© А.А. Панжин, 2008

УДК 622.1

А.А. Панжин

*РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПОРНОГО МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБОСНОВАНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСОВ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ**

Семинар № 2

Вопрос о реконструкции опорного маркшейдерского обоснования на горных предприятиях как геометрической основы для обеспечения всех видов съемки встает достаточно регулярно по ряду причин. По мере строительства и эксплуатации горного предприятия пункты маркшейдерского обоснования утрачиваются как в результате их прямого физического уничтожения в результате разноса бортов карьеров, строительных и дорожных работ, так из-за нарушения видимости между смежными знаками при застройке территории, отсыпке отвалов и других работ. Также вопрос реконструкции встает в связи с необходимостью закладки новых пунктов опорной сети в случае отсутствия оптической видимости на существующие пункты при обслуживании горных работ на глубоких горизонтах карьеров. Кроме этого, пункты опорного маркшейдерского обоснования, как правило находящие непосредственно в прибортовом массиве карьеров, на отвалах, в мульде сдвижения при подземном способе разработки, претерпевают значительные по величине изменения пространственных координат в связи с процессами деформирования, в связи с чем требуется регулярная проверка геометрических связей между ними.

Широко распространенная на горных предприятиях практика вставки новых пунктов в существующую опорную сеть имеет ряд недостатков. Поскольку опорная маркшейдерская сеть развивается от сетей более высокого порядка к сетям низкого порядка, на горном предприятии, опорное обоснование которого пер-воначально было представлено сетью полигонометрии 1 разряда, в результате подобных работ развивается опорная сеть сложной иерархической структуры, представленная слабо структурированными неравноточными геодезическими построениями 1 и 2 разряда. Как правило, предпринимаемые попытки уравнять такие неоднородные построения, расположенные на деформируемых основаниях, не приводят к желаемому результату, а только усугубляют положение.

В последние годы, в связи с широким внедрением в практику маркшейдерско-геодезических работ современных комплексов спутниковой геодезии, задача реконструкции опорного маркшейдерского обоснования на горных предприятиях и контроля его геометрических элементов при деформировании породного массива может быть решена при меньших затратах ресурсов труда и вре-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ.

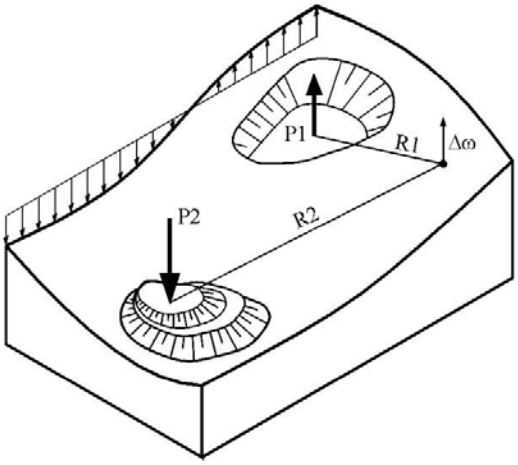

Рис. 1. Деформирование земной поверхности в результате нарушения изостатического равновесия

мени, чем при традиционных способах ведения геодезических работ, и с более высокой точностью. При развитии опорных маркшейдерских сетей с использованием комплексов спутниковой геодезии не требуется прямой оптической видимости как между исходными пунктами, так и между определяемыми, что позволяет успешно развивать опорное обоснование на застроенных территориях, в условиях промышленных площадок горных предприятий, карьеров и отвалов, с привязкой опорных маркшейдерских сетей непосредственно к пунктам Государственной геодезической сети (ГГС), находящихся на значительном удалении.

