*Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.*

# БУДУЩЕЕ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Доктор техн. наук *К. А. Звонарев*
(Ленинградский государственный ун-т)

Введение открытых и подземных работ нуждается в геодезическом обеспечении, которое достигается сетью надлежащим образом расположенных, закрепленных на местности точек, с требуемой точностью определенных в некоторых системах плановых координат и высотных отметок. Такая сеть может быть названа маркшейдерско-геодезической. В ней выделяются некоторая опорная сеть и сгущающие ее наземная и подземная сети съемочного обоснования. Опорная маркшейдерско-геодезическая сеть по своему положению в классификационной схеме относится к сети местного значения. Она строится в порядке сгущения государственных плановой и высотной геодезических сетей, точность которых удовлетворяет получению в маркшейдерско-геодезической опорной сети запаса точности, необходимой для развития сетей съемочного обоснования и решения всевозможных задач маркшейдерской практики.

Была сделана попытка [1] определения погрешности взаимного расположения точек маркшейдерско-геодезической опорной сети, обеспечивающей решение маркшейдерских задач с точностью, регламентированной технической инструкцией [6] по производству маркшейдерских работ.

Однако увеличение глубины горных разработок и размеров шахтных полей потребует повышения точности решения маркшейдерских задач и соответственно повышения точности сетей съемочного обоснования и точности взаимного расположения точек маркшейдерско-геодезической опорной сети. Нужно следить, чтобы всегда соблюдалось соответствие между практически необходимой точностью решения маркшейдерских задач и обеспечивающими ее точностями маркшейдерско-геодезических сетей съемочного обоснования и опорной. Нужно предугадывать эти точности и обеспечивать их надлежащим сгущением государственных геодезических плановой и высотной сетей маркшейдерско-геодезической опорной сетью и построением съемочного обоснования.

Соблюдение этих требований должно быть всегда в поле зрения организаций, разрабатывающих вопросы методики маркшейдерского обслуживания горных предприятий, в частности, построения маркшейдерско-геодезической опорной и съемочных сетей, и организаций, осуществляющих построение таких сетей в горнопромышленных районах. Например, такими организациями являются ВНИМИ (отдел методики

маркшейдерского дела) и Союзмаркштрест, в централизованном порядке осуществляющий развитие маркшейдерско-геодезических опорных сетей, что не под силу маркшейдерским бюро отдельных горнопромышленных предприятий и комбинатов, выполняющим лишь сгущение опорной сети сетями съемочного обоснования.

Опорные и съемочные маркшейдерско-геодезические сети должны строиться с минимумом работ, т. е. так, чтобы требуемая густота и точность взаимного расположения точек этих сетей достигалась с наименьшими затратами труда и денежных средств. Экономический критерий должен учитываться при оценке технической целесообразности построения сети. Для достижения минимума работ необходимо разработать и поддерживать на уровне современности исходные данные для экономических расчетов: состав бригад исполнителей, нормы выработки и стоимости выполнения отдельных операций, в совокупности слагающие плановую и высотную, опорную и съемочную маркшейдерско-геодезические сети.

Должна быть разработана методика определения условий минимума работ при построении конкретных маркшейдерско-геодезических опорных и съемочных сетей подобно тому, как это сделано автором применительно к геодезическому обоснованию крупномасштабного картирования [2].

Выше не конкретизировалось, в каких именно системах плановых координат и высотных отметок следует определять точки маркшейдерско-геодезических сетей. Что касается высотных отметок, то нет сомнений, что это должна быть общегосударственная система высот, так называемая Балтийская система, считаемая от нуля Кронштадтского футштока. В отношении плановых координат (брать ли их в общегосударственной системе плоских прямоугольных координат) это не так очевидно, так как их система меняется. В самом деле, в 30-х годах происходил длительный и трудоемкий переход от плоских прямоугольных координат в местных системах, например, от системы координат Баумана в Донбассе, от системы координат в стереографической проекции для съемок в районе горы Магнитной и других, к общегосударственной системе плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса (системе координат Гаусса—Крюгера). В основе плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса лежали геодезические координаты в Пулковской системе 1932 г. на референц-эллипсоиде Бесселя 1842 г. Все эти переходы от одной системы плоских прямоугольных координат к другой сопровождались переуравниванием геодезических сетей и изменением координат точек сетей всех ступеней, до самых низших. Это вызвало необходимость пересоставления всей графической документации, в частности маркшейдерской.

