвижений используются для определения в толще пород и на земной поверхности зоны полной подработки.

При отсутствии плоского дна мульды (неполная подработка) местоположение точки с максимальным оседанием земной поверхности определяется **углом максимального оседания**  $\Theta$ , который образуется со стороны падения пласта горизонтальной линией и линией, соединяющей середину выработки с точкой максимального оседания.

Участок мульды сдвижения между точкой максимального оседания при неполной подработке земной поверхности или началом плоского дна мульды при полной подработке и границей мульды называется длиной полумульды: по падению  $L_1$ , по восстанию  $L_2$  и по простиранию  $L_3$ .

Выемка полезного ископаемого под водными объектами (под реками, каналами, водоемами, водоносными горизонтами и т.д.) осуществляется с выполнением мер, обеспечивающих как допустимые водопритоки в горные выработки, так и охрану самих водных объектов от вредных последствий подработки. В пределах зоны опасного влияния подземных разработок на земной поверхности могут образовываться трещины, которые необходимо учитывать при определении зоны водопроводящих трещин под обрабатываемым водным объектом или при оставлении предохранительного целика под ним.

Внешние границы зоны трещин в мульде сдвижения оконтуриваются **углами разрывов** (см. рис. 14.2), под которыми понимают внешние относительно выработанного пространства углы, образованные горизонтальными линиями и линиями, соединяющими границу выработки с ближайшей к границе мульды сдвижения трещиной ( $\beta''$  и  $\gamma''$  – на разрезе вкрест простирания).

**Смещения и деформации в главных сечениях мульды сдвижения.** Инструментальные наблюдения показали, что сдвижение

точек земной поверхности происходит по сложным криволинейным траекториям. Вектор смещения точки мульды сдвижения разлагается на три составляющие: вертикальную (оседание)  $\eta$ , горизонтальную (**горизонтальное сдвижение**)  $\xi$  и перпендикулярную к плоскости сечения  $\zeta$ . Последняя составляющая из-за своей незначительной величины в главных сечениях мульды на практике почти не используется.

Таким образом, основными показателями, характеризующими процесс смещения точек земной поверхности в мульде сдвижения, являются оседания и горизонтальные сдвигения.

Оседание (мм) земной поверхности определяется как разность высотных отметок точки до и после подработки. Если в результате подработки произошло увеличение высотной отметки, то вертикальная составляющая вектора сдвижения имеет знак "-" и называется **поднятием**. Горизонтальное сдвижение (мм) определяется как разность расстояний между смещающейся и неподвижной точками земной поверхности после подработки и в начальный момент. Сдвижение точки в направлении восстания или простирания пласта принято считать положительным, в обратных направлениях – отрицательным.

Неравномерности смещения соседних точек вызывают вертикальные (наклоны, кривизну) и горизонтальные (сжатия, растяжения) деформации участков земной поверхности в мульде сдвижения (рис. 14.3).

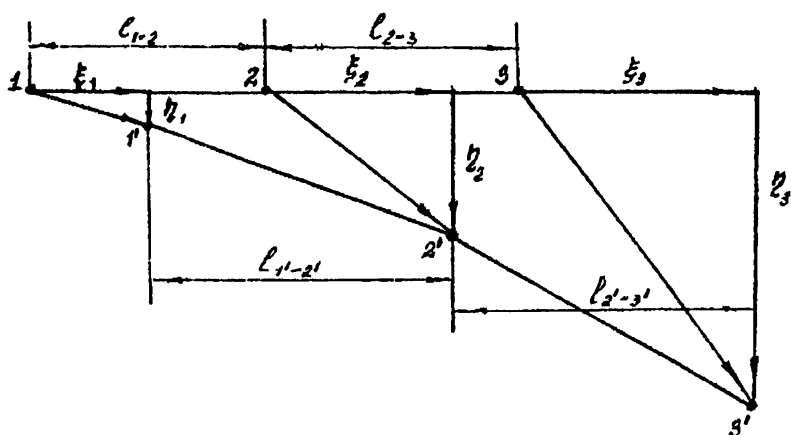


Рис. 14.3. Схема к вычислению деформаций

**Наклон интервала поверхности** вычисляется как отношение разности оседаний двух соседних точек мульды к первоначальному расстоянию между ними (безразмерная величина  $1 \cdot 10^{-3}$ ):

$$i_{1-2} = (\eta_2 - \eta_1) / l_{1-2} \quad (14.1)$$

Получаемое значение наклона  $i_{1-2}$  является средним значением для интервала и относится к его середине. Наклоны в направлениях восстания и простирания пласта принимаются положительными, а в обратных направлениях – отрицательными.

Неравномерность наклонов соседних участков мульды сдвижения приводит к образованию кривизны. Кривизна определяется как отношение разности наклонов двух соседних интервалов мульды к полусумме первоначальных длин этих интервалов ( $1 \cdot 10^{-3}$ ).

Средняя кривизна интервала 1–2–3 определяется из выражения

$$K_2 = \frac{i_{2-3} - i_{1-2}}{\frac{1}{2}(l_{1-2} + l_{2-3})} \quad (14.2)$$

и относится к середине этого интервала.

**Радиус кривизны** – величина, обратная кривизне, т.е.  $R = 1/K$ , м или км. На участках мульды с выпуклостью кривизна и радиус кривизны считаются положительными, на участках с вогнутостью – отрицательными.

Неравномерные горизонтальные смещения точек мульды сдвижения приводят к возникновению горизонтальных деформаций сжатия или растяжения. Величина горизонтальных деформаций  $\epsilon$  на участке мульды  $l_{1-2}$  определяется как отношение величины укорочения или удлинения интервала к его первоначальной длине (безразмерная величина  $1 \cdot 10^{-3}$ ):

$$\epsilon = (l_{1-2}^K - l_{1-2}^H) / l_{1-2}^H, \quad (14.3)$$

где  $l_{1-2}^H$  – первоначальная длина интервала, м;  $l_{1-2}^K$  – длина интервала после сдвижения, м.

Растяжения принято считать положительными деформациями, сжатия – отрицательными.

Для решения задач, связанных с выбором мер по снижению воздействия процесса сдвижения на объекты в зоне влияния подзем-

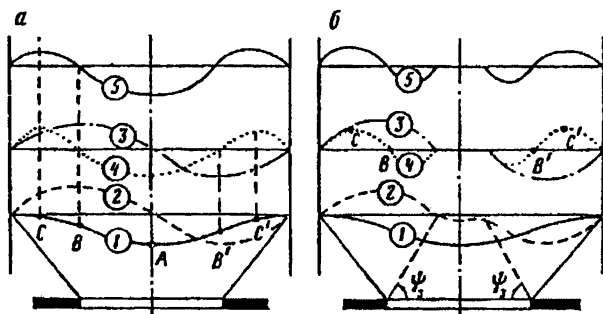


Рис. 14.4. Схемы распределения сдвижений и деформаций над очистной выработкой при неполной (а) и полной (б) подработках:

1 – оседаний; 2 – горизонтальных сдвижений; 3 – наклонов; 4 – кривизны; 5 – сжатия и растяжений

ных разработок, необходимо знать характер распределения сдвижений и деформаций в мульде сдвижения. Распределение сдвижений и деформаций в главных сечениях мульды после проведения выработки и при закончившемся процессе сдвижения показано на рис. 14.4.

При горизонтальном залегании обрабатываемого угольного пласта (рудной залежи) и на вертикальных разрезах по его простиранию границы мульды, кривые сдвижений и деформаций располагаются симметрично относительно центра мульды и границ выработки. Характерные точки кривой оседания земной поверхности занимают также симметричное положение.

**Точка наибольшего оседания (точка А)** находится над серединой выработки. В этой точке отмечаются максимумы сжатия и кривизны, минимальный (нулевой) наклон кривой оседания.

**Точка перегиба кривой оседания (точка В)** характерна максимальным наклоном, нулевыми кривизной и горизонтальной деформацией.

**К точке наибольшей кривизны (точка С)** приурочены участки земной поверхности с максимальными кривизной и растяжением.

Перечисленные свойства справедливы для процесса сдвижения пород и земной поверхности в условиях пологого залегания пласта (залежи) или вдоль линии его простирания.

С увеличением угла падения обрабатываемого угольного пласта (залежи) возникает асимметрия кривых сдвижений и деформаций за счет смещения их центров по падению пласта.

Для своевременного принятия мер по охране подрабатываемых объектов и установления возможности возведения сооружений на подработанных площадях необходимо знать особенности процесса сдвижения во времени.

Процесс сдвижения земной поверхности в зоне влияния подземных разработок протекает неравномерно во времени и характеризуется общей продолжительностью  $T$ , мес., и периодом опасных деформаций  $t$ .

**Под общей продолжительностью процесса сдвижения** понимают период, в течение которого земная поверхность над выработанным пространством находится в стадии сдвижения. Общая продолжительность процесса сдвижения в каждом конкретном случае определяется в соответствии с "Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях" (СПб., 1998) или по данным инструментальных наблюдений. За начало процесса сдвижения точки земной поверхности принимается дата, на которую оседание точки достигается 15 мм; за окончание процесса принимается дата, после которой суммарные оседания на протяжении 6 мес. не превышают 10 % от максимальных, но не более 30 мм.

**Под периодом опасных деформаций** понимается период сдвижений земной поверхности, в течение которого величины деформаций превышают критические, принятые для определения углов сдвижения. Период опасных деформаций определяется при ведении горных работ выше безопасной глубины разработки из выражений:

$$t = 0,65T \text{ при } H \text{ до } 300 \text{ м;}$$

$$t = 0,55T \text{ при } H = 500 \text{ м.}$$

Промежуточные значения  $t$  определяются интерполированием.

#### 14.1.4. ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Н**а сдвижение горных пород, как один из видов геомеханических процессов при подземной разработке месторождения, влияют природные условия и технологические факторы.

**К природным условиям** относят следующие.

**Рельеф местности и гидрогеологические условия**, которые сказываются на характере сдвижения земной поверхности, особенно при подработке крутых склонов в горной местности, где, как правило, возникают оползневые явления.

**Наличие и мощность наносов.** Значительная (более 5 м) мощность наносов оказывает благоприятное влияние на характер сдвижения земной поверхности, сглаживая неравномерности сдвижений, деформаций и уменьшая вероятность появления трещин. Граничные углы и углы сдвижения в наносах выглаживаются.

**Физико-механические свойства, мощность и чередуемость слоев горных пород** оказывают существенное влияние на все параметры и характер процесса сдвижения. По физико-механическим свойствам все породы С.Г. Авершин разделяет на четыре группы: 1) твердые, плотные; 2) пластичные; 3) сыпучие; 4) глинуны.

Породы первой группы, характерные для рудных месторождений (граниты, кварциты и др.) и месторождений каменного угля (известняки, песчаники), обычно обрушаются значительными массами в короткий промежуток времени после подработки их на большой площади. Породы второй группы, например глины, глинистые сланцы, способствуют пластичному изгибу подработанных слоев и увеличению площади мульды сдвижения. Сдвижение пород третьей и четвертой групп принимает формы течения.

Чередуемость и мощность пород в толще сказываются на проявлении процесса сдвижения на земной поверхности. Твердые породы непосредственной кровли залежи при обрушении не вызовут провалов на земной поверхности, если выше залегают мощные слои пластичных пород. Плотные породы, залегающие в непосредственной близости от земной поверхности, способствуют появлению на ней трещин. Слои плотных пород могут зависать, и тогда процесс сдвижения не проявляется на земной поверхности. При сдвижении сыпучих пород на земной поверхности, как правило, возникают провалы, а породы четвертой группы способствуют выглаживанию граничных углов и углов сдвижения.

**Угол падения залежи и покрывающих пород** является одним из основных факторов, определяющих параметры и характер сдвижения горных пород и земной поверхности. В Правилах охраны сооружений приведены значения углов сдвижения в зависимости от угла падения пласта (залежи).

При разработке крутопадающих пластов в массиве возникают деформации сдвига пород кровли, а на земной поверхности образуются провалы.

**Тектонические нарушения** являются плоскостями ослабления, по которым могут происходить смещения отдельных слоев пород, вызывая изменения значений углов сдвижения и граничных углов.

**Нарушенность толщи пород** ранее произведенными горными работами на других горизонтах или пластах способствует активизации процесса сдвижения при повторных ее подработках. Величины оседаний и деформаций возрастают, а углы сдвижения уменьшаются по сравнению с первичной подработкой.

**Технологические факторы** включают следующее.

**Вынимаемую мощность пласта (залежи) и способ управления горным давлением.** Мощность вынимаемой залежи – один из главных факторов, определяющих величины сдвижений и деформаций слоев пород и земной поверхности. С увеличением вынимаемой мощности возрастает высота зоны обрушения в подработанной толще пород, повышается вероятность образования на поверхности земли провалов, уступов, трещин. Чем больше одновременно вынимаемая мощность залежи, тем интенсивнее протекает процесс сдвижения с созданием неблагоприятных условий для подрабатываемых зданий и сооружений. Не менее важным фактором является способ управления горным давлением. При управлении горным давлением способом обрушения кровли все линейные и угловые параметры процесса сдвижения имеют максимальные значения. Управление горным давлением путем закладки выработанного пространства позволяет значительно, по сравнению с обрушением пород кровли, уменьшить величины смещений и деформаций в толще пород и на земной поверхности.

**Размеры выработанного пространства и наличие целиков внутри него.** Размеры выработанного пространства существенно влияют на характер процесса сдвижения (форму и размеры мульды сдвижений, величины сдвижений и деформаций и т.д.) в условиях неполной подработки. В условиях полной подработки изменение размеров выработанного пространства практически не оказывает влияния на характер и параметры процесса сдвижения.

Целики в выработанном пространстве изменяют характер распределения сдвижений и деформаций в подработанной толще пород.

**Направление и скорость подвигания фронта очистных работ**, которыми можно регулировать виды и величины деформаций подрабатываемых сооружений. Характер воздействий, испытываемых сооружением в зоне влияния подземных горных работ, прежде всего зависит от его положения относительно очистных выработок. Если сооружение находится над центральной частью очистной выработки (в центре мульды сдвижения), то оно будет испытывать сжатие. Расположение сооружения в краевых частях мульды сдвижения приводит к возникновению в нем растягивающих усилий.

**Порядок ведения горных работ** и взаимное расположение очистных выработок оказывают существенное влияние на параметры и характер процесса сдвижения горных пород и земной поверхности. При определенном взаимном расположении выработок в свите пластов деформации, возникающие в толще пород от проведения одной выработки, можно компенсировать противоположными по знаку деформациями от проведения другой выработки.

**Глубина горных работ** определяет размеры мульды сдвижения земной поверхности, характер и степень ее деформирования. С увеличением глубины разработки сдвижения и деформации земной поверхности уменьшаются, процесс сдвижения протекает более плавно и общая продолжительность его увеличивается.

#### 14.1.5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ

**И**зучение процесса сдвижения горных пород и земной поверхности проводится с применением методов, которые можно подразделить на три группы: натурные наблюдения и измерения, физическое и математическое наблюдение, аналитические исследования.

Исследования в натуральных условиях являются основными, так как без них невозможно выявить определяющие факторы процесса сдвижения и правильно поставить задачи для аналитических исследований и моделирования. Исследования в натуральных условиях проводятся методами визуальных наблюдений и инструментальных измерений.

Визуальные наблюдения позволяют в сравнительно короткий срок на больших площадях установить формы проявления сдвижения горных пород в подземных выработках, на земной поверхности и получить первые представления, необходимые для выбора мето-



дики инструментальных измерений процесса сдвижения и его моделирования. Сочетание визуальных наблюдений с инструментальными измерениями позволяет правильно выбрать участки для измерений и установить область применения их результатов. Натурные наблюдения и измерения применяются для определения параметров, отдельных показателей процесса сдвижения в решения специальных задач.

Инструментальные измерения в натуральных условиях имеют перед другими методами исследований то несомненное преимущество, что позволяют определять непосредственно количественные показатели, характеризующие процесс сдвижения и деформации в конкретных горно-геологических условиях. К числу недостатков этого метода исследований следует отнести значительную трудоемкость измерений, отсутствие возможности прогнозировать показатели процесса сдвижения до производства горных работ и строить обобщающие положения. Последнее обстоятельство вызвано тем, что полученные результаты далеко не всегда могут быть распространены на другие горно-геологические условия.

Физическое и математическое моделирование широко используется при исследовании процесса сдвижения горных пород и земной поверхности.

Для физического моделирования сдвижения толщи, состоящей из упругих, пластичных и рыхлых пород, успешно применяется метод эквивалентных материалов, предложенный в 1936 г. проф. Г.Н. Кузнецовым.

Моделирование на оптически активных материалах применимо лучше всего для изучения напряжений, упругих и неупругих деформаций вблизи выработки и неприменимо для сыпучих пород. Технические возможности центробежного моделирования на образцах природы также ограничены изучением напряженно-деформированного состояния пород вблизи контура выработки. Поэтому изучение сдвижения и деформаций на физических моделях осуществляется, как правило, с использованием эквивалентных материалов — искусственных материалов, механические характеристики которых в принятом геометрическом масштабе моделирования  $m_l = l_M/l_H$  удовлетворяют по отношению к моделируемым горным породам условию

$$\sigma_M = \frac{l_M}{l_H} \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \sigma_H, \quad (14.4)$$

где  $\sigma_M$  и  $\sigma_H$ ,  $l_M$  и  $l_H$ ,  $\gamma_M$  и  $\gamma_H$  – напряжения, размеры пространства, объемная масса материала соответственно в модели и в натуре.