Однако в этом случае неизбежно приходится сталкиваться с проблемой выбора исходных пунктов ГГС для развития опорного маркшейдерского обоснования. Эта проблема обусловлена деформирование породного массива на больших площадях вследствие масштабного техногенного воздействия горных разработок, поскольку оно сопряжено с мощным техногенным воздействием на земную кору. Длительные сроки эксплуатации месторождений, большие объемы перемещаемых пород, концентрация добычи на ограниченных территориях, все это способствует нару-шению первоначального напряженно-деформирован-ного состояния земной коры на обширных территориях. В результате такого воздействия наряду с естественными геомеханическими процессами, такими как тектонические подвижки по структурным блокам возникают так называемые наведенные геомеханические процессы, вызванные техногенной деятельностью человека.

В качестве факторов техногенного воздействия выступают либо перемещения масс горных пород - выемка из карьеров и подземных разработок и складирование вскрышных пород и отходов обогащения в отвалы, либо нарушение гидрогеологического режима в связи с откачкой подземных вод. Источником формирования наведенных геомеханических процессов является нарушение первоначального равновесия в напряженном состоянии верхней части земной коры в результате добычи полезного ископаемого [2]. Вторичное поле напряжений формируется за счет образования выемок и пустот в горном массиве и за счет изостатического нарушения равновесия вследствие перемещения больших объемов горных пород, особенно при открытых разработках (рис. 1). На участке добычи, в карьере или зоне подземной добычи, происходит разгрузка массива, а на участке отвалообразования массив нагружается, вызывая возникновение момента сил в массиве, который реализуется в виде со-

ответствующих деформаций породного массива.

Математический аппарат для исследования поведения геомеханической модели основывается на классических решениях задачи Бусинеска для расчета модели, представленной бесконечным полупространством [2]. Укрупненные расчеты по моделям показали, что уровень вертикальных и горизонтальных перемещений под техногенной нагрузкой сопоставим с перемещениями, полученными по результатам геодезических съемок в районах мощных землетрясений, связанных с заполнением крупных водохранилищ, и составляет величины до 200-300 мм. Натурными исследованиями, проведенными на крупных горнодобывающих предприятиях Урала, Сибири и Казахстана, при реконструкции опорных маркшейдерских сетей, было установлено соответствие модельных представлений реальным распределениям деформаций [3].

Таким образом, при проведении геодезических работ в непосредственной близости от крупных горнодобывающих предприятий достаточно остро встает проблема исходных данных. С одной стороны, для реконструкции опорного маркшейдерского обоснования необходима сеть высокого порядка, в данном случае сохранившиеся пункты ГГС. Как показывает многолетняя практика проведения геодезических работ, территория, примыкающая к крупным горным предприятиям, достаточно хорошо освоена, что часто приводит к физической утрате центров ГГС. С другой стороны, в качестве исходных необходимы пункты ГГС находящиеся на участке массива горных пород, наименее подверженному воздействию деформаций от масштабной добычи полезных ископаемых.

Это условие может соблюдаться в двух случаях. С одной стороны, это условие соблюдается, когда исходные пункты расположены на значительном удалении – в 7-10 км от района ведения масштабных горных работ и отвалообразования. С другой стороны, при масштабном техногенном воздействии в результате ведения горных работ возникают противоположно направленные деформации породного массива, оседания массива и направленные в центр горизонтальные сдвижения в зоне отвалообразования и противоположные по знаку и направлениям сдвижения в области карьеров и зон обрушения. При расчетах модели, выполненных для горных предприятий, ведущих выемку полезного ископаемого и формирование отвалов пустых пород, выделяются зоны нулевых деформаций породного массива, образованные взаимной компенсацией величин разнонаправленных техногенных деформаций.

Исходя из этого, в качестве исходных пунктов для реконструкции опорных маркшейдерских сетей горных предприятий можно использовать пункты ГГС, расположенные либо на значительном удалении вне зоны влияния масштабных горных работ, либо расположенные в зоне нулевых деформаций. Районирование прилегающего у горному предприятию породного массива по степени деформационного воздействия производится с использованием математического аппарата теории упругости. При этом вычисляется деформационное воздействие на точку исследуемой территории каждого техногенного источника, суммарные деформации определяются, исходя из принципа суперпозиции.