По мере изучения фигуры Земли возможны и в будущем изменения общегосударственной системы плоских прямоугольных координат за счет изменения геодезических координат, т. е. исходных геодезических дат и элементов референц-эллипсоида. Вероятно, известные достоинства проекции Гаусса сохранят ее и в будущем для обоснования системы плоских прямоугольных координат. В этом случае с изменением систем координат меняются абсолютные положения точек маркшейдерско-геодезических сетей, но не изменяется подобие их взаимного расположения в различных системах с взаимным расположением проекций соответствующих точек в натуре на среднюю уровенную поверхность *. Разница будет заключаться только в ориентировке сетей

---

* В маркшейдерско-геодезических сетях пренебрегают кривизной изображения в проекции Гаусса геодезических линий, так что прямые, соединяющие изображения

без изменения практически общего для всего горнопромышленного района множителя, вводимого за счет масштаба проекции в горизонтальные проекции длин.

Для решения задач маркшейдерской практики важна не точность абсолютного положения, а точность взаимного расположения точек маркшейдерско-геодезической сети. Поэтому для точек маркшейдерско-геодезической опорной сети, надежность которой проверена практикой решения всевозможных маркшейдерских задач, следует сохранить постоянной ту систему координат, в которой в настоящее время ведутся маркшейдерские работы. Конечно, постоянной при этом останется и система координат съемочного обоснования и маркшейдерской графической документации. Несомненна выгода сохранения в горнопромышленных предприятиях постоянной, незыблемой системы координат, не зависящей от изменения общегосударственной системы координат.

Вместе с изменением общегосударственной системы координат изменятся координаты связанных с государственной сетью точек маркшейдерско-геодезической опорной сети. Однако новые координаты не будут распространяться на основанные на ней съемочные сети и графические документы. Точки же маркшейдерско-геодезической опорной сети будут определяться в двух системах: переменной общегосударственной для связи с ней и незыблемой, постоянной местной рабочей системе, в которой ведутся маркшейдерские и связанные с ними работы.

Так сохраняется незыблемость системы рабочих координат в горнопромышленном районе, обеспечиваемом некоторой единой маркшейдерско-геодезической опорной сетью. Однако незыблемость системы координат сохраняется только до тех пор, пока маркшейдерско-геодезическая опорная сеть по точности будет соответствовать своему назначению. После надлежащего повышения точности сгущения ею** государственной сети точки маркшейдерско-геодезической сети получат новые координаты, в соответствии с этим изменятся координаты основанного на ней комплекса точек обоснования маркшейдерских съемок, что вызовет изменение координатных осей на маркшейдерских планах.

После этого рабочие координаты точек маркшейдерского обоснования снова станут незыблемыми. Таким образом, незыблемость системы координат местной рудничной опорной сети определяется надежностью обеспечения ею решения маркшейдерских задач и независимостью от изменения координат государственной опорной сети. В свое время Н. Г. Келль отмечал, что «...иметь всегда в перспективе необходимость перечисления координат — вряд ли можно считать нормальным» [4, стр. 210]. Далее он развивал мысль, каким именно образом можно создать неизменную систему координат: при помощи точек первоклассного триангуляционного ряда, протянутого по параллели с широтой 54—55°, отвечающей в проекции Гаусса абсциссе $x \approx 600$ *км*, на средних меридианах шестиградусных полос в точках, изображения которых в проекции Гаусса имеют абсциссы $x = 6000000{,}000$ *м*, строить «геопамятники».

Таким образом, геопамятники будут иметь координаты Гаусса $x = 6000000{,}000$ *м*, $y = 0$. По представлению Н. Г. Келля, геопамятники должны быть солидными, долговечными и иметь основания, приспособленные для различных геодезических, астрономических, гравиметриче-

---

точек в проекции Гаусса, принимаются за изображения соответствующих геодезических линий.

** Соблюдая при этом обеспечение определенного запаса точности на будущее, о чем говорилось выше.

ских, магнитных и других наблюдений. Отдельные геопамятники посвящаются памяти того или иного выдающегося советского государственного деятеля и увенчиваются его статуей.

Наряду с геопамятниками, к северу и югу от них на осевом меридиане через 10 *км* строятся «декапункты», в натуре закрепляющие меридиан, изображаемый осью абсцисс координат Гаусса. «Раз отмеченная ось абсцисс уже затем не перемещается», — пишет Н. Г. