

МАРКШЕЙДЕР – ГОРНЫЙ ШТУРМАН

Юрий Короб

Маркшейдер – синтетическая профессия, объединяющая знания в различных областях: математике, инженерной и высшей геодезии, картографии, геологии, горном деле. Как межотраслевой специалист маркшейдер должен знать технологии подземных и открытых горных работ, транспортного строительства, освоения подземного пространства, а также системы разработки, применяемые в угольной промышленности, чёрной и цветной металлургии, химической промышленности.

Подобно штурману, направляющему суда и летательные аппараты по верному курсу, маркшейдер обеспечивает проведение горных выработок в соответствии с проектом горного предприятия. Он устанавливает на местности («выносит в натуру») точку, в которой проектом предусмотрена проходка шахтного ствола, контролирует вертикальность его стенок, останавливает проходку на нужной глубине (достигающей сотен метров и даже превышающей километр), задаёт на этой глубине направление горизонтальным выработкам с точностью до одной угловой минуты.

В качестве примера рассмотрим рис.1, заимствованный из Википедии. Здесь месторождение, представленное двумя пластами, вскрыто двумя вертикальными стволами, пересёкшими верхний пласт и не дошедшими до нижнего. Из стволов пройдены горизонтальные выработки околоствольного двора до пересечения с верхним и нижним пластами, затем по восстанию пластов пройдены бремсберги и ходки, по простиранию – штреки. Это – система горных выработок на стадии строительства предприятия. При её создании именно маркшейдер обозначил устье каждой горной выработки, задавал ей направление как на прямых участках, так и на закруглениях.

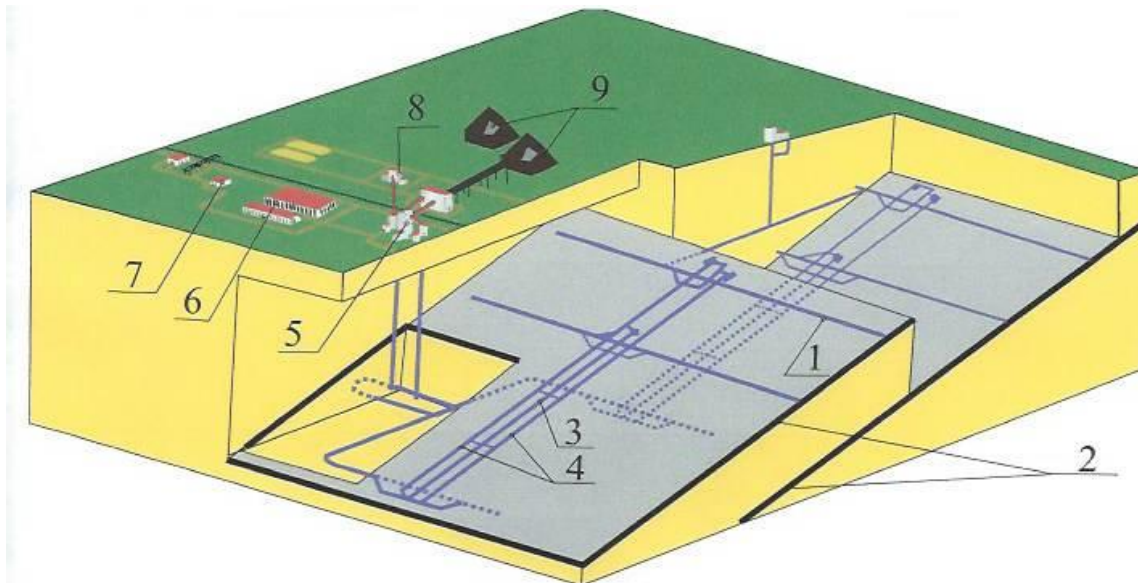


Рис.1. Угольная шахта в аксонометрической проекции: 1 – штрек (горизонтальная выработка по пласту), 2 – угольный пласт, 3 – бремсберг (транспортная выработка, пройденная по восстанию пласта), 4 – ходок (то же, для движения людей), 5 – надшахтный комплекс (копры, подъемные машины, эстакады, электроподстанции, насосные и вентиляционные установки и т.д.), 6 – административно-бытовой комбинат, 7 – лесной склад (склад крепёжных материалов), 8 – обогатительная фабрика, 9 – террикон (породный отвал).