Поскольку основной особенностью построения геодезических сетей с использованием комплексов спутниковой

геодезии является падение точности определения компонент пространственного вектора – приращений координат между фазовыми центрами приемников с увеличением расстояния между ними, что приводит к увеличению времени измерений на каждой точке наблюдений и повышению трудозатрат, задача реконструкции опорного маркшей-дерского обоснования решается в два этапа.

На первом этапе производится определение геометрических связей между всеми пунктами ГГС, находящимися в радиусе 7-10 км от района ведения горных работ (рис. 2). Измерения производятся в режиме статики с использованием как минимум 3 одновременно работающих приемников, что позволяет при одной установке полевого приемника проводить измерения по замкнутому контуру. В случае использовании большего количества одновременно работающих приемников число замкнутых контуров, по которым можно оценивать точность геодезических построений, увеличивается. После выполнения первого этапа полевых работ производится вычисление векторов между фазовыми центрами приемников и редуцирование их на центры знаков. Точность геодезических построений оценивается при анализе невязок, полученных при замыкании контуров. При использовании двухчастотных приемников геодезического класса на замкнутых контурах периметром 15-20 км относительные невязки, как правило, составляют величины 0.5-1.0 ppm. При отсутствии грубых погрешностей полученная сеть уравнивается в принятой на горном предприятии системе координат.

На этом этапе в качестве исходного может быть принят любой пункт ГГС, поскольку для решения проблемы центрирования и ориентирования сети необходимо и достаточно определить геометрические элементы – длины линий и превышения между соседними пунктами сети и сопоставить их исходными значениями. В представленной на (рис. 2) ситуации, линия «Лисьи Норы – Подгорный», в пределах погрешности измерений, не претерпела изменений как по длине линии, так и по превышению между реперами, поэтому она была принята в качестве исходной. Минимальные деформации по данной линии также ожидались и по результатам моделирования, поскольку она находится на значительном удалении от района ведения масштабных горных разработок, в зоне нулевых деформаций породного массива. Таким образом, пункты ГГС 3 класса «Лисьи Норы» и «Подгорный» были приняты в качестве исходных, от них была уравнена вся сеть и получены современные пространственные координаты пунктов, участвующих в дальнейших измерениях.

На втором этапе работ, непосредственно для определения координат пунктов опорной маркшейдерской сети карьера и отвалов был выбран базис «Поисковый – Асбестовый» (рис. 3), находящийся вблизи района выполнения геодезических работ. Использование близкорасположенного базиса позволяет, за счет уменьшения длины векторов между фазовыми центрами приемников увеличить точность геодезических построений и сократить затраты труда на проведение полевого цикла измерений.