Метод эквивалентных материалов позволяет с большей степенью детальности проследить механизм процессов в толще пород при движении забоя выработки, особенно процессов деформирования слоев пород с разрывом сплошности. Моделирование на эквивалентных материалах позволяет получать характеристики процесса сдвигения и деформирования пород, которые не дают ни натурные, ни аналитические методы исследований.

В то же время на моделях невозможно воспроизвести все параметры толщи пород, например микротрещиноватость и мелкоблочковую трещиноватость, поэтому моделирование позволяет вести изучение процесса сдвигения лишь с определенной степенью схематизации натуры и механический перенос (с учетом масштаба моделирования) полученных на модели количественных показателей процесса сдвигения в натуре правомерен.

Математическое моделирование применяется для прогнозирования напряженно-деформированного состояния подработанной толщи пород и расположенных в зоне влияния подземных разработок шахтных стволов, эксплуатационных (при геотехнологических способах разработки) и вспомогательных скважин. Поставленная задача решается с применением численных методов в следующем порядке: построение механической и математической моделей, алгебраизация (дискретизация) задачи, разработка алгоритма, программирование и реализация решений на ЭВМ.

Для построения геомеханической и математической моделей проводят испытания физико-механических свойств горных пород на исследуемом участке. По результатам этих испытаний определяются вид и параметры уравнения состояния горных пород для конкретных условий.

Изучение вопросов сдвигения горных пород и земной поверхности аналитическим методом связано с привлечением обширного математического аппарата и требует большой схематизации процессов сдвижений и деформаций толщи пород. При этом не учитывается влияние трещиноватости, слоистости, неоднородности механических свойств пород по разным направлениям, что значительно затрудняет разработку инженерных методов расчета и применение их в конкретных горно-геологических условиях. Применение аналитического метода исследований с абстрагированием от

ряда особенностей строения и прочностных характеристик изучаемой среды позволяет прогнозировать характер и ориентировочные показатели процесса сдвижений и деформаций толщи пород и земной поверхности, а также способствует созданию теоретических положений процесса.

Таким образом, ни один из перечисленных методов исследований не является универсальным для изучения всех вопросов сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности. Только применение комплексных исследований (натурных, лабораторных и аналитических) позволяет успешно решать поставленные задачи.

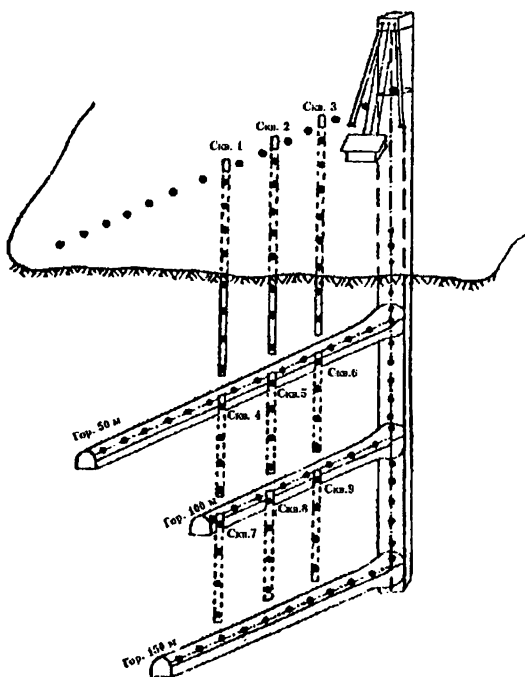
#### 14.1.6. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СДВИЖЕНИЕМ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД

С целью изучения характера и измерения величин сдвижения толщи пород на земной поверхности в кровлю, подошву и стенки подземной выработки, в скважины, пробуренные с земной поверхности или подземных горизонтов, закладывают реперы.

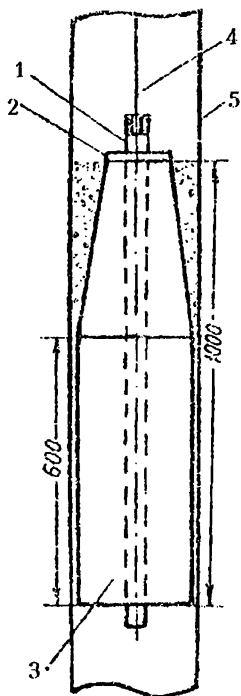
При наличии на шахте (руднике) нескольких горизонтов для наблюдений за деформациями промежуточной толщи пород используют выработки этих горизонтов, а также вертикальные и наклонные выработки между горизонтами. Проходка специальных горных выработок для наблюдений связана с дополнительными затратами и производится в редких случаях. Наиболее полные сведения о процессе сдвижения горных пород получают при производстве инструментальных измерений на комплексных наблюдательных станциях, заложенных на нескольких горизонтах и земной поверхности в одной вертикальной плоскости (рис. 14.5). Профильные линии реперов в кровле подготовительных и очистных выработок позволяют следить за оседаниями пород кровли в процессе ведения горных работ. Для изучения процесса пучения пород закладывают линии реперов в подошве и в стенках выработки в зависимости от ее расположения относительно склонного к пучению пласта породы.

В условиях разработки пластов крутого падения для измерения сближений боковых пород (почвы, кровли) применяют парные реперы – реперы, закрепляемые в висячем и лежачем боках или почве и кровле выработки один против другого. По парным реперам с помощью распорных измерительных стоек (колонок) ведут наблюдения за сближением пород по мере развития горных работ.

**Рис. 14.5.** Схема комплексной наблюдательной станции в горных выработках, скважинах и на земной поверхности



Для изучения сдвижения толщи горных пород большое распространение получило применение буровых скважин. Идея использования скважин в этих целях была выдвинута и реализована Д.Н. Оглоблиным, П.А. Манукяном, Г.Г. Нестеренко, И.М. Петуховым. В характерные точки массива бурят с земной поверхности или из горных выработок скважины, в которых закрепляют так называемые глубинные реперы. Глубинный репер представляет собой металлический патрубок (деревянный клин), который цементируется или прочно расклинивается в скважине (рис. 14.6). От репера по скважине выводится на поверхность или в горную выработку стальной тросик (проволока). На тросике укрепляется метка, перемещение которой относительно устья скважины в процессе сдвижения пород периодически фиксируется. Таким образом определяется сдвижение глубинного репера и, следовательно, того слоя породы, в котором он закреплен. Одновременно с измерениями смещений глубинных реперов относительно устья скважины определяют сдвижение устья относительно репера, расположенного вне зоны сдвижения земной поверхности. Если устье скважины расположено в пределах зоны возможных обрушений зем-



**Рис. 14.6. Конструкция глубинного механического репера:**

1 – металлическая трубка; 2 – шайба (приваривается); 3 – деревянная часть репера; 4 – проволока; 5 – скважина

ной поверхности, то устанавливают дополнительный кронштейн за пределами этой зоны и организуют дистанционные наблюдения за оседанием устья скважины с помощью стационарно закрепленной нивелирной рейки. В необходимых случаях осуществляют регистрацию сдвижений глубинных реперов относительно устья скважины, используя взамен противовеса специальные барабаны с пружинным устройством и непрерывной записью смещения реперов во времени.

Для более детального изучения деформационных процессов применяются глубинные реперы без механических связей.

Если при механических связях одну скважину можно снарядить 5–7 реперами, то без механических связей в скважине можно разместить значительно больше реперов. Кроме того, такой метод наблюдений за смещениями позволяет производить обсадку скважин в слабых породах для предотвращения деформирования их стенок, часто приводящего к зажатию проволочных или штанговых связей.

В таких случаях в качестве реперов применяют источники радиоактивных излучений или просто отрезки металлических труб, а положение репера по мере смещения определяется при помощи специальных датчиков.

При применении радиоактивных реперов положение их в скважине определяется при помощи геофизической аппаратуры, где датчиком является радиометр, регистрирующий интенсивность гамма-излучения репера. Для измерения расстояния используется кабель регистрирующей аппаратуры, пропускаемый через глубиномерную установку или, для более точного определения положения репера, в комплекте с радиометрической аппаратурой применяется дальномер ДА-2 (радиометр подвешивается к стальной проволоке дальномера). Этот метод позволяет проводить наблюдения в скважинах глубиной до 300 м.

Радиоактивный репер представляет собой стальную пулю, в которой помещено радиоактивное вещество (обычно твердое). Для установки репера в скважине применяют скважинный перфоратор, при помощи которого репер заглубляется в породу (прострелом). В одной скважине можно установить большое количество реперов с расстоянием между ними не менее 1 м. После установки радиоактивных реперов в скважине проводят гамма-каротаж с целью определения исходного положения радиоактивных реперов на горизонтах прострела, установления оптимального режима записи каротажной кривой на различных участках скважины. Дальнейшие наблюдения состоят в периодическом проведении гамма-каротажа по скважине в период сдвигания толщи пород и определении смещений по глубине скважины пикета каротажной кривой, соответствующих смещениям радиоактивных реперов. Одновременно с каротажем ведут определения смещений устьев скважины. Суммирование смещений устья скважины и пиков кривых гамма-каротажа относительно устья позволяет определять абсолютные смещения реперов.

Основные трудности, которые возникают при применении радиоактивных реперов, связаны с обеспечением требуемого заглубления их в породу. Кроме того, для фиксирования точки с максимальной интенсивностью излучения, которая принимается в качестве исходной при определении смещения репера, необходимо измерять интенсивность радиоактивного поля в сравнительно большом числе точек в окрестностях репера (для построения графика, позволяющего определить точку с максимальным значением интенсивности радиоизлучения). Известные трудности связаны также с изготовлением радиоактивных реперов и обращением с ними. Эти недостатки устраняются при применении для определения положения реперов магнитогерконовых датчиков.

Метод определения положения реперов в скважине при помощи магнитогерконовых датчиков разработан в Уральском филиале ВНИМИ И.А. Петуховым, В.П. Самариным и В.К. Шляхецким.

Датчик состоит из магнитоуправляемого герметизированного контакта (геркона) и постоянного магнита. Геркон представляет собой две пластинки из ферромагнитного материала, запаянные в стеклянный баллон диаметром 3–4 мм и длиной 20–40 мм. Контакты геркона в магнитном поле постоянного магнита замкнуты. При попадании в магнитное поле датчика металлического репера по-

следний, являясь магнитоактивной массой, ослабляет напряженность поля между герконом и постоянным магнитом и контакты геркона размыкаются. Для измерения расстояния до репера достаточно зафиксировать две точки срабатывания датчика.

Репер представляет собой металлический цилиндр (отрезок трубы) длиной  $150 < 400$  мм, к наружным стенкам которого прикрепляются (клепкой или сваркой) 4–6 фигурных пластинчатых пружин. Диаметр репера по концам пружин превышает диаметр скважины.

Доставка реперов к местам установки осуществляется при помощи полихлорвинилового става труб, на котором размещаются на требуемом расстоянии реперы. Став полихлорвиниловых труб наращивается на резьбе по мере опускания (проталкивания) его в скважину отрезками различной длины. Каждый отрезок трубы имеет на одном конце фланец, под который подводится репер, надеваемый на трубу с другого ее конца "усадки" пружины в сторону фланца. При проталкивании става труб с реперами по скважине фланцы упираются в торцы реперов. При окончании подачи става труб реперы фиксируются за счет усилия распора пластинчатых пружин, а став труб несколько приподнимается (или опускается, если скважина пробурена снизу вверх), чтобы освободить реперы от связи с трубой и тем самым исключить ее влияние на смещение реперов.

Для измерения расстояния до репера магнитогерконовый датчик пропускается по ставу труб. По сигналам, поступающим от датчика на измерительную станцию, регистрируется расстояние до обоих концов репера. Разность измеренных расстояний должна быть равной длине репера. Точность измерения смещений, как показали экспериментальные работы на шахтах Донбасса, составляет  $\pm 0,5$  мм.

Радиометрические наблюдения методом гамма-гамма-каротажа позволяют следить за разрыхлением и расслоением пород. Сущность метода состоит в том, что в скважинном глубинном приборе (зонде) помещают источник гамма-излучения и индикатор его интенсивности, разделенные свинцовым экраном. Индикатор интенсивности гамма-излучения фиксирует ослабленное экраном прямое гамма-излучение источника и рассеянное гамма-излучение пород, окружающих индикатор в скважине. Эффект рассеяния гамма-излучения от источника проявляется в различной степени для сред

разной плотности. Таким образом, когда зонд при перемещении по скважине проходит слои пород, имеющие разную плотность, соответственно плотностям пород меняется эффект рассеяния гамма-излучения, что фиксируется на каротажной диаграмме. Отражая плотность горных пород, метод гамма-гамма-каротажа позволяет определять и изменения плотности при разрыхлении пород в процессе их сдвигения, а также устанавливать участки толщи, где происходит расслоение пород при сдвигении. С помощью этого метода можно следить за изменением и развитием во времени процесса разрыхления и расслоения толщи пород над выработкой. Медленно протекающие процессы в массиве горных пород, такие, как формирование зоны опорного давления, перераспределение напряжений вокруг выработок, изменение давления на целики или крепь, обуславливают развитие деформаций и смещений, в том числе неупругих деформаций и деформаций с разрывом сплошности, изучение и наблюдение за которыми имеет большое значение для решения задач, связанных с креплением горных выработок, прогнозом и предупреждением динамических проявлений горного давления и др. К настоящему времени разработано довольно большое число приборов, предназначенных для измерения смещений и деформаций горных пород в массиве. По способу регистрации деформаций и смещений все эти приборы условно можно разделить на механические и тензометрические. В группу механических входят измерительные стойки, называемые иногда конвергометрами, рассмотренные выше глубинные реперы. К тензометрическим относятся различного типа деформометры, в которых в качестве чувствительных элементов использованы электрические тензометры.

#### 14.1.7. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

**П**од наблюдательной станцией понимается совокупность реперов, заложенных по определенной схеме на земной поверхности, в сооружениях или подземных выработках с целью проведения наблюдений за сдвижением и деформациями земной поверхности, сооружений или горных пород в толще. Наземные наблюдательные станции подразделяются на типовые и специальные.



Типовые наблюдательные станции закладываются для определения параметров процесса сдвижения, установления характера распределения сдвижений и деформаций земной поверхности в мульде сдвижения, а также характера их накопления при выемке свиты пластов или одного пласта на нескольких горизонтах. Срок существования станции – от одного года до нескольких десятилетий. При выборе места закладки станции предусматривается возможность реконструкции ее и дозакладки или продления профильных линий по мере развития горных работ.

Специальные наблюдательные станции предназначены для детального изучения отдельных вопросов, связанных со сдвижением горных пород и земной поверхности (особенно в сложных условиях залегания пластов), охраной конкретных сооружений, природных объектов и пр. Такие станции закладываются, в частности, для определения условий и мест образования сосредоточенных деформаций (уступов и трещин), установления взаимосвязи грунта и сооружений при подработке, контроля соответствия фактических деформаций расчетным, исследования характера накопления деформаций при многократном оконтуривании предохранительных целиков, установления зависимости получаемых величин деформаций от длины измеряемых интервалов, определения величин сдвижений и деформаций не в главных сечениях мульды сдвижения, а также с целью изучения влияния деформаций земной поверхности и горных пород на фильтрационные свойства толщи и состояние почвенного (растительного) слоя.

К специальным можно отнести также кратковременные наблюдательные станции, предназначенные для получения некоторых показателей процесса сдвижения по данным частотных наблюдений, в том числе таких параметров, как скорость оседаний и горизонтальных сдвижений, продолжительность всего процесса сдвижения и его отдельных стадий, интенсивность развития вертикальных и горизонтальных деформаций.

Весь цикл работ, связанных с производством наблюдений, включает в себя: составление проекта станций, разбивку станций в натуре, закладку реперов, привязку (плановую и высотную) станций к опорной геодезической сети, производство наблюдений и камеральную обработку результатов наблюдений.

Проект наблюдательной станции должен включать графическую часть и пояснительную записку. Графическая часть должна состо-

ять из плана наблюдательной станции в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000 или 1:5000, геологических разрезов по профильным линиям (в том же масштабе, что и план станции) и чертежей конструкции реперов.

На план наносят: рельеф земной поверхности, пройденные и проектируемые горные выработки. Выходы под наносы пластов угля, тектонических нарушений и осевых поверхностей складок, наличие пльвунов, карстов, естественных полостей. Сооружения и объекты, расположенные на земной поверхности, подземные коммуникации, границы предохранительных целиков, профильные линии и все реперы, как грунтовые, так и закладываемые в сооружения.

Геологические разрезы составляются с использованием данных по ближайшим геологическим скважинам и горным выработкам. Особое внимание необходимо уделять уточнению мощности наносов и меловых отложений, положению мощных крепких слоев пород, расположению горных выработок, в том числе старых, карстов, естественных полостей, тектонических нарушений и других плоскостей ослабления массива (нерабочие угольные пласты, слабые глинистые прослойки). На разрез наносят все рабочие и опорные реперы профильной линии.

В пояснительной записке указывают цель наблюдений, проводят краткую геологическую и горно-техническую характеристики участка, обосновывают конструкцию наблюдательной станции, ее местоположение, число и направление профильных линий, их длины, интервалы между реперами, число реперов и необходимый для их закладки материал (металл, цемент, песок). Приводят методику и периодичность наблюдений с соответствующим обоснованием, способ привязки станций к опорной геодезической сети, указывают требуемую точность измерений, необходимые приборы и инструменты.

Все материалы к проекту наблюдательной станции должны быть оформлены и утверждены в установленном порядке.

Конструкции реперов, методики наблюдения на станциях и обработки полученных данных изложены в инструкциях по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями при подземной разработке угольных и рудных месторождений (У, Р). Ниже рассматриваются характерные особенности конструктивного оформления наблюдательных станций и производства наблюдений на них.