Рассмотрим подробнее основные виды маркшейдерских работ на горном предприятии.

Создание опорных и съёмочных сетей

Вся территория страны покрыта государственной геодезической сетью постоянно закреплённых пунктов с известными координатами – абсциссой, ординатой и абсолютной отметкой (высотой над/под уровнем моря); расстояние между пунктами от 20–25 до 2–5 км. Для обеспечения хозяйственной деятельности предприятия нужны пункты на территории его земельного и горного отводов. Поэтому маркшейдер сгущает государственную сеть, вставляя отдельные пункты («точки») и/или прокладывая полигонометрические ходы. Принятую на поверхности плоскую прямоугольную систему координат он передаёт в подземные горные выработки, для чего выполняет ориентирно-соединительную съёмку, используя отвесы и гиротеодолиты. Далее по мере продвижения горных работ он создаёт и развивает подземные сети.

Съёмки

Используя пункты сетей, маркшейдер путём измерений и вычислений определяет пространственное положение объектов съёмки, которыми являются: на земной поверхности – элементы рельефа, водоёмы, дороги, промышленные и жилые здания, сооружения и т.д., в горных выработках – их контуры, особенности залежей полезного ископаемого, геологические нарушения, места капежа (притока воды из почвы и/или кровли выработки), обрушения горных пород и т.д.

Наиболее распространённые инструменты, применяемые при создании сетей и выполнении съёмок: 30-секундный теодолит, технический нивелир, металлическая мерная лента (рулетка) с смонтированным в её рукоятку динамометром.

Маркшейдер использует любые возможности проверить точность своих измерений и вычислений: замыкает полигон – в замкнутом полигоне, в отличие от висячего (незамкнутого), можно сравнить фактическую сумму измеренных внутренних углов с теоретической суммой; проводит повторно все измерения и вычисления; выполняет вычисления «в две руки», т.е. двумя исполнителями, действующими независимо друг от друга, и т.д.

С развитием подземных сетей накапливаются ошибки измерений, снижающие точность дальнейших маркшейдерских работ. Влияние ошибок уменьшают уравниванием (уравновешиванием) сетей, применяя математический аппарат теории ошибок (погрешностей) измерений. Работа эта трудоёмкая, требующая глубоких знаний и навыков.

Геометризация месторождения

Маркшейдер изучает форму и размеры залежей полезного ископаемого, пространственное размещение в них полезных и вредных компонентов, решает различные горногеометрические задачи. Это область маркшейдерии носит название «Геометрия недр». Здесь используются топофункции, различные виды проекций, корреляционный и регрессионный анализ, пространственное сглаживание показателей и т.д. В результате создаётся горная графическая документация, которая служит информационной основой планирования развития горных работ.

Проведение сбоек

К числу наиболее точных работ, наряду с ориентирно-соединительной съёмкой, относится проведение сбоек, т.е. проходка выработок встречными (навстречу друг другу) или догоняющими забоями (рис.2).