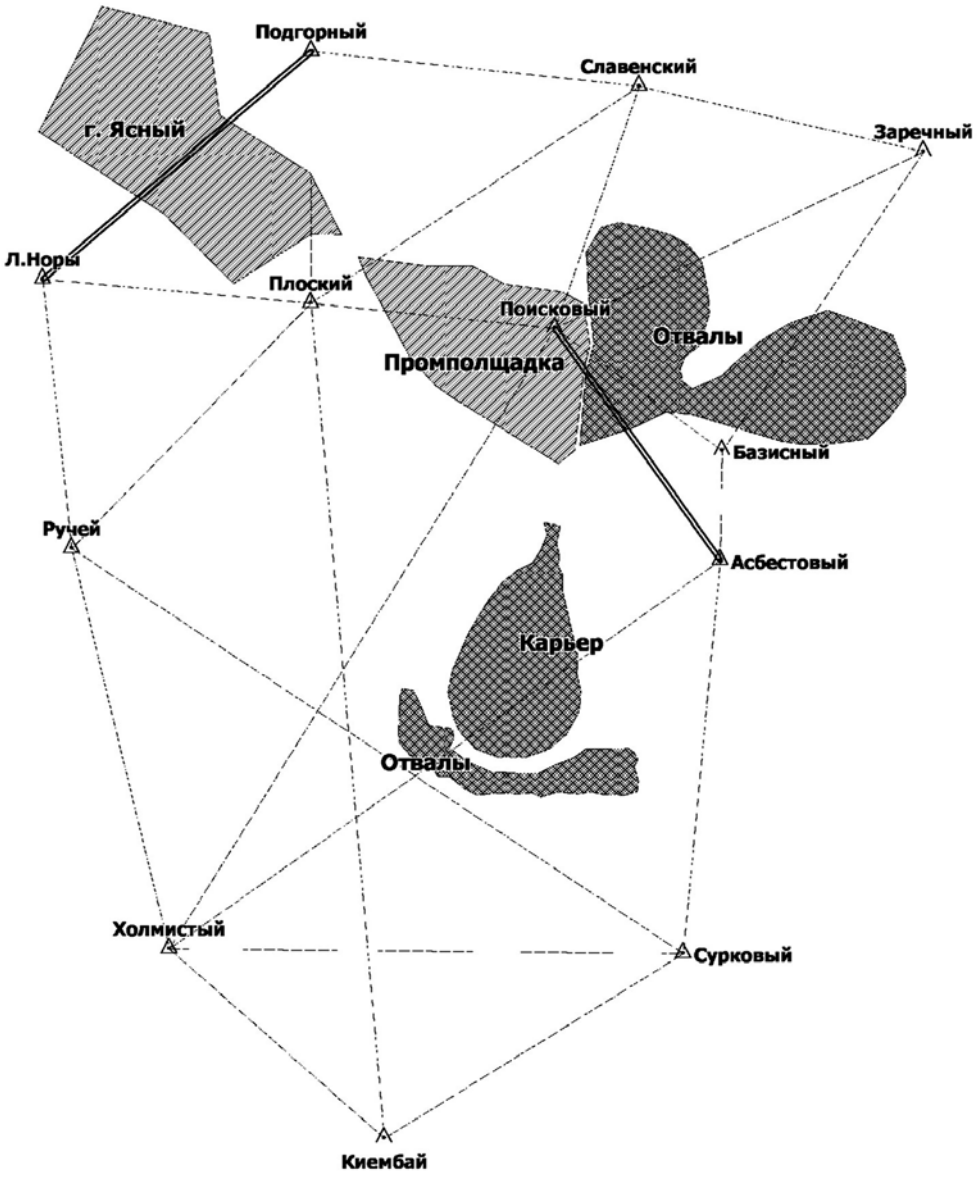

Рис. 2. Схема расположения пунктов ГГС и техногенных объектов на Киембаевском месторождении

При выполнении полевых работ для спутниковых геодезических приемника устанавливались на концы базиса, координирование пунктов опорного маркшейдерского обоснования производилось в комбинации одним или двумя полевыми приемниками. В данном случае при обработке результатов полевых измерений каждый определяемый репер сети являлся вершиной замкнутого

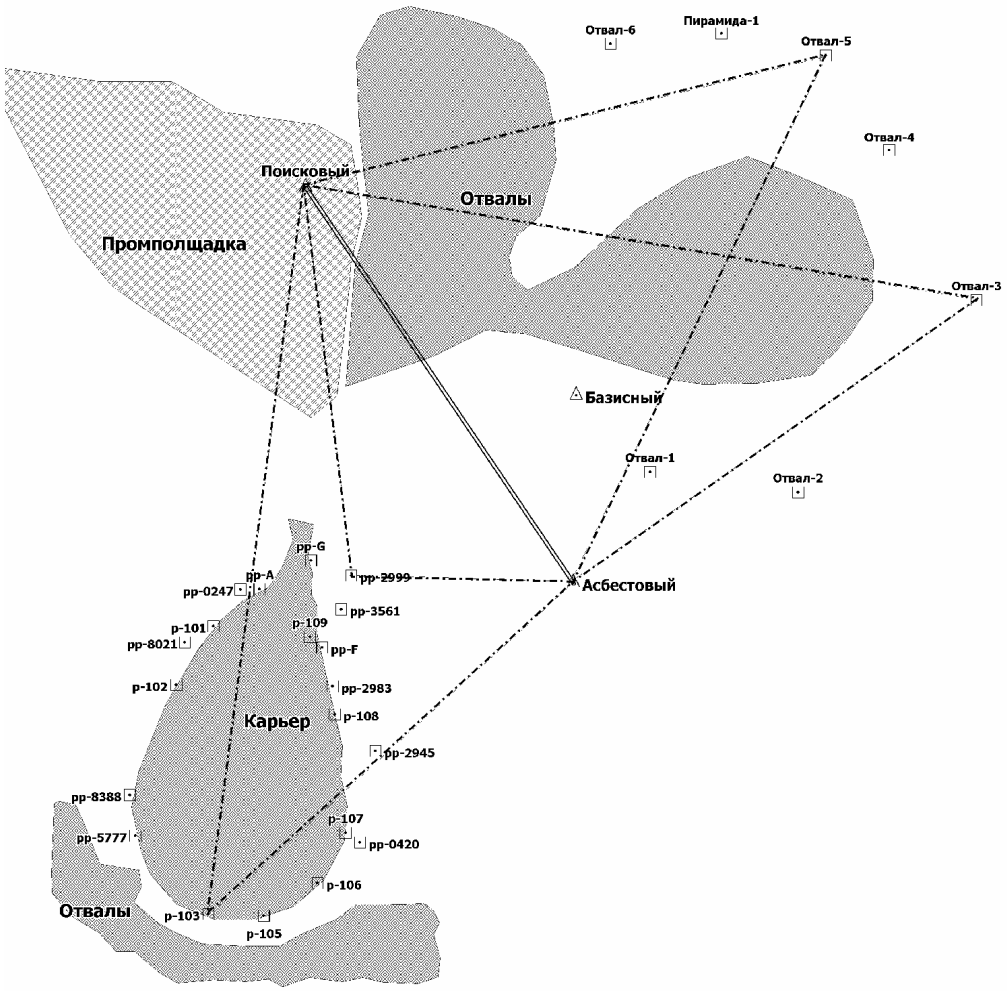

Рис. 3. Схема привязки пунктов опорного обоснования от базисной линии

геодезического построения, что позволяло оценить фактическую погрешность положения каждого пункта опорной сети по результатам уравнивания. При выполнении данной работы погрешность определения координат пунктов по результатам уравнивания от базиса «Поисковый – Асбестовый» оценивалась 5-10 мм в плане и до 15 мм по высоте, что является достаточным для использования реконструированной сети в качестве маркшейдерской опорной для карьера.

Таким образом, приведенный в статье комплекс работ по реконструкции опорного маркшейдерского обоснования для горного предприятия, позволил с минимальными трудозатратами определить современные координаты существующих и вновь заложенных реперов и уравнять их в единой системе координат. Численное сопоставление современных пространственных координат

пунктов опорной сети с их первоначальными значениями позволило также определить величины деформаций прибортового массива и выявить потенциально опасные по оползневым явлениям участки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сашурин А.Д.* Явления изостазии при разработке месторождений полезных ископаемых //Приложение результатов исследования полей напряжений к решению задач горного дела и инженерной геологии. - Апатиты: Кольский фил. АН СССР, 1985. - С.27-31.

2. *Лурье А.И.* Пространственные задачи теории упругости. - М.: Наука, 1955.

3. *Панжин А.А.* Наблюдение за сдвижением земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS. // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Вып.11. Серия: Горное Дело. – Екатеринбург. 2000 - С.196-203. ГИАБ

Коротко об авторе

Панжин А.А. – Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 2 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Н. Попов.*

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БУРЕНИЕ»			
БАРМОТИН Константин Сергеевич	Разработка смазочных добавок с повышенными антиприхватными свойствами для бурения и ликвидации прихватов при строительстве скважин	25.00.15	к.т.н.