**Типовая наблюдательная станция** должна состоять не менее чем из двух профильных линий вкрест простирания и одной по простиранию пласта при подвигании забоя в направлении простирания и не менее чем из двух линий по простиранию пласта и одной вкрест простирания при подвигании забоя по восстанию или падению. Длины профильных линий определяются в зависимости от угла падения пласта [13]. Полная серия наблюдений на станции состоит из нивелирования всех реперов, измерения расстояний между ними по профильным линиям и съемки трещин, образовавшихся на земной поверхности, с указанием времени их появления и величины раскрытия. Начальное положение реперов определяется как среднее арифметическое из двух наблюдений, проводимых до подработки наблюдательной станции с интервалом не более 5 дней. Сроки последующих наблюдений устанавливаются в зависимости от решаемых задач. Если необходимо получить только конечные величины параметров сдвига и характер распределения в мульде сдвига, достаточно провести еще два наблюдения. Если требуются данные о развитии процесса сдвига, дополнительно проводят не менее четырех наблюдений.

**Специальные наблюдательные станции на земной поверхности** закладывают при подработке следующих объектов:

- гражданских жилых и общественных зданий (домов, школ, больниц, домов культуры и т.д.);
- промышленных зданий (заводских цехов, обогатительных фабрик, надшахтных зданий и т.д.);
- линий железных дорог и транспортных сооружений (мостов, путепроводов, газопроводов и нефтепроводов);
- инженерных сооружений (водонапорных башен, дымовых труб, шахтных копров, электроподстанций, опор линий передачи);
- санитарно-технических сетей (водопроводов, канализационных сетей);
- водных объектов (рек, каналов, водохранилищ, хвостохранилищ);
- действующих карьеров, склонов гор, на которых могут возникать оползни;
- других объектов.

Конструкции специальных наблюдательных станций и расстояния между рабочими реперами на них выбираются в зависимости от объекта наблюдения и поставленной задачи.

Для наблюдений за подрабатываемыми отдельными зданиями закладывают стенные реперы, а также грунтовые реперы, располагаемые вдоль стен здания напротив стенных на расстоянии 2–3 м от фундамента. Для уточнения величин сдвижений и деформаций земной поверхности вблизи подрабатываемых зданий закладывают профильные линии грунтовых реперов.

Наблюдения за подрабатываемыми зданиями и сооружениями проводят с целью своевременного принятия мер, предотвращающих аварийные ситуации, сравнения ожидаемых и фактических деформаций конструкций.

Наблюдениями за зданиями определяют неравномерность оседания фундаментов, фиксируют трещины и другие повреждения конструкции. Оседания фундаментов зданий определяют по результатам нивелирования стенных реперов, которые закладываются по всему наружному периметру через 6–12 м, на каждой стороне здания закладывают не менее трех реперов.

Для наблюдения за изменением ширины раскрытия трещин устанавливают маяки из гипса или цементно-песчаного раствора. Для непосредственного измерения ширины раскрытия трещин применяют щупы, штангенциркуль, стальную линейку и другие приспособления.

Трещины в недоступных местах фиксируют и измеряют дистанционно, например, фотограмметрическим способом.

При подработке промышленных зданий, сооружений, имеющих ответственные агрегаты, например, мостовые краны, сложные станки, механизмы и другое оборудование, необходимо наблюдать за изменением их положения в плане и по высоте. При наблюдениях за подкрановыми путями мостовых кранов проводят нивелировку головок рельсов, измерение ширины колеи и зазоров на стенках рельсов. Измерение ширины колеи производят стальной компарированной рулеткой или специальными механическими приборами. На колоннах несущих подкрановых путей устанавливают стенные реперы, по которым проводят нивелировку и измерение длин в продольном и поперечном направлениях.

В фундаментах станков и другого оборудования закладывают не менее четырех реперов и выполняют нивелирование, позволяющее определять наклоны фундаментов в любых направлениях. При появлении трещин в фундаментах устанавливают маяки и проводят наблюдения за изменением размеров трещин.

При частичной или полной обработке околоствольных предохранительных целиков и оконтуривании целика очистными выработками проводят наблюдения за надшахтным зданием и зданием подъемной машины, а также за сдвижением земной поверхности в районе охраняемых сооружений. Наблюдения включают следующие виды работ:

- нивелирование стенных реперов в надшахтном здании и здании подъемной машины;
- нивелирование стенных реперов или марок, установленных на уклонах копра и фундаменте подъемной машины. В качестве реперов можно использовать анкерные болты;
- наблюдение за наклоном копра и вала подъемной машины;
- контрольные измерения углов девиации подъемных канатов при верхнем положении клетки (на приемочной площадке);
- нивелирование реперов и измерение расстояний между реперами на профильных линиях, заложенных на земной поверхности.

Для того, чтобы получить данные о развитии сдвижений и деформаций земной поверхности охраняемых объектов, профильные линии закладывают по возможности перпендикулярно к фронту подвигания очистных выработок в целике и через середины охраняемых объектов.

При подработке железных дорог закладывают наблюдательные станции, включающие:

- профильные линии грунтовых реперов в главных сечениях мульды сдвижения для определения параметров процесса сдвижения земной поверхности и корректировки расчетных, принятых в проекте подработки величин сдвижений и деформаций земной поверхности под полотном железной дороги;
- линии грунтовых реперов вдоль основания полотна железной дороги у нижнего основания насыпи;
- линии реперов, помеченных на головках рельсов через 10–20 м.

Одновременно с наблюдениями за смещением реперов (нивелирование и измерение расстояний между реперами) проводят измерения зазоров в стыках рельсов.

При подработке трубопроводов проводят наблюдения за сдвижением земной поверхности в зоне трубопровода, напряженно-де-

формированным и техническим состоянием его. На расстоянии 1,5–2,0 м от трубопровода, вдоль него закладывают грунтовые реперы через 10–15 м. Инструментальные наблюдения включают нивелировку и измерение расстояний между реперами.

В случае подработки наземного трубопровода дополнительно закладывают реперы на трубопроводе и его опорах. Для этого используют приваренные к трубопроводу отрезки уголка, труб и т.д., расположенные напротив грунтовых реперов.

Для наблюдений за состоянием подземных трубопроводов в зонах наибольших ожидаемых деформаций земной поверхности их вскрывают специальными колодцами, шурфами и траншеями, которые при секционных трубопроводах располагают в местах стыковых соединений. В местах вскрытия оборудуются измерительные станции.

Одновременно с инструментальными наблюдениями проводят визуальное обследование трассы трубопровода. При этом фиксируют утечки транспортируемой жидкости, взаимное перемещение грунта (опор) и труб, а также другие видимые проявления подработки трубопровода и земной поверхности.

При подработке водохранилищ, хвостохранилищ, прудов и других водных объектов, имеющих искусственные сооружения в виде плотин, дамб, водосливных устройств и т.д., выполняют инструментальные и визуальные наблюдения за состоянием этих сооружений. Инструментальные наблюдения (нивелирование, замеры расстояний) выполняют по реперам, заложенным по верхнему гребню и у основания плотин и дамб. Визуально фиксируют все видимые проявления деформаций в сооружениях и горных выработках (трещины, просадки, просачивание воды и т.п.).

### **Наблюдения за состоянием вертикальных стволов**

Наблюдения за состоянием вертикальных шахтных стволов проводят после ввода их в эксплуатацию при оконтуривании очистными выработками предохранительных целиков под стволы; частичной или полной выемки околоствольных целиков, а также обнаружении признаков деформирования крепи и армировки.

Наблюдения за состоянием шахтных стволов включают обследование состояния крепи и армировки ствола методом осмотра с фиксацией нарушений (изменений, отклонений); инструментальные наблюдения по переопределению отметок подходных пунктов

полигонометрии и осевых реперов, расположенных вблизи устьев стволов; инструментальные наблюдения на долговременных комплексных наблюдательных станциях.

Методика работ и периодичность их проведения установлены Инструкцией. Результаты обследования оформляют актом, который утверждается главным инженером горного предприятия, с приложением соответствующей графической документации.

В соответствии с Инструкцией (пункт 5.15) по данным наблюдений на долговременных комплексных наблюдательных станциях:

- а) разрабатывают и осуществляют меры по охране ствола, если оседание земной поверхности у его устья может превысить 50 мм или ожидаемые по результатам наблюдений горизонтальные и вертикальные деформации крепи превысят допустимые значения;
- б) уточняют размеры зоны влияния на ствол, прогнозируемые оседания земной поверхности и вертикальные деформации крепи по данным наблюдений наблюдательной станции на земной поверхности;
- в) уточняют место и время введения конструктивных мер защиты крепи и армировки стволов по данным наблюдательной станции в стволе;
- г) определяют необходимость и устанавливают сроки наладочных работ подъемного комплекса по данным нивелирования анкерных болтов рамы подъемной машины, вала барабана, результатам определения угла девиации и профилировки проводников;
- д) корректируют прогнозируемое искривление ствола по результатам профилировки стенок ствола;
- е) проверяют состояние рельсовых проводников ствола и производят их укорачивание с учетом данных об оседаниях земной поверхности у устья ствола.

#### 14.1.8. РАСЧЕТ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТСУТСТВИИ СДВИЖЕНИЯ ПОРОД ЛЕЖАЧЕГО БОКА

**Р**асчет сдвижений и деформаций земной поверхности производится с целью установления ожидаемой степени повреждения зданий, сооружений и других объектов, расположенных в зоне влияния подземных разработок. На основе расчетных данных уста-

навливаются возможность подработки, разрабатываются защитные мероприятия и определяются ориентировочные затраты на ремонтные работы. Расчет сдвижений и деформаций при разработке одного пласта осуществляется в тех случаях, когда глубина горных работ меньше безопасной, но больше предельной, т.е. имеется возможность на основании предварительного расчета отказаться от оставления предохранительного целика, предусмотрев соответствующие меры, снижающие воздействие процесса сдвижения на подрабатываемые объекты. При совместной разработке свит пластов, для которых безопасную глубину определить затруднительно, расчет деформаций производится во всех случаях.

В зависимости от полноты исходных данных и получаемых результатов существующие методики расчета можно условно разделить на полные и сокращенные или, как их часто называют, упрощенные. Полными методиками расчета определяются ожидаемые значения деформаций во всех точках мульды сдвижения, упрощениями – вероятные значения максимальных деформаций. Исходными данными при всех методиках расчета являются мощность, глубина залегания и угол паления разрабатываемых пластов. Для расчета по полной методике необходимо располагать рядом дополнительных сведений о горно-геологических условиях разработки пластов, в частности, о размерах и местоположении очистных выработок, очередности отработки лав и пластов. Эти сведения содержатся обычно в календарных планах развития горных работ.

По степени обоснованности расчетных формул и способам их получения методы расчета подразделяются на теоретические, эмпирические и полумэмпирические. Теоретические методы базируются преимущественно на уравнениях, используемых в механике сплошной среды, при этом массив горных пород принимается как упругая, пластичная, вязкая, сыпучая или другая идеализированная среда. Но поскольку принимаемые допущения не всегда правомерны, а попытки более строго описать состояние и поведение такой сложной среды, как массив горных пород, приводят к весьма громоздким формулам с большим количеством трудно определяемых характеристик, эти методы для инженерных расчетов применяются редко. В практике горного дела используются, в основном, эмпирические и полумэмпирические методы расчета. Эмпирические методы базируются на зависимостях, полученных непосредственно из результатов инструментальных наблюдений в натуральных условиях,



полуэмпирические – на зависимостях, установленных на основании обобщений, теоретических соображений и математических аналогий, числовые значения коэффициентов в которых определяются по данным натурных наблюдений.

В России и странах СНГ наибольшее распространение получил полуэмпирический метод расчета – метод типовых кривых. Этим методом можно определять ожидаемые величины сдвижений и деформаций земной поверхности в следующих условиях:

а) кратность подработки  $H/m$  ( $H$  – средняя глубина разработки;  $m$  – вынимаемая или эффективная мощность пласта) за пределами зоны провалов и крупных трещин;

б) угол падения пласта – от 0 до 70°, в Кузбассе – от 0 до 90°;

в) управление кровлей – полное обрушение или закладка выработанного пространства.

К числу особенностей метода расчета следует отнести и то, что сдвигения и деформации определяются в главных сечениях мульды при закончившемся процессе сдвижения.

Расчет оседаний точек мульды сдвижения является основным для всех дальнейших расчетов, так как наклон, кривизна, горизонтальные сдвигения и деформации находятся в зависимости от оседаний.

Примем точку  $O$  максимального оседания за начало координат и направим ось  $X$  горизонтально по земной поверхности, а ось  $Y$  – по вертикали вниз (рис. 14.7). По оси  $X$  будем откладывать расстояния точек от начала координат, по оси  $Y$  – величины оседаний точек  $\eta_x$  и получим натуральную кривую оседаний точек. Кривая оседаний точек полумульды может быть выражена функцией вида  $\eta_x = f(x)$ ,

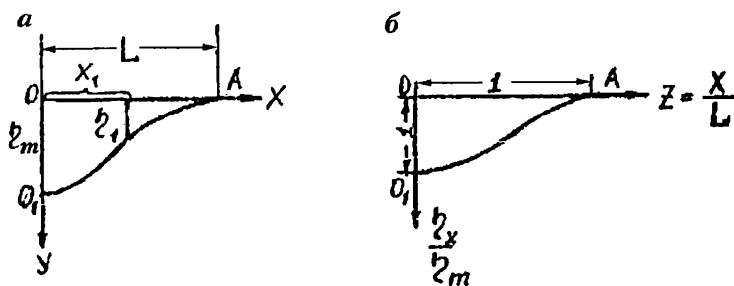


Рис. 14.7. Система координат для натуральной (а) и безразмерной (б) кривых оседаний

которая зависит в основном от вынимаемой мощности, угла падения и глубины залегания угольного пласта, а также от размеров выработанного пространства. Из-за различия горно-геологических условий построенные натуральные кривые оседаний трудно сопоставимы между собой. Поэтому вместо натуральных кривых строят безразмерные кривые оседаний, которые получаются, если по оси  $X$  откладывать отношение  $x/L$ , а по оси  $Y$  – отношение  $\eta_x/\eta_m$ . Для безразмерной типовой (усредненной) кривой можно записать

$$\frac{\eta_x}{\eta_m} = \varphi\left(\frac{x}{L}\right) = S(Z_x) \text{ или } \eta_x = \eta_m S(Z_x), \quad (14.5)$$

где  $\eta_x$  – оседание в точке с абсциссой  $X$ ;  $\eta_m$  – максимальное оседание;  $L$  – длина полумульды;  $Z = x/L$ .

Таким образом, если известны величина  $\eta_m$  и безразмерная функция  $S(Z_x)$ , можно определить величину оседаний  $\eta_x$  в любой точке с абсциссой  $X$ . Функция распределения оседаний  $S(Z_x)$  может быть задана в виде степенной, тригонометрической функции, функции Гаусса или в других аналитических выражениях. Однако наиболее удобным для практического использования оказалось табличное задание функции.

Второй сомножитель в формуле (14.5) – максимальное оседание мульды сдвижения  $\eta_m$ , на величину которого оказывает влияние угол падения и мощность вынимаемого пласта, а также коэффициенты подработанности земной поверхности:

$$\eta_m = q_0 m \cos \alpha N_1 N_2, \quad (14.6)$$

где  $q_0$  – отношение величины максимального оседания  $\eta_0$  земной поверхности к вынимаемой (считая по нормали) или эффективной мощности  $m$  пласта при полной подработке, горизонтальном залегании пласта и закончившемся процессе сдвига;  $\alpha$  – угол падения угольного пласта;  $N_1 = \sqrt{n_1}$  и  $N_2 = \sqrt{n_2}$ , где  $n_1$  и  $n_2$  – коэффициенты подработанности земной поверхности.

Наклоны  $i_x$  в любых точках главных сечений мульды определяются уравнением

$$i_x = \frac{\eta_m}{L} S'(Z_x) = \frac{\eta_m}{L} F(Z_x), \quad (14.7)$$

а кривизна

$$k_x = \frac{\eta_m}{L^2} S''(Z_x) = \frac{\eta_m}{L^2} F'(Z_x). \quad (14.8)$$

Горизонтальные сдвигения точек в главных сечениях мульды определяются из уравнения

$$\xi_x = 0,5a_0\eta_m F(Z_x), \quad (14.9)$$

где  $a_0$  – отношение величины максимального горизонтального сдвигения к максимальному оседанию при полной подработке, горизонтальном залегании пласта и закончившемся процессе сдвигения.

Горизонтальные деформации (сжатие и растяжение) в главных сечениях мульды определяются из уравнения

$$\varepsilon_x = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L} F'(Z_x). \quad (14.10)$$

Значения функций  $S(Z_x)$ ,  $F(Z_x)$  и  $F'(Z_x)$  приводятся для различных месторождений и бассейнов в Правилах охраны [13].

Расчеты сдвижений и деформаций выполняются в следующей последовательности.

1. Строятся геологические разрезы по главным сечениям мульды сдвигения, на которые наносятся ранее пройденные и проектируемые выработки, тектонические нарушения. Определяют размеры выработок и глубины их расположения, а также размеры межглавных целиков.
2. На основе методических или нормативных документов определяют исходные параметры процесса сдвигения (коэффициенты  $q_0$ ,  $a_0$ , граничные углы, угол максимального оседания, углы полных сдвижений).
3. Исходя из размеров выработок и глубин их расположения, определяют коэффициенты подработанности земной поверхности.
4. Рассчитывают величины максимального оседания.
5. По граничным углам, углам полных сдвижений или углу максимального оседания определяют длины полумульд по падению, восстанию и простиранию пласта. Каждая полумульда делится на 10 равных частей.