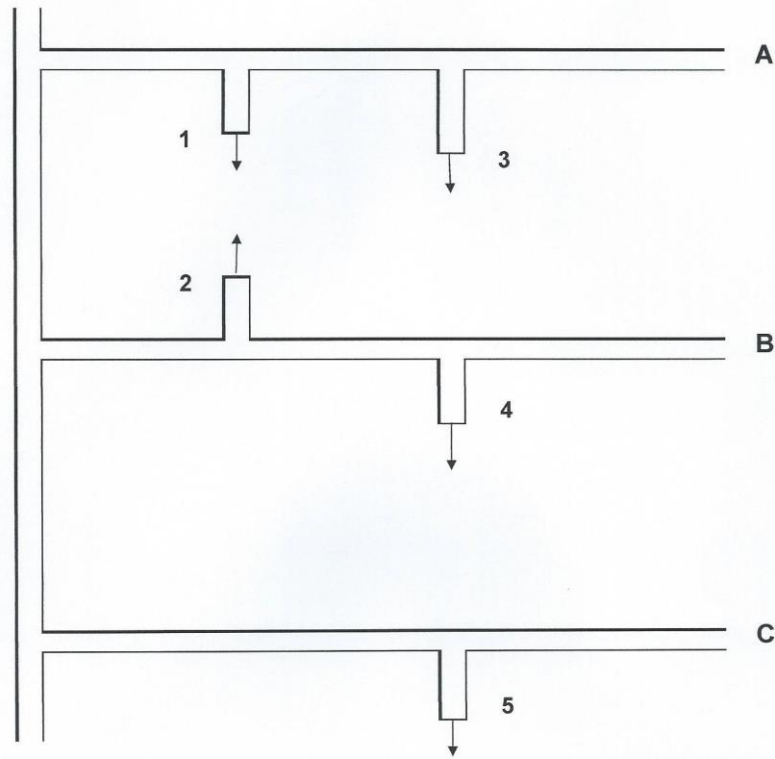


Рис.2. Проведение выработок встречными и догоняющими забоями:
1, 2 – встречные забои; 3, 4, 5 – догоняющие забои.

В зависимости от назначения выработки устанавливается допуск – максимально допустимая ошибка. Учитывая допуск, маркшейдер определяет, какими инструментами и способами нужно производить измерения при обслуживании проходки.

Маркшейдерский замер

С заданной периодичностью (не реже одного раза в месяц) выполняется маркшейдерский замер, т.е. определяется пространственное положение забоев всех действующих горных выработок, а также проводится съёмка резервного склада добытого полезного ископаемого на земной поверхности.

В процессе замера маркшейдер контролирует: направление и уклон (тангенс угла наклона) каждой выработки и транспортных путей в ней, параметры и состояние крепи, а также полноту выемки полезного ископаемого (потери) и степень загрязнения его вмещающими породами при добыче (разубоживание).

По результатам маркшейдерского замера определяются объёмы всех выполненных горных работ и добытого полезного ископаемого – основные показатели отчётности предприятия за соответствующий период, а также пополняется (актуализируется) горная графическая документация.

Проверка подъёмного комплекса

Маркшейдерская служба периодически контролирует фактическую геометрию элементов шахтного/рудничного подъёмного комплекса: осей барабанов подъёмных машин, шкивов на копрах, канатов, на которых подвешены скипы, а также сосуды для спуска/подъёма людей и вагонеток.

Построение и пополнение горной графической документации

На каждом строящемся и действующем предприятии имеется обязательный комплект маркшейдерской первичной (полевой), вычислительной и графической документации.

Графическая документация представлена планами, разрезами, проекциями на вертикальные и наклонные плоскости, профилями, объёмными графиками. Горные работы постоянно перемещаются в пространстве недр; их динамика фиксируется маркшейдерскими съёмками и отражается на периодически пополняемой, т.е. актуализируемой графической документации.

Эта документация – основа перспективного и оперативного планирования развития горных работ, решения инженерно-технических задач управления горными работами. Она является единственным документом, показывающим границы выработанного пространства, контуры оставленных целиков, границы подземных пустот. После консервации или ликвидации горного предприятия некоторые виды графической документации передаются в государственный архив на бессрочное хранение.

Планирование развития горных работ

Маркшейдерская служба (на рудных предприятиях – совместно с геологической службой) планирует развитие горных работ с учётом положения забоев всех выработок, особенностей строения месторождения, а также параметров проекта предприятия, плана добычи и предельно допустимого уровня потерь и разубоживания.