6. Рассчитываются величины наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и деформаций, оседаний в точках деления полумульд и функции распределения.
7. На основе расчетов строятся графики сдвижений и деформаций.

#### 14.1.9. УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И МЕРЫ ИХ ОХРАНЫ

**О**пределение условий безопасной подработки зданий, сооружений и выбор мер их охраны основываются на сравнении расчетных деформаций земной поверхности с допустимыми и предельными для обрабатываемых объектов.

Все здания в зависимости от их конструктивных особенностей, назначения, восприимчивости к деформациям земной поверхности, особенностей эксплуатации и другим показателям разделяются на разряды (для гражданских зданий – 4 разряда, для промышленных – 5), которые регламентируют допустимые и предельные деформации.

**Допустимыми деформациями** земной поверхности (основания сооружений) считают деформации, которые могут вызвать повреждения в сооружениях, устранимые текущим ремонтом и наладочными работами с последующей их эксплуатацией по прямому назначению.

**Предельными деформациями** земной поверхности (основания сооружений) считают деформации, превышение которых может вызвать аварийное состояние сооружений, повлечь угрозу опасности для жизни людей, находящихся в них.

Условия безопасной первичной подработки объектов определяются безопасной глубиной разработки  $H_6$ , устанавливаемой по допустимым деформациям.

Различают ожидаемые, вероятные и расчетные сдвижения и деформации.

**Ожидаемые сдвижения и деформации** – сдвижения и деформации, определяемые в условиях, когда имеются календарные планы развития горных работ и известны необходимые для расчетов исходные данные. Сдвижения и деформации, определяемые при отсутствии календарных планов развития горных работ, называют вероятными.

**Расчетные сдвигения и деформации** – сдвигения и деформации, получаемые умножением ожидаемых или вероятных сдвижений и деформаций на коэффициенты перегрузки, значения которых приведены в [13].

**Безопасной глубиной** разработки называют такую глубину, ниже которой горные работы не вызывают в сооружениях деформаций, более допустимых. Ниже безопасной глубины горные работы могут производиться без применения мер охраны зданий и сооружений.

Безопасная глубина определяется по условиям допустимых горизонтальных деформаций  $\epsilon_d$  и допустимых наклонов  $i_d$ :

$$H_6 = K_\epsilon \frac{m}{[\epsilon_d]}; \quad (14.11)$$

$$H_6 = K_i \frac{m}{[i_d]},$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $[\epsilon_d]$  и  $[i_d]$  – допустимые горизонтальные деформации и наклоны, определяемые для зданий и сооружений расчетным путем;  $K_\epsilon$  и  $K_i$  – коэффициенты, определяемые для каждой группы месторождений (бассейна).

Для линий электропередачи и наклонных шахтных стволов, для которых установлены коэффициенты безопасности  $K_6$ , безопасная глубина  $H_6$  определяется по формуле

$$H_6 = K_6 m. \quad (14.12)$$

При разработке свиты пластов безопасная глубина подсчитывается отдельно для каждого пласта свиты (как для одиночного) по его мощности, если:

- разрыв во времени между отработкой пластов превышает общую продолжительность процесса сдвижения;
- деформации от разработки каждого пласта меньше допустимых, а повреждения от предыдущих подработок полностью ликвидированы;
- принятые схема и порядок отработки пластов не дают одностороннего накопления деформаций.

Для оценки условий предельной подработки используется предельная глубина разработки – глубина, выше которой горные рабо-

ты могут вызывать появление предельных деформаций в зданиях и сооружениях.

Предельная глубина, определяется по формулам, если для охраняемого объекта в качестве предельных приняты:

горизонтальные деформация –

$$H_{\text{п}} = K_{\epsilon} \frac{m}{[\epsilon_{\text{п}}]}, \quad (14.13)$$

наклоны –

$$H_{\text{п}} = K_i \frac{m}{[i_{\text{п}}]}, \quad (14.14)$$

где  $[\epsilon_{\text{п}}]$  – предельно допустимые горизонтальные деформации;  $[i_{\text{п}}]$  – предельно допустимые наклоны.

Допустимым и предельным деформациям земной поверхности для жилых и общественных зданий соответствуют допустимые и предельные величины показателя суммарных деформаций, определяемые по формулам:

$$[\Delta l_{\text{д}}] = [\Delta l_{\text{д}}]_{\text{н}} n_1 n_2 n_3 n_4 n_5, \quad (14.15)$$

$$[\Delta l_{\text{п}}] = [\Delta l_{\text{п}}]_{\text{н}} n_1 n_2 n_3 n_4 n_5, \quad (14.16)$$

где  $[\Delta l_{\text{д}}]_{\text{н}}$ ,  $[\Delta l_{\text{п}}]_{\text{н}}$  – нормативные допустимый и предельный показатели суммарных деформаций, определяемые в зависимости от назначения гражданских зданий и их этажности, мм;  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  – коэффициенты, учитывающие соответственно: грунтовые условия; материал и толщину стен; износ кирпичных и шлакоблочных стен; наличие жестких перекрытий; форму здания в плане (Г-образную, Т-образную, П-образную и т.п.).

При деформациях земной поверхности без уступов расчетный показатель суммарных деформаций  $\Delta l$ , мм, определяется по формуле

$$\Delta l = l \sqrt{m_{\epsilon}^2 \epsilon^2 + m_{\text{к}}^2 \frac{H_3^2}{R^2}}, \quad (14.17)$$

где  $l$  – длина здания (отсека), мм;  $m_\epsilon$ ,  $m_k$  – коэффициенты условия работы, осредняющие соответственно горизонтальные деформации и кривизну по длине здания;  $\epsilon$  и  $R$  – расчетные величины горизонтальной деформации (безразмерные) и радиуса кривизны, м;  $H_3$  – высота здания от подошвы фундамента до верха карниза, м.

Допустимые  $[\epsilon_d]$  и предельные  $[\epsilon_n]$  горизонтальные деформации для гражданских зданий определяются по формуле

$$[\epsilon] = \frac{[\Delta l]}{1,2m_\epsilon l}, \quad (14.18)$$

где  $[\Delta l]$  – допустимая или предельная величина показателя суммарных деформаций;  $m_\epsilon$  – коэффициент условий работы, определяющий горизонтальные деформации по длине здания;  $l$  – длина здания (отсека), м.

Для промышленных зданий с размещенным в них оборудованием допустимые и предельные деформации определяются отдельно для зданий и для оборудования. Меры охраны устанавливаются по наименьшим допустимым.

Допустимые и предельные деформации определяются по формуле

$$[\epsilon] = [\epsilon]_н n_1 N_1, \quad (14.19)$$

где  $[\epsilon]_н$  – нормативная величина допустимых или предельных горизонтальных деформаций земной поверхности;  $N_1$  – коэффициент, учитывающий состояние здания к моменту его подработки (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное, ветхое).

Нормативная величина допустимых (предельных) горизонтальных деформаций земной поверхности для промышленных зданий учитывает: конструктивную схему здания, его размеры; тип, конструкции фундамента; условия работы и некоторые другие конструктивные и эксплуатационные особенности.

В качестве показателей допустимости подработки инженерных сооружений, технического оборудования и санитарно-технических сетей принимаются горизонтальные (растяжение, сжатие) или вертикальные (наклон, кривизна) деформации в зависимости от чувствительности обрабатываемого объекта к деформациям.

Для решения вопроса о выемке под объектом угля между безопасной и предельной глубинами необходимо определить расчетные

величины деформаций (расчетный показатель суммарных деформаций) и рассмотреть варианты применения мер охраны, обеспечивающих безопасную эксплуатацию объекта.

В соответствии с Инструкцией о порядке утверждения мер охраны зданий и сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок, утвержденной Госгортехнадзором России 28.03.96, пользователи недр обязаны осуществлять охрану промышленных, сельскохозяйственных, транспортных, энергетических, гидротехнических и иных сооружений и природных объектов, расположенных в зоне вредного влияния горных разработок и строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, если это влияние:

- представляет угрозу для здоровья и жизни людей, находящихся в местах расположения охраняемых объектов;
- может привести к нарушению использования объектов по прямому назначению, а их снос или перемещение за границы влияния горных разработок является невозможным или экономически нецелесообразным. Меры охраны существующих и вновь проектируемых объектов устанавливаются в зависимости от ожидаемых деформаций земной поверхности (оснований сооружений) под влиянием горных разработок, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, от величины допустимых деформаций для подрабатываемых объектов, а также в зависимости от назначения, ценности, конструктивных особенностей, методов эксплуатации, технического состояния и сроков службы объектов.

К выбранным мерам охраны предъявляются следующие требования:

- они должны быть технически осуществимыми;
- они должны быть целесообразными в экономическом отношении.

Выбранные меры должны обеспечить:

- возможность извлечения запасов полезных ископаемых из недр с потерями, не превышающими потерь при принятой на предприятии системе разработки;
- сохранность объекта для безопасной и безаварийной эксплуатации в соответствии с назначением объекта;



- безопасность для жизни и здоровья работников и населения, находящихся в охраняемой зоне объекта;
- безопасность ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- предотвращение прорыва воды, пливунов, глин, вредных газов в горные выработки и подземные сооружения, не связанные с добычей полезных ископаемых;
- охрану месторождения от затопления, обводнения, пожаров и других отрицательных факторов, связанных с расположением объекта на подрабатываемой территории и снижающих промышленную ценность месторождения или осложняющих его разработку;
- сохранение в допустимых пределах гидрологического и гидротехнического режимов водных объектов;
- своевременную ликвидацию провалов, воронок, уступов на земной поверхности, сохранение плодородия почв.

Различают четыре вида мер охраны объектов, находящихся в зоне влияния подземных разработок.

**1. Горные меры** предназначены для уменьшения деформаций земной поверхности в основании подрабатываемого объекта. К ним относятся: применение закладки выработанного пространства породой, частичная выемка угольного пласта по мощности или площади, изменение скорости подвигания очистного забоя, изменение порядка отработки запасов угля под охраняемым объектом и др. Выбор горных мер связан с конкретными горно-геологическими условиями и технологическими возможностями шахты в развитии горных работ, в также факторами, определяющими дополнительные затраты.

**2. Конструктивные меры** – специальные строительно-конструктивные меры, направленные на восприятие подрабатываемыми зданиями, сооружениями определенных величин и видов деформаций. К ним относятся: разделение длинного здания вертикальными деформационными (осадочными) швами на отдельные отсеки для уменьшения жесткости конструкции; усиление отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом тягами или железобетонными поясами для ослабления влияния кривизны в мульде сдвижений земной поверхности; применение податливых фундаментов, компенсационных траншей в грунте вдоль здания (сооружения) для снижения горизонтальных деформаций; поддомкрати-

вание отдельных частей зданий (сооружений) на период их подработки и др.

**3. Временное изменение характера эксплуатации** подрабатываемого объекта на период опасных деформаций: переселение жильцов, прекращение учебного, производственного процессов и т.д. После затухания процесса сдвижения и проведения ремонтных работ эксплуатация объекта продолжается.

**4. Оставление предохранительных целиков**, если другие меры охраны не могут гарантировать нормальную эксплуатацию объекта или являются экономически неоправданными.

## **14.2. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**К**ак отмечает Г.Л. Фисенко, динамические проявления горного давления при разработке месторождений твердых полезных ископаемых связаны с относительно быстрым переходом в предельное состояние некоторой области массива горных пород.

Этот переход, как правило, "провоцируется" техногенным воздействием (действием технологических факторов) и сопровождается нарушением устойчивого состояния массива горных пород.

Наиболее характерными видами динамического проявления горного давления следует считать:

- горные удары;
- выбросы газа;
- выбросы угля (породы) и газа.

**Горный удар** (по Г.Л. Фисенко) – хрупкое разрушение предельно напряженных пород или угля, окружающих горную выработку, возникающее тогда, когда нарастание напряжений, вызываемое рядом технологических факторов, опережает их релаксацию, связанную с пластическим деформированием, и сопровождается разлетом части разрушенных пород, сотрясением и колебанием значительной части массива горных пород в окрестности очага разрушения.

**К выбросам газа** (по И.М. Петухову) относятся динамические явления, связанные с внезапным выделением газа через трещины и полости или из зон тектонических нарушений, вскрытых скважиной или горной выработкой.

К выбросам угля (породы) и газа (по И.М. Петухову) относятся динамические явления, в баланс энергии которых входит упругая энергия угля, пород и газа. При этом имеется в виду, что послонное разрушение угля (породы) происходит под совместным воздействием горного и газового давлений, а разрушенный материал выносит за счет энергии расширяющегося газа.

Динамические проявления горного давления, т.е. совокупного действия гравитационных, тектонических, гидростатических и иных природных сил, вызывающие деформирование, разрушение и смещение горных пород, представляют большую опасность для недропользования и недропользователей и требуют организации систематических наблюдений с участием маркшейдерской службы горных предприятий.

### 14.3. ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

#### 14.3.1. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

В последние годы все динамические, меняющиеся во времени, процессы в недрах принято считать *геодинамическими* (Теркот, Шуберт, 1986; Кузьмин, 1999; Петухов, Батугина, 2000). Согласно классическому определению по Д. Теркоту и П. Шуберту, *геодинамика изучает движения и деформации, происходящие в земной коре, мантии и ядре, и причины таких движений и деформаций*. При этом следует иметь в виду, что в геодинамике существуют два класса движений (деформаций): быстрые и медленные. К медленным относятся движения тектонических плит за длительные (сотни и десятки тысяч лет) деформации земной поверхности, обусловленные современной активизацией разломов (десятки лет и первые годы), земноприливные деформации и наклоны земной поверхности (первые сутки и часы) и т.п. Быстрые движения – это в первую очередь землетрясения и горные удары, длительность протекания которых исчисляется десятками секунд, секундами или долями секунд.

В последние десятилетия произошел коренной пересмотр взглядов на роль геодинамического фактора (современные деформации земной поверхности и сейсмичность) при оценке риска наступле-

ния чрезвычайных ситуаций, возникающих при функционировании таких природно-технических систем, как подземная разработка месторождений, объекты нефтегазового комплекса (разрабатываемые месторождения углеводородов (УВ) с развитой в их пределах инфраструктурой скважин и трубопроводных систем, магистральные нефтегазопроводы, подземные хранилища газа, нефтегазоперерабатывающие заводы и т.д.). Самим фактом своего существования эти объекты создают потенциальный риск возникновения чрезвычайных ситуаций, возрастающий по мере увеличения длительности их эксплуатации.

Под чрезвычайными ситуациями подразумеваются в первую очередь аварии, сопровождающиеся значительным или катастрофическим социально-экономическим и экологическим ущербом.

До недавнего времени считалось, что подавляющее большинство аварийных ситуаций и связанных с ними ущерб на объектах нефтегазового комплекса обусловлены либо технологическими причинами, либо влиянием экзогенных инженерно-геологических факторов (сели, оползни, карсты и т.д.). Лишь изредка подобные аварии связывали с проявлением техногенных геодинамических процессов (известны факты техногенных сейсмодетонационных процессов на длительно эксплуатируемых месторождениях УВ). В целом же фактор современной геодинамической активности геологической среды (особенно в платформенных, слабосейсмичных регионах) не учитывался при анализе аварийных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса (НГК). Исключения составляли аварийные случаи, происходящие непосредственно в очаговой зоне сильных и катастрофических землетрясений.

Традиционно равнинные (платформенные) регионы, в отличие от горных (орогенных), считаются геодинамически стабильными и определяются, как территории с малыми скоростями современных деформаций земной поверхности в пределах 1–5 мм в год. Это следует из анализа карт современных вертикальных движений земной поверхности, построенных по данным повторных нивелирований больших территорий с интервалами между наблюдениями в десятки лет. Естественно, что деформационные процессы со столь низкой интенсивностью не создают существенного риска возникновения чрезвычайных ситуаций для объектов НГК.

На созданных в СССР в начале 60-х гг. XX столетия геодинамических полигонах были получены данные о скоростях современных

деформаций земной поверхности порядка 30–50 мм в год. Однако поскольку эти полигоны были расположены в сейсмоактивных регионах, то основное внимание при оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций естественно уделялось сейсмическим процессам.

Кардинальным образом ситуация изменилась в начале 70-х годов, когда Миннефтепромом СССР была начата реализация долгосрочной программы по изучению современных движений земной коры в связи с проблемой оценки перспектив нефтегазоносности выбранных объектов на геодинамической основе. В качестве таких объектов были использованы территории крупных нефтегазоносных бассейнов древней докембрийской Русской платформы (Припятский прогиб, западное и северо-западное обрамления Прикаспийской впадины, Башкирский свод и Соликамская впадина), Западно-Сибирской плиты (Вартовский свод), предгорных и межгорных прогибов складчатых областей (Терско-Каспийский, Предгиссарский, Рионо-Куринский).

Так как основные параметры измерительных сетей (густота измерительных пунктов, частота опроса и точность наблюдений) на геодинамических полигонах, расположенных в платформенных, асейсмичных нефтегазоносных районах, оказались идентичны полигонным системам, расположенным в сейсмоактивных зонах нефтегазоносных осадочных бассейнов, то это позволило провести последовательное сопоставление характеристик современных деформаций земной поверхности, полученных однотипными системами наблюдений, находящихся в наиболее контрастных в геодинамическом отношении областях (сейсмоактивные и асейсмичные регионы).

Благодаря этим исследованиям удалось выявить новые закономерности современных деформаций земной поверхности в зонах разломов. При этом под разломной зоной понимается объем земной коры, имеющий аномальное строение и повышенную трещиноватость, возникшие в результате линейной деструкции среды, или область, вмещающая породы с аномальными физико-механическими, геолого-геофизическими, флюидо-геохимическими и т.д. характеристиками.

Было установлено, что:

1. Имеют место интенсивные локальные аномалии вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности, прнурочен-

ные к зонам разломов различного типа и порядка. Эти аномальные движения высокоамплитудны (до 50–70 мм в год), короткопериодичны (0,1–1,0 г.), пространственно локализованы (0,1–1,0 км), обладают пульсационной и/или знакопеременной направленностью.

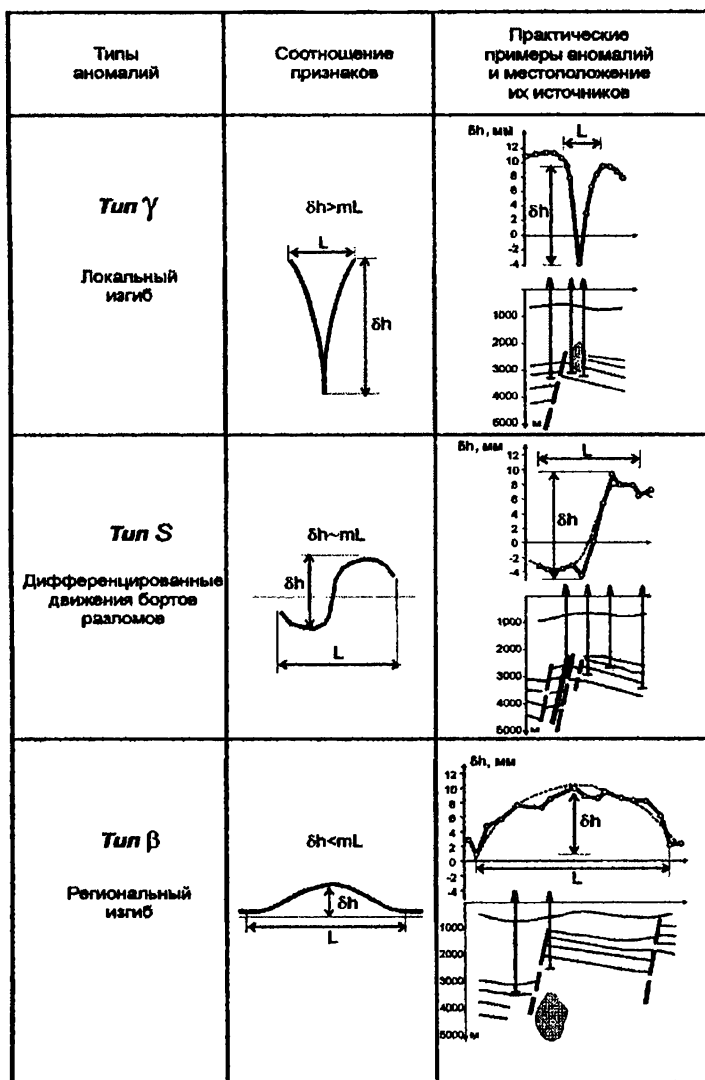


Рис. 14.8. Таблица основных типов аномального измерения современных вертикальных движений земной поверхности в пределах зон разломов

2. Существуют устойчивые типы локальных аномалий вертикальных движений земной поверхности в зонах разломов (рис. 14.8). При этом горизонтальные размеры  $L$  для  $\gamma$ ,  $S$  и  $\beta$  аномалий составляют соответственно: 0,1–1,5; 5–10 и 10–30 км. На рис. приведены соотношения между амплитудой и протяженностью для каждого типа аномалий, связанные через масштабный коэффициент  $m = 10^{-6}$  (если амплитуда в мм, то ширина аномалии в км).

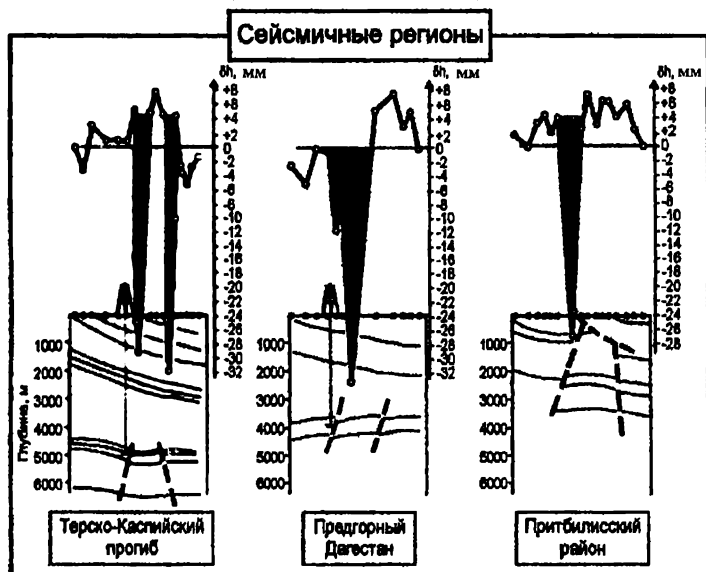
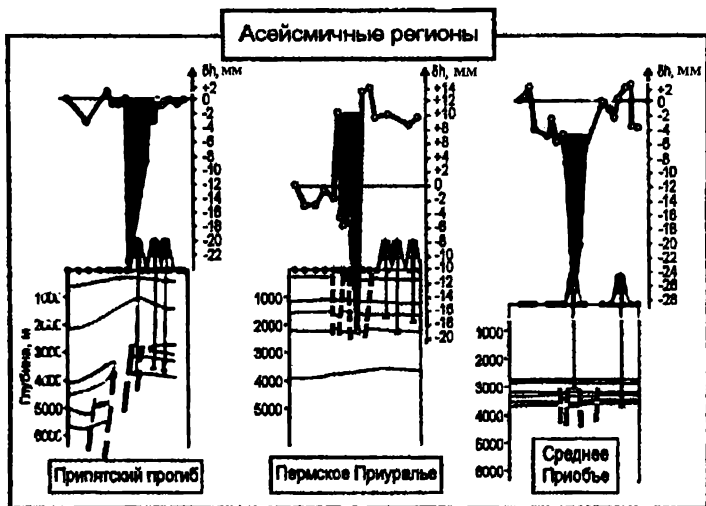
3. Основные пространственно-временные характеристики аномальных движений идентичны для сейсмоактивных и асейсмичных разломных зон. Интенсивность современных деформационных процессов в разломных зонах асейсмичных и слабосейсмичных регионов выше, чем аналогичные процессы в зонах сейсмоактивных разломов. В разломных зонах сейсмоактивных регионов существуют периоды сейсмического затишья, когда активизируются "асейсмические" аномальные деформационные процессы.

4. В районах предгорных и межгорных прогибов (сжимающие напряжения) доминируют  $\beta$ -аномалии, в рифтовых областях (растягивающие напряжения) преобладают  $\gamma$ -аномалии. Аномалии типа  $S$  чрезвычайно редки для всех изученных регионов.

Наибольшей интенсивностью деформаций обладают аномалии типа  $\gamma$ . Среднегодовые скорости деформаций для них составляют величины порядка  $(2-7) \cdot 10^{-5}$  в год. Поэтому их определяют, как *суперинтенсивные деформации (СД) земной поверхности в зонах разломов*. Этот тип деформаций наиболее распространен во всех изученных (подвергнутых повторным измерениям) регионах, включая и нефтегазоносные осадочные бассейны.

На рис. 14.9 представлены примеры СД для различных регионов. Кривые совершенно идентичны по морфологии, у них совпадают ширина (горизонтальный масштаб всех графиков одинаков) и амплитуда.

Согласно традиционным представлениям динамика разломов обусловлена силовым воздействием медленно (миллионы и сотни тысяч лет) меняющегося во времени поля напряжений, которое вызывает адекватную деформационную реакцию разломной зоны (вариант I на рис. 14.10). В этом случае уровень приложенной нагрузки должен быть соизмерим с уровнем деформационного отклика. Однако многочисленные эмпирические данные по современной аномальной геодинамике разломов входят в существенное разногласие с этими представлениями.



- 1   
  - 2   
  $\delta h$  - 3   
  - 4

Рис. 14.9. Примеры локальных аномалий современных вертикальных движений земной поверхности типа  $\gamma$  для различных регионов:

1 – зоны разрывных нарушений; 2 – зоны аномальных вертикальных движений; 3 – амплитуды современных вертикальных движений земной поверхности; 4 – пробуренные скважины



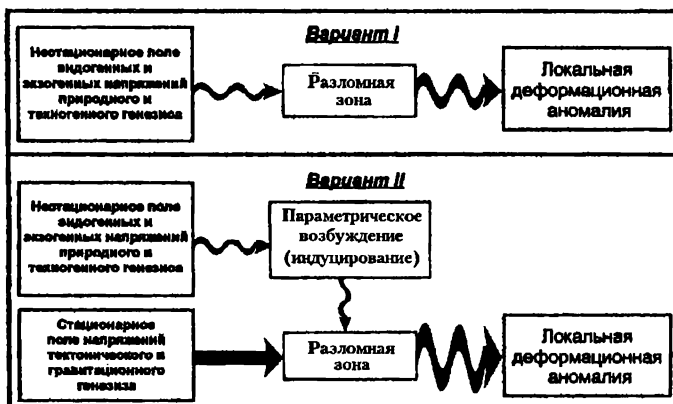


Рис. 14.10. Формирование аномальных деформационных процессов в зонах разломов

Для современных деформационных процессов в зонах разломов характерны ситуации, когда малые эндогенные и/или экзогенные воздействия приводят к аномально высоким деформационным откликам среды. Экспериментальный материал указывает на локальную пространственно-временную нестабильность процессов деформирования, имеющих место в пределах собственно разломных зон, т.е. зоны разломов нельзя рассматривать только как ослабленные участки геологической среды, по которым происходит взаимное перемещение блоков под воздействием медленно меняющегося во времени регионального поля напряжений.

Физико-механические свойства горных пород в разломных зонах существенно зависят от флюидодинамических процессов, отличаются повышенными емкостными, пониженными прочностными и жесткостными характеристиками, наличием поверхностно-активных веществ в приразломном флюиде и т.д. Все это способствует формированию локально-неоднородных и нестабильных во времени полей напряжений.

Возникновение СД процессов непосредственно не вызывается активизацией регионального (внешнего по отношению к объему среды, контролируемому системой наблюдений) поля напряжений, а обусловлено изменением параметров среды (модуля жесткости, коэффициента трения и т.д.) внутри самих разломных зон, находящихся в условиях квазистатического регионального напряжения. Таким образом, *современные суперинтенсивные деформации раз-*

ломных зон – это параметрически индуцированные тектонические деформации геологической среды (параметрические деформации). Термин "параметрический" используется в физике и обозначает такой тип вывода системы из состояния равновесия (возбуждения системы), когда она начинает свое движение не за счет внешнего силового воздействия, а за счет изменения во времени внутренних параметров системы, предварительно нагруженной извне стационарным образом. Термин "индуцирование" означает формирование аномально высокой деформационной реакции разломных зон на малые воздействия.

Геологическая среда в современном нам масштабе времени находится под воздействием системы внешних и внутренних (экзогенных и эндогенных), квазистатических (глобальное и/или региональное поле напряжений) и динамических (приливы, неравномерное вращение Земли, процессы подготовки землетрясений, взрывы, сейсмические волны, техногенные воздействия и т.д.) нагрузок. В разломных зонах, особенно осадочных бассейнов, постоянно присутствуют и перераспределяются динамически активная и химически агрессивная флюидная система.

Взаимодействие и совокупное влияние всех этих факторов реализуется в зонах разломов с неустойчивыми механическими характеристиками посредством кратковременных флуктуаций жесткостных характеристик горных пород в локальных объемах, что приводит возникновению СД аномалий (вариант II на рис. 14.10).

Для количественной оценки соотношения региональных и локальных геодинамических процессов, а также для определения места параметрических деформаций в общем ходе процесса деформирования можно рассматривать геологическую среду как упруговязкую. Скорость упруговязкой деформации  $\dot{\epsilon}_{ув}$  можно представить в виде суммы скоростей упругой  $\dot{\epsilon}_у$  и вязкой  $\dot{\epsilon}_в$  компоненты.

$$\dot{\epsilon}_{ув} = \dot{\epsilon}_в + \dot{\epsilon}_у. \quad (14.20)$$

Тогда для упруговязких сред с нестабильными во времени упругими характеристиками можно  $\dot{\epsilon}_{ув} = \dot{\epsilon}$  из формулы (14.20) записать в виде

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} - \frac{\sigma}{E^2} \dot{E} + \frac{\sigma}{\eta}, \quad (14.21)$$

где  $\sigma$ ,  $\dot{\sigma}$  – напряжение и его изменение во времени;  $E$ ,  $\dot{E}$  – модуль упругости (например, Юнга) и его вариации во времени;  $\eta$  – вязкость среды.

Уравнение (14.21) является обобщением уравнения Максвелла на среды с нестабильными во времени упругими характеристиками. Действительно, в случае неизменности упругих свойств ( $\dot{E} \rightarrow 0$ ) уравнение (14.21) переходит в классическое уравнение Максвелла для упруговязких сред.

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\eta}. \quad (14.22)$$

Рассматривая уравнение (14.21) применительно к проблеме формирования локальных деформационных аномалий, можно отметить, что пульсационный и знакопеременный характер выявленных аномальных движений позволяет пренебречь третьим слагаемым в формуле (14.21). Это слагаемое описывает состояние унаследованного движения прошлых геологических эпох.

В этом случае уравнение (14.21) трансформируется в

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} - \frac{\sigma}{E^2} E. \quad (14.23)$$

Уравнение (14.23) отражает два варианта формирования локальных деформационных аномалий в зонах разломов (см. рис. 14.10). Первое слагаемое в формуле (14.23) описывает вариант I возникновения аномальной динамики разломов, а второе слагаемое – вариант II.

Таким образом очевидно, что возникновение суперинтенсивных деформационных (СД) процессов в зонах обусловлено вторым слагаемым в уравнении (14.23) и, соответственно, II вариантом в общей схеме формирования аномальной динамики разломов, представленной на рис. 14.10.

Современная аномальная геодинамика недр изучает современные (протекающие в настоящее время) деформационные процессы, которые формируются под воздействием совокупности природных и техногенных факторов и реализуются в наиболее аномальной форме в разломных зонах.

В последние годы стало очевидно, что современное аномальное геодинамическое состояние недр, обусловленное малыми природно-техногенными воздействиями, относится к существенно нелинейным явлениям.

Как известно, самое общее свойство нелинейных систем – это отсутствие того, что называется принципом линейной суперпозиции. Этот принцип заключается в том, что суммарный, результирующий эффект от нескольких независимых воздействий равен сумме эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности. В случае с аномальными геодинамическими процессами имеет место возникновение аномального (до 2–3 порядков) усиления деформационного отклика среды на малые воздействия.

В этой ситуации важно помнить, что в нелинейных, неустойчивых системах принципиальным образом меняются представления о причинно-следственных связях. В устойчивых системах меры причин и следствий (воздействий и откликов) всегда одного порядка. В неустойчивых, существенно нелинейных системах малые по уровню причины могут привести к большим последствиям. В этих системах причиной явлений следует считать саму неустойчивость.

Одним из ярких примеров нелинейного поведения современных геодинамических процессов является сейсмодеформационная активизация недр при разработке месторождений нефти и газа. На рис. 14.11 показана принципиальная схема формирования аномальных геодинамических последствий разработки месторождений жидких углеводородов (УВ). Видно, что существуют три основные формы негативных последствий длительной разработки месторождений УВ: обширные просадки территории месторождения, сейсмичность, обусловленная разработкой, и активизация разломных зон, контролирующая месторождение.

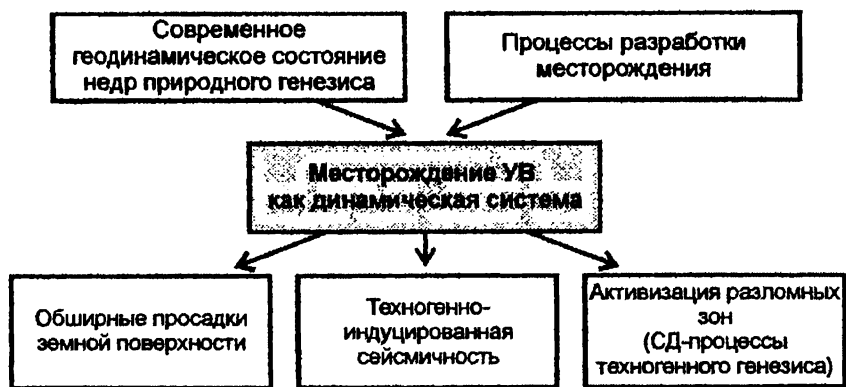


Рис. 14.11. Схема формирования аномальных сейсмодеформационных последствий разработки месторождений УВ

Учитывая, что в задачу маркшейдерского обеспечения эксплуатации месторождений УВ входит контроль за деформационными последствиями разработки, рассмотрим основные характеристики обширных просадок земной поверхности и деформационную активизацию разломных зон.

Следует различать два типа происхождения деформационных процессов, обусловленные разработкой месторождений нефти и газа. *Первый тип – техногенные деформации*, которые не могут происходить без интенсивной разработки месторождений. К ним, очевидно, относятся обширные просадки всей или большей части месторождения, напрямую обусловленные процессом разработки. *Второй тип – техногенно-индуцированные деформации*, которые могут происходить не только за счет техногенных факторов. К техногенно-индуцированным относятся локальные, суперинтенсивные деформации (СД) земной поверхности, индуцированные процессами разработки. Естественно, что первый тип деформаций относится, в основном, к линейным явлениям, а второй – к нелинейным. Можно выделить следующие типы техногенных деформаций.

а) *Просадки земной поверхности и связанные с ними негативные эколого-экономические последствия.*

В табл. 14.1 приведены примеры наиболее интенсивных просадок земной поверхности, обусловленных разработкой месторождений нефти и газа.

Просадки земной поверхности обнаруживаются лишь по достижении ими опасных значений, а также по результатам их воздействия на системы и объекты обустройства нефтегазопромыслов – деформации наземных сооружений, смятие и слом скважин и др., т.е. когда уже необходимо затрачивать большие материальные ресурсы на ликвидацию последствий развития этих деформаций. Начальные стадии этих процессов, что очень важно для своевременного принятия превентивных мер, обнаруживаются лишь по результатам специального контроля (мониторинга).

Совокупность условий, способствующих возникновению просадок земной поверхности, включает:

1. Наличие АВПД и темп его снижения в процессе разработки месторождения.
2. Предрасположенность резервуара к сильной снижаемости.
3. Наличие высокой пористости пород-коллекторов – до 30–35 %.

**Просадки земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов**

Месторождение углеводородов, страна, год открытия	Глубина залегания резервуара, м	Период наблюдений, годы	Максимальное накопленное опускание, м	Другие особенности
Нефтяное месторождение Wilmington (США), 1926	760–1830	1928–1966	8,8	Пористость пород-коллекторов от 30 до 35 %
Нефтяное месторождение Lagunilas (Венесуэла), 1926	300–1200	1926–1980	3,0 м к 1960 г. 4,1 м к 1976 г.	Максимальная скорость проседания 20см/год
Нефтяное месторождение Экофиск (Норвегия, Северное море), 1970	3000	1984–1985	2,6 м к середине 1985 г.	Пористость пород-коллекторов от 35 до 40 %
Нефтяное месторождение Сураханы (Республика Азербайджан), 1904	180–2650	1912–1972	3,0	Пористость пород-коллекторов 21–25 %
Нефтяное месторождение Балаханы-Сабунчи-Раманы (Республика Азербайджан), 1871	180–1280	1912–1947	2,45	Пористость пород-коллекторов 18–25 %
Нефтяное месторождение Goose Creek (США), 1916	600	1917–1925	>1,0	Пористость пород-коллекторов >30 %
Северо-Ставропольское газовое месторождение (Россия), 1956	170–750	1956–1979	0,92	Пористость пород-коллекторов >15 %
Шелебинское газовое месторождение (Украина), 1956	1300–1900	1965–1982	>0,37	Пористость пород-коллекторов 5–10 %

4. Относительно небольшую глубину разрабатываемых залежей (до 2000 м).
5. Значительную суммарную мощность продуктивных отложений.

Установлено, что при интенсивном законтурном заводнении прекращается процесс оседания земной поверхности (например, в случае с месторождениями Wilmington, Ekofisk). Для месторождений,

резервуар которых сложен карбонатными породами, как правило, сильных просадочных явлений земной поверхности (более первых дециметров) не возникает.

*б) Горизонтальные сдвиги и поверхностное разломообразование на разрабатываемых месторождениях углеводородов.*

На разрабатываемых месторождениях углеводородов известны случаи возникновения значительных по величине горизонтальных сдвигов массивов горных пород в интервалах до нескольких дециметров и даже метров. Ниже приводятся случаи возникновения таких явлений, установленные по результатам точных повторных инструментальных наблюдений.

На нефтяном месторождении Wilmington (США) известное максимальное горизонтальное смещение составило 3,66 м за период 1937–1966 гг.

На нефтяном месторождении Buena Vista (США) с 1932 г. по 1959 г. имело место дифференцированное горизонтальное смещение массивов, превышающее 39 см.

На нефтяном месторождении Lagunilas (Венесуэла) максимальное смещение массивов горных пород составило около 24 см за полугодовой интервал измерений.

На газовом месторождении Шебелинка (Украина) повторные геодезические наблюдения выявили горизонтальные смещения массивов пород от периферии к центру месторождения, при этом периоды максимальных горизонтальных деформаций коррелировали с периодами максимальных просадок земной поверхности, связанных с отбором газа. Максимальные накопленные горизонтальные смещения составили 42 см.

После начала просадок земной поверхности в 1926 г. на нефтяном месторождении Inglewood (США) были выявлены крупные горизонтальные сдвиги массивов горных пород от периферии месторождения к центру проседания. За период 1934–1965 гг. накопленные максимальные горизонтальные смещения по инструментальным данным достигли 67 см.

На нефтяном месторождении Baldwin Hills (США) зафиксированы поверхностные трещины, которые начали образовываться в 1951 г. Суммарное смещение по трещинам достигает 16–18 см с эпизодическими однонаправленными сдвигами. Трещины проникают на глубину до 250–300 м.

Поверхностное разломообразование на нефтяном месторождении Kern Front (США) произошло над известным разломом. Следо-

вательно, произошла активизация существующего разлома, но вызванная разработкой месторождения. Смещение по разлому составляло 34 см и продолжалось около 20 лет.

Поверхностное разломообразование на нефтяном месторождении Buena Vista (США) имеет длину 2,6 км. Техногенная активность разлома известна около 35 лет. Смещение по поверхности составило около 74 см за период с 1932 по 1967 гг.

В результате деформаций (просадок) на нефтяном месторождении Goose Creek (США) вдоль чаши оседания образовались поверхностные разрывы общей длиной 700 м и горизонтальными смещениями до 40 см.

Особенности проявления горизонтальных сдвигов и разломообразования состоят в следующем.

1. Горизонтальные сдвиги массивов горных пород являются следствием интенсивных деформаций (просадок) толщи пород, перекрывающей разрабатываемый резервуар, при достижении определенного уровня просадок.
2. Мощность сдвигаемых массивов горных пород составляет несколько сот метров, начиная от земной поверхности.
3. Одним из важных условий, способствующих возникновению сдвигов, является присутствие относительно тонких (несколько десятков метров) выдержанных прослоек глинистого материала, играющего роль "смазки", по которым происходит сдвигение массивов.
4. Возможны локальные горизонтальные смещения в массивах соляных куполов и антиклиналях при потере ими механической устойчивости в силу природных или техногенных причин (например, при производстве ПЯВ). Эти явления наиболее вероятны при наличии маломощных несолевых пропластков в соленосных отложениях, которые также играют роль "смазки".
5. Поверхностное разломообразование развивается, как правило, внезапно и, следовательно, более агрессивно по отношению к объектам и системам обустройства разрабатываемых месторождений.
5. Процесс разломообразования обычно возникает спустя 10–15 лет (иногда более) после начала разработки месторождений углеводородов.

Рассмотрим примеры негативных последствий от проявления природно-техногенных геодинамических событий на разрабатываемых месторождениях нефти и газа:



### **1. Нефтяное месторождение Wilmington (Калифорния, США).**

**События:** катастрофическое опускание земной поверхности – до 8 м. Горизонтальные сдвиги массивов горных пород – до 3,6 м. Поверхностное разломообразование – до 0,5 м. Техногенные землетрясения в 1947, 1949, 1951, 1954, 1956 и 1961 гг. с интенсивностью до  $M = 5,1$ .

**Последствия:** прекращение работы более чем 200 скважин, часть из которых была полностью разрушена (массовое срезание обсадных колонн). Повреждения оценивались более чем в 10 млн дол., обширные повреждения трубопроводов.

### **2. Нефтяное месторождение Coalinga (США).**

**События:** индуцированное землетрясение 02.05.1983 г. ( $M = 6,7$ ).

**Последствия:** повреждения оборудования и прекращение добычи нефти на один день. Отмечались повреждения на 26 скважинах. За несколько дней было полностью нарушено электроснабжение промысла, повреждены насосные установки, резервуары для хранения нефти.

### **3. Нефтяное месторождение Catoosa District (США).**

**События:** землетрясение с  $M = 4,7$  и очагом в резервуаре.

**Последствия:** разрушение скважин в интервале резервуара.

### **4. Нефтяное месторождение Ekofisk (Норвегия).**

**События:** неожиданное интенсивное опускание дна Северного моря – до 3 м.

**Последствия:** необходимость наращивания высоты буровых платформ с целью предотвращения их повреждений. Установлены деформации обсадных колонн в интервале резервуара и перекрывающей толщи пород.

### **5. Нефтяное месторождение Lagunilas (Венесуэла).**

**События:** интенсивное опускание земной поверхности до 4 м.

**Последствия:** смятие обсадных колонн скважин и разрывы коммуникаций.

### **6. Нефтяное месторождение Inglewood (США).**

**События:** интенсивные просадки (около 2 м), горизонтальные смещения горных пород (до 0,7 м).

**Последствия:** срезание обсадных колонн скважин, пересекающих трещины, что привело к сильным разрушениям объектов на поверхности.

Обобщение имеющейся информации показало, что для месторождений УВ с коллекторами трещинно-кавернозного типа обширных просадок земной поверхности, как правило, не наблюдается. Принципиально важно, что в отличие от месторождений твердых полезных ископаемых, где основной формой деформационных последствий являются обширные просадки (мульды) земной поверхности, на месторождениях жидких УВ основные деформационные последствия – это техногенно-индуцированные СД процессы в разломных зонах.

Этот факт находит естественное объяснение, если учесть, что месторождения жидких УВ – это динамически активная, флюидная система, которую, в отличие от месторождений твердых полезных ископаемых, намного легче вывести из состояния устойчивого равновесия посредством малых воздействий (индуцирования).

*Техногенно-индуцированная активизация разломных зон разрабатываемых месторождений нефти и газа.*

На рис. 14.12 представлены примеры проведенного в 1988–1992 гг. мониторинга деформационных процессов на нефтяном месторождении "Тенгиз". На территории месторождения были организованы геодезические, геофизические, флюидо-геохимические, сейсмологические и т.д. наблюдения, которые сочетали профильные и стационарные (обсерваторские) виды наблюдений.

Как показали первые наблюдения, уже на начальной стадии разработки стали проявлять себя суперинтенсивные (СД) деформации разломных зон техногенно-индуцированного происхождения. На рис. 14.12 показаны результаты трех циклов повторных нивелирований 2-го класса повышенной точности вдоль одного из профилей Тенгизского геодинамического полигона, совмещенные с геолого-геофизическим разрезом верхних слоев земной коры.

Как следует из приведенных данных, в период между двумя повторными наблюдениями (1988–1989 гг.) значимых изменений вертикальных движений земной поверхности не отмечено. Однако спустя год происходит резкая дифференциация распределения смещений вдоль профиля. Отчетливо фиксируется ряд аномалий типа  $\gamma$ , которые приурочены к зонам разломов, причем одна из них достигает амплитуды порядка 60 мм и является ярким примером СД процессов. Примечательно, что в окрестности этой аномалии расположена глубокая (около 5000 м) скважина, при строительстве которой были неоднократно отмечены осложнения различного типа.

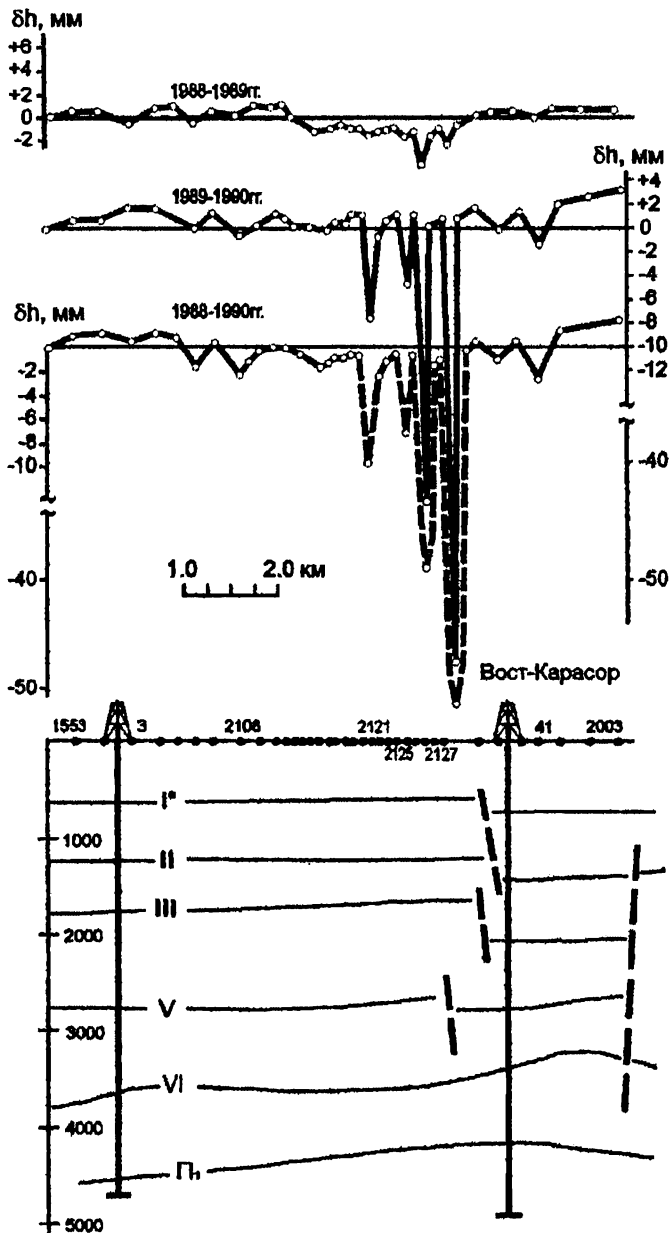


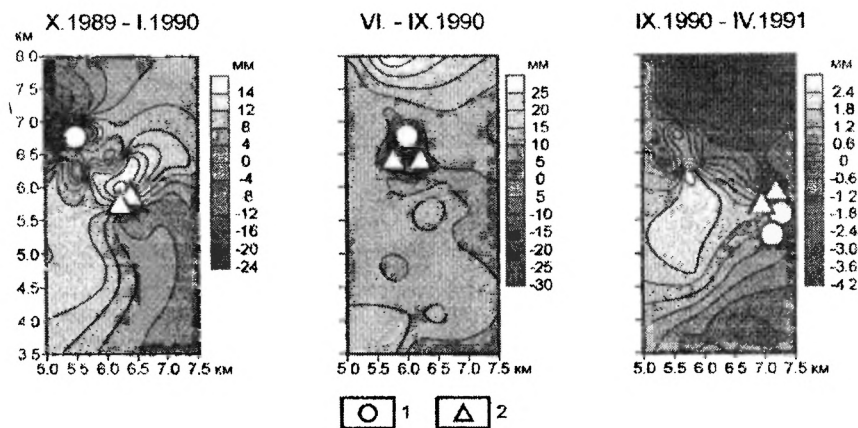
Рис. 14.12. Современные вертикальные движения земной поверхности по профилю 5-3 (между пунктами 1553 и 2003) нефтяного месторождения "Теигиз"

Так как деформационный порог разрушения большинства твердых тел составляет величину  $\sim 10^{-4}$ , то, учитывая пульсационный характер СД процессов (периодичность пульсаций  $\sim 0,1-1,5$  г.), становится очевидной потенциальная опасность СД со скоростями  $5-7 \cdot 10^{-5}$  в год для любых конструкций, коммуникаций и сооружений.

В 90-е гг. XX столетия получены убедительные данные о масштабах и уровне влияния фактора СД на объекты нефтегазового комплекса. Оказалось, что в зонах проявления современных суперинтенсивных деформаций периодически происходят порывы трубопроводных систем и аварий на скважинах с последующим выводом их из эксплуатации. На рис. 14.13 показано возникновение подобных чрезвычайных ситуаций на примере нефтяного месторождения "Усть-Балык" (Западная Сибирь). Из графика видно, что аварии соответствуют локальным участкам проявления СД процессов (области концентрации темного цвета).

Так как в пределах Усть-Балыкского месторождения расположен город Нефтеюганск, становится очевидным уровень экологического и социально-экономического риска данного объекта.

Таким образом, техническое состояние нефтегазовых объектов на месторождениях существенно зависит от уровня современного напряженно-деформированного состояния земных недр. Поэтому геодинамический фактор необходимо учитывать на стадии проек-



**Рис. 14.13.** Пространственно-временная связь аварий на скважинах и порывов трубопроводов с аномальными проявлениями современной геодинамики недр на примере Усть-Балыкского месторождения: 1 – аварии на скважинах; 2 – порывы трубопроводов

тирования скважин и трубопроводов и предусматривать превентивные меры по предотвращению аварийных ситуаций и снижению возможного ущерба.

Для количественной оценки риска, создаваемой фактором СД, используется представление о том, что *риск есть математическое ожидание ущерба*.

Тогда оценку риска  $R$  нужно проводить формуле

$$R = P_{\text{сд}} P_y C, \quad (14.24)$$

где  $P_{\text{сд}}$  – вероятность появления современных суперинтенсивных деформационных процессов в данном месте и в данное время (геодинамическая опасность);  $P_y$  – вероятность того, что данный уровень СД процессов окажется достаточным для вывода объекта риска из нормального функционирования (уязвимость объекта);  $C$  – ущерб, обусловленный либо стоимостью объекта, выведенного из эксплуатации, либо расходами по проведению превентивных мероприятий.

Уязвимость объектов риска может участвовать в этой формуле двояким образом. Если рассматривать аварийность объекта, то  $P_y$  есть вероятность того, что аномальная деформация полностью выведет из строя скважину или участок нефтегазопровода. Если воздействие СД процессов на объект риска сводится к превышению над нормативным уровнем, то  $P_y$  – вероятность того, что СД процесс превысит установленный норматив на допустимый уровень современной активности разломов, что приведет к необходимости затрат на превентивные и профилактические работы.

#### 14.4. МОНИТОРИНГ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СКВАЖИННЫХ МЕТОДАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Основная цель маркшейдерско-геодезического мониторинга – это оценка современных аномальных деформационных процессов с последующим прогнозом риска возникновения негативных (в том числе, катастрофических) последствий длительной эксплуатации объектов нефтегазового комплекса.

Это необходимо для:

- выявления критических деформаций земной поверхности в зонах разломов и использования закономерностей этих про-

цессов для повышения эффективности извлечения углеводородов;

- обеспечения безопасности работников и населения, охраны недр, объектов окружающей природной среды, зданий и сооружений от вредного влияния разработки, в том числе в нефтяной и газовой промышленности – охраны инженерных сооружений и объектов нефтегазодобычи;
- обеспечения чистоты водоемов и других природных объектов от загрязнения их нефтепродуктами и химреагентами;
- учета вертикальных подвижек при построении геологических карт и разрезов при разведке горизонтов, залегающих ниже или выше разрабатываемых толщ;
- учета величин деформаций земной поверхности при составлении проектной технологической документации на разработку месторождений;
- совершенствования методики измерений, а также количественной оценки вертикальных и горизонтальных подвижек и учета их в дальнейшем, при построении планово-высотных геодезических сетей в аналогичных условиях.

Комплексное изучение деформаций земной поверхности при нефтегазодобыче включает:

- количественную оценку горизонтальной и вертикальной составляющих векторов движения в исследуемых точках путем заложения геодинамических полигонов (наблюдательных станций) и постановки маркшейдерско-геодезического мониторинга деформационных процессов;
- изучение закономерностей изменений гравитационного и магнитного полей при нарушении динамического равновесия горного массива;
- изучение геологического строения месторождений и физики пласта;
- изучение текущих параметров разработки месторождений;
- изучение напряженно-деформированного состояния скелета коллектора и вмещающих его пород и всей толщи горного массива над залежью в неравнокомпонентном поле сжимающих напряжений;
- гидрогеологические исследования;
- метеорологические наблюдения атмосферного давления, температуры, влажности воздуха, скорости ветра, осадков и пр.

Обеспечение надежного контроля за возникновением и развитием природно-техногенных деформационных процессов, изучение их пространственно-временной структуры подразумевает построение сетей для дискретных и мониторинговых наблюдений в трех масштабах – региональном, зональном и локальном.

*Мониторинг регионального масштаба* (региональные сети наблюдений) – это исследование регионального (фоновое) деформационного режима месторождений для оценки геодинамической опасности в долгосрочном плане. Региональный мониторинг служит для построения адекватной модели современного геодинамического состояния регионов и прогнозирования возможных региональных изменений этого состояния, что может привести к неблагоприятным последствиям экологического и социально-экономического плана.

*Мониторинг зонального масштаба* (зональные сети наблюдений) – это исследование деформационных процессов природно-техногенного генезиса в пределах зон региональных разломов, в районах повышенного экологического риска, в районах концентрации объектов обустройства месторождений и населенных пунктов, расположенных в их пределах. Основная задача – оценка геодинамической опасности в среднесрочном масштабе времени.

*Локальный мониторинг* – это детальное исследование пространственно-временных геодинамических возмущений в наиболее индикаторных локальных участках месторождений в целях:

- оценки вероятности возникновения природно-техногенных катастроф в районах конкретных природно-технических систем и объектов нефтегазового комплекса;
- прогнозирования изменений деформационного состояния и проведения мероприятий по минимизации ущерба здоровью людей и экономического ущерба функционирующих природно-технических систем.

Наблюдения должны проводиться на компактных геодинамических группах с повышенной пространственно-временной деятельностью вплоть до непрерывных стационарных (режимных) сейсмологических и наклономерно-деформографических наблюдений. Локальные сети могут использоваться в качестве охранных и передвижных сетей. Основная задача – оценка геодинамической опасности в краткосрочном режиме.

Система многофункционального, иерархически построенного маркшейдерско-геодезического мониторинга позволит:

- составлять схемы районов повышенного деформационного риска в целях более безопасного размещения объектов нефтегазового комплекса;
- осуществлять на регулярной основе долгосрочный и среднесрочный прогноз природных и природно-техногенных (индуцированных) деформационных явлений;
- выдавать рекомендации по осуществлению превентивных мер с целью уменьшения ущерба от возможных природно-техногенных катастроф и связанных с ними неблагоприятных экологических явлений.

Маркшейдерско-геодезический мониторинг включает следующие методы наблюдений и измерений:

- а) спутниковые геодезические наблюдения с системой GPS – региональный и зональный уровень наблюдений (охват территории отдельного региона, наблюдения на активных разломах, в районах концентрации крупных, особо ответственных и экологически опасных объектов) для оценки фонового и зонального геодинамического состояния среды и оценки геодинамического риска в долгосрочном, средне- и краткосрочном плане;
- б) повторное нивелирование по региональным профилям (региональный уровень с охватом территории региона) для сравнительной оценки современной деформационной активности среды (вертикальная компонента движений), выделения звеньев региональных разломов с проявлением аномальных деформационных процессов и оценки риска в долгосрочном плане;
- в) повторное нивелирование по зональным и локальным профилям (зональный и локальный уровень) для мониторинга пространственно-временных особенностей современных деформационных процессов в пределах активных звеньев региональных разломов, в зонах потенциального эколого-геодинамического риска с последующей выработкой прогностических признаков возникновения негативных эколого-геодинамических ситуаций в краткосрочном плане;
- г) повторные, высокоточные гравиметрические наблюдения по региональным профилям (региональный уровень с ох-



ватом территории исследуемого региона) для выявления пространственно-временных особенностей вариаций силы тяжести во времени и сравнительной оценки регионального напряженно-деформационного состояния геологической среды месторождений;

- д) повторные высокоточные гравиметрические наблюдения (зональный и локальный уровень) с охватом активных звеньев региональных разломов, зон потенциального эколого-геодинамического риска, для выработки возможных прогностических признаков возникновения негативных эколого-геодинамических ситуаций в средне- и краткосрочном плане.

*Требования к регламенту полигонных наблюдений и форме представления проектной и отчетной документации.*

Региональные и зональные наблюдения должны быть представлены системой повторных геодезических (наземных и/или спутниковых) наблюдений с периодичностью повторений не реже 1–2 раз в год и расстоянием между пунктами не больше 0,2–0,3 км. Локальные системы геодинамических наблюдений должны повторяться не реже двух-трех раз в год и расстоянием между пунктами не больше 50–100 м (в зависимости от конфигурации и пространственных размеров объекта). Общие требования к точности полигонных систем деформационных наблюдений: вертикальные и горизонтальные смещения земной поверхности должны быть измерены не хуже 2–3 мм на 1 км.

В результате высокоточных наблюдений на геодинамических полигонах получают численные оценки характеристик просадок горизонтальных движений, наклонов, кривизны.

При составлении проекта (технологической схемы) на разработку месторождения институт-разработчик производит предрасчет сжимаемости, уплотнения коллектора, оседаний и деформации земной поверхности по каждому месторождению.

Если ожидаемые оседания и деформации поверхности близки к критическим ( $i = 4 \cdot 10^{-3}$ ,  $K = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$ ,  $E = 2 \cdot 10^{-3}$ ), а также с учетом условий ландшафта, перспективного использования подработанных участков земли и других условий, в проекте (технологической схеме) на разработку принимают решение о заложении маркшейдерско-геодезического полигона.

Проект строительства полигона состоит из двух частей.

Первая часть включает краткую геологическую и горно-техническую характеристики месторождения; структурное построение

геодинамического полигона; методы и периодичность высокоточных плановых и высотных геодезических измерений; фотограмметрические, геофизические и другие методы наблюдений, в том числе следующие материалы:

- геологическую карту месторождения с нанесенными на ней структурными элементами по данным бурения, геологического дешифрирования аэро-, космической, сейсмической, магнитной и гравиметрической съемки. Разрезы по профильным линиям с геологической характеристикой вмещающих ловушку пород и всей вышележащей толщи;
- карту разработки месторождения с характеристикой всего фонда фактически имеющихся и проектных скважин;
- данные об извлечении углеводородов и жидкости по годам, а также текущую с начала разработки месторождения характеристику пластового давления;
- маркшейдерские планы и топографические карты обустройства месторождения в масштабах 1:2000–1:10 000;
- топографические карты масштаба 1:10 000–1:100 000 геодезической изученности площади геодинамического полигона и прилегающих районов, включая государственные и ведомственные плановые и высотные геодезические сети. Карту современных движений земной коры на данную территорию.

Во второй части сметно-финансового расчета приводят перечень основных затрат по материалам, транспорту, работе по закладке и первому циклу наблюдений в натуральном и денежном выражениях.

Графические приложения включают:

- геологическую карту в масштабе 1: 25 000;
- структурную карту месторождений в масштабе 1:25 000;
- топографическую карту (план) с нанесенными на ней существующими и проектируемыми объектами обустройства (масштабов 1:25 000–1:10 000);
- геологический разрез в масштабе структурной карты;
- общую схему геодинамического полигона.

Технический проект на геодезические, геофизические и другие методы наблюдений на полигонах составляют специализированные организации, выполняющие эти работы, с обязательным согласованием этих работ с главным геологом и главным маркшейдером производственного объединения.

Наблюдения за осадками и деформациями объектов нефтегазодобывающего производства выполняют с целью обеспечения их эксплуатационной надежности и долговечности, а также для предотвращения случаев загрязнения окружающей среды нефтью и взрыво- и пожароопасных ситуаций и для своевременного принятия мер по устранению или предупреждению критических деформаций.

Значения допустимых и критических деформаций устанавливаются соответствующим нормами проектирования зданий и сооружений, правилами технической эксплуатации оборудования или заданием на проектирование.

Работы по наблюдению за осадками и деформациями объектов нефтегазодобывающего производства выполняют по утвержденной руководством НГДУ программе, в которой указываются здания и сооружения, части зданий и сооружений, за которыми следует вести наблюдения; схема расположения исходных геодезических пунктов и контрольных (деформационных) марок; периодичность наблюдений; требуемая точность; перечень отчетных документов.

В результате работ по наблюдениям за осадками и деформациями зданий и сооружений геодезическими методами оформляют следующие материалы: технический отчет; журналы измерений, ведомости вычислений и уравнивания с оценкой точности; план расположения деформационных марок, исходных реперов, плановых знаков; ведомость вычисления численных значений и направления деформаций; графики деформаций; план изолиний равных оседаний.

В зависимости от конкретных технических требований и условий наблюдений осадки и деформации зданий и сооружений определяют следующими методами либо комбинацией их:

- вертикальные деформации – геометрическим нивелированием, геометрическим нивелированием с использованием лазерных визиров, тригонометрическим нивелированием, гидростатическим нивелированием, фотограмметрическим методом, методами спутниковой геодезии;
- горизонтальные деформации – методами створных измерений; отдельных направлений, засечек; триангуляции, трилатерации, полигонометрии, фотограмметрии, методами спутниковой геодезии;

- крен – оптическими способами (визированием, проектированием, координированием, измерением углов и направлений); механическими способами с применением отвесов, кренометров и т.п.; методом нивелирования; фотограмметрическим методом и лазерными сканирующими приборами.

Наблюдения за деформациями объектов нефтегазодобывающего производства выполняют два-четыре раза в год с возможной корректировкой частоты наблюдений в зависимости от абсолютных значений деформаций.

После каждого цикла наблюдений объекты наблюдений подлежат визуальному осмотру с целью выявления у них видимых деформаций. При появлении трещин в фундаментах и стенах сооружений на них устанавливают дополнительные марки, маяки, щелемеры.

Погрешности определения вертикальных, горизонтальных деформаций и кренов не должны превышать значений для принятых методов измерения.

Основным методом измерений вертикальных деформаций объектов нефтегазодобывающего производства являются геометрическое нивелирование II и III классов. Для определения деформаций особо ответственных сооружений применяют нивелирование по методике I класса.

Схема размещения и типы исходных реперов и марок при наблюдении за вертикальными деформациями зависят от компоновки зданий и сооружений, инженерно-геологической и топографической характеристик местности, требуемой точности наблюдений, а также технологических особенностей объектов наблюдений.

Контрольные марки нивелируют от исходных реперов.

Исходными реперами могут служить: имеющиеся пункты государственной высотной сети; глубинные телескопические и фундаментальные реперы, закладываемые в коренные породы; грунтовые реперы и марки, закладываемые специально для наблюдений.

Число исходных реперов должно быть: грунтовых – не менее трех, стенных – не менее четырех.

Значения высот на установленные реперы передают от ближайших пунктов государственной высотной сети. Неподвижность исходных реперов проверяют перед каждым циклом измерений проложением контрольных нивелирных ходов. Невязка замкнутого нивелирного хода не должна превышать, мм:

класс I .....  $0,5\sqrt{n}$ ;

класс II .....  $5\sqrt{n}$ ;

класс III .....  $10\sqrt{n}$ .

Здесь  $n$  – число станций в ходе.

Контрольные марки располагают по углам зданий, в местах примыкания продольных и поперечных стен, по обе стороны температурных и осадочных швов, вокруг зон с наибольшей динамической нагрузкой и зон с менее благоприятными инженерно-геологическими условиями.

Установленные марки привязывают к осям сооружения, к углам, проемам или к отдельным выступам фундамента и наносят на план сооружения.

Нивелирование контрольных марок производят не ранее чем через одни сутки, а исходных грунтовых реперов – через 10 дней после их закладки.

В зоне многолетней мерзлоты нивелирование грунтовых реперов разрешается производить не ранее чем через два месяца после закладки их способами бурения и протаивания грунтов. В каменистых грунтах и в зоне многолетней мерзлоты грунтовые реперы закладывают котлованным способом, нивелирование их разрешается производить спустя ближайшей зимний период после закладки.

По линиям нивелирования I и II классов грунтовые реперы, как правило, закладывают за год до нивелирования.

Нивелирование контрольных марок, в зависимости от конкретных требований и условий наблюдений, производят замкнутыми ходами, в прямом и обратном направлениях, двойными ходами с изменением горизонта инструмента. Контроль превышений ведут по двум сторонам или по двум шкалам реек.

В каждом цикле наблюдений нивелирование производят по одной и той же схеме ходов. С целью обеспечения постоянства расстояний от нивелира до контрольных марок в каждом первом цикле наблюдений рекомендуется закрепить на местности точки установки нивелира.

Математическая обработка результатов измерений заключается в проверке полевых материалов, вычислении превышений, невязок, уравнивании нивелирной сети, оценке значений деформаций и их погрешностей, составлении ведомостей по каждому циклу наблюдений, графическом оформлении материалов.

Наблюдения за деформациями подкрановых путей выполняют методом геометрического нивелирования, В случаях труднодоступности нивелируемых точек применяют методы тригонометрического или гидростатического нивелирования.

Для уникальных зданий и сооружений можно применять стационарные системы гидростатического нивелирования, системы с использованием лазерных визиров с визуальным или дистанционным съемом информации.

Горизонтальные деформации объектов нефтегазодобывающего производства определяют относительно исходных плановых знаков, которые могут либо выступать над землей, либо быть скрытыми. В качестве плановых знаков можно применять типовые центры. Репер, имеющий на своем оголовке центр в виде перекрестия или точки, может служить также плановым знаком.

Наиболее удобными являются выступающие знаки в виде железобетонных столбов, закладываемых ниже границы промерзания грунта, верхняя часть которых снабжена центрировочным устройством.

Исходные плановые знаки (два-три) устанавливают вне зоны (сферы) воздействия сооружений, в наиболее устойчивых местах.

Контрольные марки для определения горизонтальных деформаций закладывают непосредственно на сооружении с учетом беспрепятственной их видимости с исходных знаков. Конструкция марок должна предусматривать устройство для установки визирных приспособлений.

Средние квадратические погрешности определения горизонтальных деформаций и зависимости от применяемого метода приведены в табл. 14.2.

При створных наблюдениях для определения горизонтальных деформаций применяют способ измерения малых (параллактиче-

Таблица 14.2

Методы наблюдений	Средняя квадратическая погрешность, мм
Створные измерения	2
Отдельные направления	4
Засечки	5-8
Триангуляции	8
Комбинированные	10

ских) углов или способ подвижной марки. Створ задают между исходными знаками линией визирования теодолита, световым лучом (лазером), металлической струной.

Крен буровых вышек, дымовых труб, водонапорных башен и других сооружений подобного типа определяют оптическими и механическими способами или по результатам нивелирования оснований этих сооружений. Численное значение крена выражают в линейной, угловой или относительной мерах.

Метод визирования для определения крена сооружений и конструкций применяют преимущественно в процессе строительства. Суть его заключается в определении численного значения и направления отклонения вертикальной оси сооружения от отвесной линии, устанавливаемой (задаваемой) приборами вертикального проектирования. Вектор крена определяют при помощи специальной палетки, устанавливаемой на определенном горизонте или наверху сооружений.

При определении крена способом проектирования на двух взаимно перпендикулярных осях сооружения на удалении не менее 20 м от него закладывают два знака, с которых теодолитом (при двух положениях круга) проектируют четкую верхнюю точку сооружения или специально установленную марку на палетку (линейку), закрепленную в нижней части сооружения. Расстояния между проекциями наблюдаемой точки (марки), полученные между циклами измерений, являются составляющими крена в центральной проекции. По составляющим крена  $q_1$  и  $q_2$ , полученным соответственно с первой и второй станций, определяют значение крена графически или аналитически по формуле

$$\Theta = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}. \quad (14.25)$$

Значение крена в угловой мере вычисляют по формуле

$$\varphi = 206\,265 \Theta / H, \quad (14.26)$$

где  $H$  – высота сооружения.