Охрана объектов от вредного влияния горных работ

Маркшейдерская служба изучает процесс сдвижения горных пород и земной поверхности под влиянием горных работ. Для этого на земной поверхности создаются наблюдательные станции, состоящие из реперов – постоянно закреплённых пунктов с известными координатами. Их располагают по направлениям, ориентированным в соответствии с элементами залегания залежей и положением подземных горных выработок. В специальных наблюдательных скважинах на разных глубинах закрепляют глубинные реперы, пространственное положение которых контролируется с поверхности. Ведутся периодические наблюдения за всеми реперами, вычисляются их перемещения под влиянием подработки. В результате определяются углы, под которыми распространяется процесс сдвижения налегающих горных пород, а также другие параметры, в дальнейшем используемые при построении предохранительных (охранных) целиков.

Целик – это участок залежи, в пределах которого нельзя вести горные работы, чтобы не повредить водоёмы, автомобильные и железные дороги, трубопроводы, здания, сооружения и другие природные и искусственные объекты.

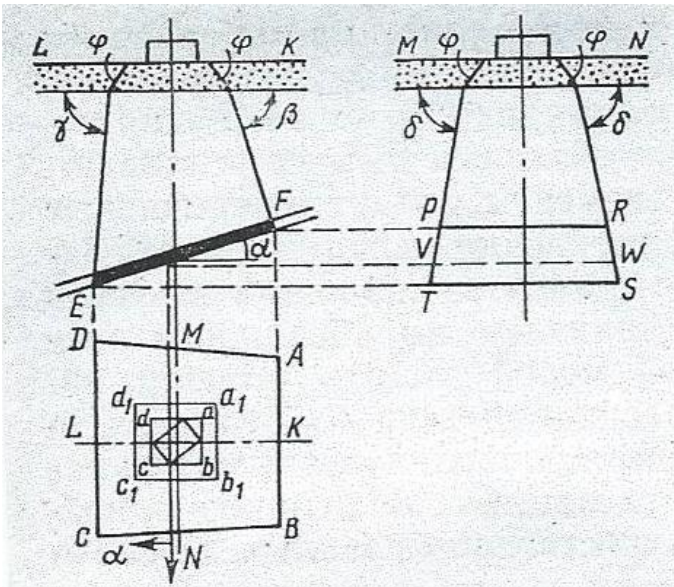


Рис.3. Построение предохранительного целика.

Пример графического построения предохранительного целика приведён на рис.3, где показаны углы сдвижения в наносах и коренных породах в проекциях на вертикальные плоскости, ориентированные по падению и простиранию пласта; построенный целик показан на плане фигурой ABCD, на вертикальных проекциях – фигурами EF и PRST.

Вдоль границ шахтного (рудничного) горного отвода оставляют барьерные целики, нарушение которых может повлечь вторжение в чужой горный отвод, или, ещё хуже, в выработанное пространство, оставленное старыми

горными работами. В последнем случае может произойти катастрофа - прорыв воды из старых горных выработок, выведение из строя действующего предприятия и массовая гибель людей.

На подрабатываемых зданиях и сооружениях закрепляются специальные закладные детали – «маяки», за которыми ведутся периодические наблюдения. Для предотвращения или уменьшения деформаций производится укрепление объектов.

Выполнение контрольных функций

Маркшейдерская служба наделена контрольными функциями. На горном предприятии имеется журнал маркшейдерских предписаний, обязательных для исполнения. Своим предписанием маркшейдер может остановить любой забой, заставить переделать некачественно выполненные горные работы, если они могут повлечь нарушение правил безопасности или правил технической эксплуатации оборудования, разрушение предохранительных и барьерных целиков.

Единое методическое руководство

В России все маркшейдерские работы выполняются в соответствии с требованиями межотраслевой «Инструкции по производству маркшейдерских работ», разработанной и актуализируемой Межотраслевым научным центром горной геомеханики и маркшейдерского дела (ранее – Всесоюзный научно-исследовательский маркшейдерский институт) ВНИМИ. В США маркшейдерские работы (mine surveying) регламентируются специальным федеральным законом.

Специалистов-маркшейдеров выпускают горные и горно-металлургические вузы и техникумы.

При вузах и ВНИМИ имеются советы по присуждению учёных степеней в области маркшейдерского дела.