При определении крена способом измерения углов размещение знаков для наблюдений выполняют согласно Инструкции. Путем периодического измерения горизонтальных углов между исследуемой точкой сооружения и ориентирами находят приращение углов  $\Delta\beta_1$  и  $\Delta\beta_2$  между циклами измерений. Горизонтальные положения

$S_1$  и  $S_2$  до исследуемой точки сооружения определяют прямой засечкой. Составляющие крена  $q_1$  и  $q_2$  вычисляют по формулам

$$q_1 = \frac{S_1 \Delta \beta_1''}{206\,265}; \quad (14.27)$$

$$q_2 = \frac{S_2 \Delta \beta_2''}{206\,265}. \quad (14.28)$$

При определении крена способом координирования вокруг сооружения на расстоянии не менее двух-трех его высот прокладывают замкнутый полигонометрический ход 1-го или 2-го разряда и вычисляют в условной системе координаты трех-четырёх постоянно закрепленных точек. С этих точек периодически прямой засечкой находят координаты четкой точки или специально установленной марки на вершине сооружения. По разностям координат исследуемой точки между циклами наблюдений находят численное значение крена и его направление.

При определении крена методами нивелирования из результатов периодических наблюдений определяют численные значения осадок контрольных марок, по разностям которых в двух взаимно перпендикулярных направлениях вычисляют значения наклона фундамента  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$ .

Составляющие крена вычисляют по формулам

$$q_1 = \frac{\Delta S_1}{L_1} H; \quad (14.29)$$

$$q_2 = \frac{\Delta S_2}{L_2} H, \quad (14.30)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  – расстояния между марками в плане.

Наблюдения за деформациями стальных вертикальных цилиндрических резервуаров и их оснований выполняют следующими методами:

- геометрическим (в особых случаях гидростатическим) нивелированием, с помощью которого определяют деформации в вертикальной плоскости;
- стереофотограмметрическим, с помощью которого определяют деформации во всех плоскостях.



Нивелирование окрайки днища резервуаров необходимо производить со следующей периодичностью:

- один раз в два месяца – в первые 12 мес. эксплуатации (до стабилизации осадочных процессов);
- один раз в шесть месяцев – в последующие годы; на этом этапе периодичность можно корректировать с учетом данных предварительного расчета деформаций земной поверхности в пределах резервуарного парка и прогнозируемых значений исследуемых деформаций.

Гидростатическое нивелирование днища резервуара следует проводить каждый раз при ремонте резервуара с его опорожнением.

У резервуаров в первые четыре года эксплуатации (до стабилизации осадки основания) отклонения от горизонтали наружного контура днища незаполненного резервуара объемом от 2000 до 20 000 м<sup>3</sup> не должны превышать для двух соседних точек по контуру  $\pm 20$  мм, а для диаметрально противоположных точек – 50 мм. Отклонения при заполненном резервуаре не должны превышать  $\pm 40$  мм для двух соседних и 80 мм – для диаметрально противоположных точек.

У резервуаров объемом 2000–20 000 м<sup>3</sup>, находящихся длительное время в эксплуатации, отклонения для двух соседних точек не должны превышать  $\pm 60$  мм, а для диаметрально противоположных – 100 мм.

Для резервуаров объемом 700–1000 м<sup>3</sup> отклонения не должны превышать 75 %, а для резервуаров объемом 100–400 м<sup>3</sup> – 50 % значений, приведенных выше.

При отклонениях, превышающих указанные, границы просевшего участка основания подлежат исправлению.

Грунтовые реперы, используемые при выполнении геометрического нивелирования, размещают вне зоны влияния напряжений, создаваемых резервуарами.

Нивелирование окрайки днищ резервуаров выполняют по часовой стрелке по точкам, находящимся друг от друга на расстоянии 6 м и совпадающим в большинстве случаев с вертикальными швами нижнего пояса резервуара. Точки нивелирования маркируют краской с указанием номера точки.

Нивелируют фундамент лестницы, а также фундаменты приемных технологических трубопроводов под запорную арматуру. Точки нивелирования маркируют.

Нивелирование стальных вертикальных цилиндрических резервуаров можно выполнять по традиционной методике геометрического нивелирования либо "коротким лучом" приборами, обеспечивающими получение отметок исследуемых точек со средней квадратической погрешностью  $\pm 5$  мм.

При использовании наземной стереофотограмметрической съемки определяют деформации исследуемых точек резервуаров по осям координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  и вектору полного смещения.

Деформации исследуемых точек можно определять непосредственно при современном наблюдении разновременных снимков либо как функции координат точек, определенных при раздельном наблюдении снимков нулевого и деформационного циклов.

Изображение исследуемого резервуара получают на трех или четырех (в зависимости от объема) имеющих общие точки стереопарах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли* / Под. ред. К.Н. Трубецкого. – М.: Изд. АГН, 1997.
2. *Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений* / М-во цв. мет. СССР. Горное управление: Введ. 3.07.86. – Разраб. ВНИМИ, ВНИПИГорцветмет. – М.: Недра, 1988. – 112 с.
3. *Инструкция по производству маркшейдерских работ*. Минуглепром СССР, ВНИМИ. – М.: Недра, 1987.
4. *Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании*. – М.: АЭН, 1999. – 220 с.
5. *Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах*. – М.: Недра, 1979.
6. *Методические указания по наблюдениям за деформацией бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости*. ВНИМИ. – М., 1998.
7. *Новые технологии ведения подземных маркшейдерских работ* / Е.Д. Жариков, Е.И. Рыхлюк, В.Б. Лебедев и др. – М.: Недра, 1992.
8. *Орлов Г.В., Иофис М.А. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки: Учеб. пособ.* – М.: МГИ, 1990. – 117 с.
9. *Основы геодезии и маркшейдерского дела: Учебник для иностранных студентов* / В.А. Букринский, Г.В. Орлов, Е.М. Самошкин и др. / Под ред. В.А. Букринского. – М.: Недра, 1989.
10. *Певзнер М.Е. Горный аудит*. – М.: Изд-во МГГУ, 1999.
11. *Певзнер М.Е. Горное право*. – М.: Изд-во МГГУ, 2001.
12. *Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр*. Утверждено Постановлением Госгортехнадзора от 22 мая 2001 г. № 18.
13. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях*. – СПб., 1998. – 291 с.
14. *Романов В.А. Теория ошибок и способ наименьших квадратов*. – М.: Углетехиздат, 1952.
15. *Сборник нормативных материалов по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ в угольной отрасли России*. – М.: ИПКОН РАН, 1998.
16. *Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О., Хитров А.М. Концепция геодинамической опасности освоения углеводородного потенциала недр России* – М.: Изд-во ИГиРГИ, 2000. – 56 с.
17. *Стандарт предприятия ПО "Апатит" (СТП 6-12-1-41-80) "Порядок производства маркшейдерских замеров и контроля горных работ"*.

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	5
<b>Часть 1. Маркшейдерия – базовый курс .....</b>	<b>7</b>
1. Предмет, содержание, цель и задачи маркшейдерии .....	9
1.1. Маркшейдерия. Основные понятия и определения .....	9
1.2. Маркшейдерия – составная часть недропользования .....	11
1.3. Маркшейдерия – учебная дисциплина в системе подготовки кадров для недропользования .....	17
1.4. Маркшейдерия – научная дисциплина в системе горных наук .....	19
1.5. Правовое положение маркшейдерской службы в Российской Федерации (права, обязанности, ответственность) .....	26
2. Нормативные правовые основы недропользования .....	35
Введение .....	35
2.1. Государственный контроль и надзор за рациональным использованием и охраной недр .....	37
2.2. Государственный контроль и надзор за промышленной безопасностью недропользования .....	42
2.3. Государственный контроль и надзор за экологической безопасностью недропользования .....	44
2.4. Правовое регулирование условий предоставления геологического, горного и земельного отводов .....	45
2.5. Правовое регулирование платежей за пользование недрами .....	46
2.6. Ответственность за нарушение законодательства о недропользовании .....	47
2.7. Понятие об аудите недропользования .....	48
3. Общие сведения о маркшейдерских съемках .....	53
3.1. Средства для проведения маркшейдерских работ .....	53
3.2. Применение спутниковых навигационных и инерциальных систем в маркшейдерии .....	54
3.2.1. Мобильные средства измерений для производства маркшейдерских работ .....	54
3.2.2. Основные показатели глобальной системы местоопределения .....	56
3.2.3. Принцип работы GPS с использованием одночастотного приемника .....	61
3.2.4. Основы производства маркшейдерских работ спутниковыми приборами .....	65
3.2.5. Методика организации работ .....	67
3.2.6. Эффективность применения GPS на горно-добывающих предприятиях .....	68

3.2.7. Инерциальный метод местоопределения .....	69
3.3. Маркшейдерская документация .....	74
3.4. Оценка точности измерений в маркшейдерских съемках .....	77
3.4.1. Общая характеристика маркшейдерских измерений .....	77
3.4.2. Погрешность измерения углов .....	80
3.4.3. Погрешности измерения длин линий .....	84
4. Основы маркшейдерского обеспечения рационального использования и охраны недр .....	90
Введение .....	90
4.1. Маркшейдерские работы по определению и учету объемов выполненных горных работ .....	93
4.1.1. Маркшейдерские работы по определению и учету объемов добычи и вскрыши на карьерах и разрезах .....	94
4.1.2. Маркшейдерские работы по определению и учету объемов горных работ при подземной разработке месторождений полезных ископаемых .....	99
4.1.3. Маркшейдерские работы на складах .....	102
4.2. Определение и учет потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче .....	104
4.3. Классификация и учет состояния и движения запасов полезных ископаемых .....	115
4.3.1. Классификация запасов полезных ископаемых .....	115
4.3.2. Учет состояния и движения запасов полезных ископаемых .....	121
5. Основы маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности недропользования .....	126
5.1. Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ в опасных зонах .....	126
5.2. Маркшейдерское обеспечение застройки площадей залегания полезных ископаемых .....	130
6. Маркшейдерское обеспечение консервации и ликвидации горных предприятий .....	135
7. Основы маркшейдерского обеспечения экологической безопасности недропользования .....	142
<b>Часть 2. Виды маркшейдерского обеспечения недропользования .....</b>	<b>147</b>
8. Маркшейдерское обеспечение геологического изучения недр .....	149
8.1. Задачи маркшейдерского обеспечения геолого-разведочных работ .....	149
8.2. Построение маркшейдерско-геодезической опорной сети .....	149
8.3. Составление топографической основы геологических карт .....	150
8.4. Методы переноса в натуру и привязка разведочных выработок .....	151
8.5. Меры безопасности при производстве маркшейдерских работ .....	153
9. Маркшейдерское обеспечение открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых (физико-технической открытой геотехнологии) .....	158
9.1. Виды маркшейдерского обеспечения открытого способа разработки месторождений .....	158

9.2. Создание и развитие опорно-съёмочных сетей .....	159
9.3. Маркшейдерское обеспечение строительства карьеров .....	167
9.4. Маркшейдерское обеспечение монтажа и эксплуатации горно-транспортного оборудования .....	168
9.5. Маркшейдерское обеспечение производства буровзрывных работ ...	170
9.6. Маркшейдерское обеспечение сооружения транспортных путей .....	172
9.7. Маркшейдерские съёмки горных выработок и отвалов вскрышных пород .....	175
9.8. Маркшейдерское обеспечение дражной и гидромеханизированной разработки месторождений .....	179
9.9. Меры безопасности при производстве маркшейдерских работ .....	182
10. Маркшейдерское обеспечение подземного способа разработки месторождений полезных ископаемых (физико-технической подземной геотехнологии) .....	184
10.1. Виды маркшейдерского обеспечения подземного способа разработки месторождений полезных ископаемых .....	184
10.2. Маркшейдерские опорные и съёмочные сети .....	186
10.2.1. Горизонтальная съёмка горных выработок .....	186
10.2.2. Вертикальная съёмка горных выработок .....	198
10.3. Ориентирно-соединительные съёмки .....	203
10.3.1. Общие сведения .....	203
10.3.2. Гироскопическая ориентирно-соединительная съёмка .....	205
10.3.3. Геометрическое ориентирование через один вертикальный ствол .....	211
10.3.4. Геометрическое ориентирование через два вертикальных ствола .....	215
10.3.5. Упрощенные методы ориентирования .....	217
10.3.6. Организация работ и техника безопасности при геометрическом ориентировании .....	220
10.4. Маркшейдерские работы в нарезных и очистных выработках .....	222
10.4.1. Общие сведения .....	222
10.4.2. Съёмка нарезных выработок .....	224
10.4.3. Съёмка очистных забоев .....	225
10.5. Маркшейдерское обеспечение проведения выработок встречными забоями .....	229
10.5.1. Общие сведения .....	229
10.5.2. Предрасчет погрешности смыкания забоев .....	232
11. Маркшейдерское обеспечение скважинных методов добычи полезных ископаемых (физико-химической геотехнологии) .....	237
11.1. Общие сведения о скважинных методах добычи полезных ископаемых .....	237
11.2. Маркшейдерское обеспечение строительства скважин .....	240
11.3. Маркшейдерский контроль обустройства и разработки месторождений полезных ископаемых .....	248
11.3.1. Организация контроля .....	256

11.4. Маркшейдерское обеспечение эксплуатации и ремонта подводных переходов трубопроводов .....	258
11.5. Маркшейдерское обеспечение разработки морских нефтяных и газовых месторождений .....	267
12. Маркшейдерское обеспечение строительства и эксплуатации подземных сооружений (строительной геотехнологии) .....	272
12.1. Основные сведения о проектной документации строительства .....	272
12.2. Задачи маркшейдерского обеспечения строительства и реконструкции подземных сооружений .....	274
12.2.1. Проверка проектных чертежей .....	275
12.2.2. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру ....	276
12.2.3. Способы разбивочных работ .....	286
12.2.4. Контроль соблюдения установленного проектом соотношения элементов сооружения .....	292
12.2.5. Наблюдения за деформациями сооружений .....	293
12.2.6. Исполнительные съемки .....	298
12.2.7. Учет объемов основных строительных работ .....	300
12.3. Маркшейдерское обеспечение строительства технологического комплекса на промышленной площадке .....	303
12.3.1. Построение разбивочной сети .....	303
12.3.2. Маркшейдерское обеспечение проходки, крепления и армирования стволов .....	305
12.3.3. Маркшейдерское обеспечение монтажа подъемного комплекса .....	310
12.4. Маркшейдерское обеспечение проведения околоствольных выработок .....	316
<b>Часть 3. Геомеханические и геодинамические процессы в массиве горных пород и на земной поверхности при недропользовании и их мониторинг .....</b>	<b>319</b>
13. Геомеханические процессы в массиве горных пород при разработке месторождений открытым способом и их мониторинг .....	323
13.1. Общие сведения о геомеханических процессах в массиве горных пород при разработке месторождений открытым способом .....	323
13.2. Классификация методов расчета устойчивости откосов на карьерах .....	325
13.3. Прогнозирование и картирование геомеханических процессов на карьерах .....	331
13.4. Мониторинг геомеханических процессов на карьерах и разрезах....	334
14. Геомеханические и геодинамические процессы при разработке месторождений подземным способом и скважинными методами и их мониторинг ....	339
Введение .....	339
14.1. Сдвигание горных пород и земной поверхности при подземной разработке твердых полезных ископаемых .....	339
14.1.1. Общие сведения о процессе сдвижения горных пород, земной поверхности и задачи, решаемые при его изучении .....	339

14.1.2. Формы и схемы сдвижения горных пород при разработке пластовых месторождений .....	341
14.1.3. Основные понятия и параметры процесса сдвижения .....	345
14.1.4. Факторы и условия, влияющие на процесс сдвижения горных пород и земной поверхности .....	352
14.1.5. Методы изучения процесса сдвижения .....	355
14.1.6. Маркшейдерские и геофизические наблюдения за сдвижением толщи горных пород .....	358
14.1.7. Наблюдательные станции для определения сдвижений и деформаций земной поверхности и подрабатываемых объектов .....	363
14.1.8. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при отсутствии сдвижения пород лежащего бока .....	370
14.1.9. Условия безопасной подработки зданий, сооружений и меры их охраны .....	375
14.2. Динамические проявления горного давления при разработке месторождений твердых полезных ископаемых .....	381
14.3. Деформационные процессы, обусловленные разработкой месторождений нефти и газа .....	382
14.3.1. Причины возникновения деформационных процессов .....	382
14.4. Мониторинг геомеханических и геодинамических процессов при скважинных методах разработки месторождений .....	400
Список литературы .....	414



**ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

# МАРКШЕЙДЕРИЯ

*Режим выпуска «стандартный»*

Редактор текста *О.И. Сорокина*  
Компьютерная верстка и подготовка  
оригинал-макета *В.П. Маньшев*  
Дизайн серии *Е.Б. Капралова*  
Зав. производством *Н.Д. Урбушкина*

*Диапозитивы изготовлены  
в Издательстве МГГУ*

Подписано в печать 17.03.2003. Формат 60x90/16.  
Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Times». Печать  
офсетная. Усл. печ. л. 26,5. Тираж 2000 экз. Заказ 585.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 062809  
Код издательства 5X7 (03)*

Отпечатано в ФГУП  
«Московская типография № 6» Минпечати РФ  
115088, Москва, Южнопортовая ул., 24

Магниеые штампы изготовлены  
в Первой Образцовой типографии

*119991, Москва, ГСП-1, Ленинский  
проспект, 6, Издательство МГГУ;  
тел. (095) 236-97-80, факс (095) 956-90-40;  
тел./факс (095) 737-32-65*

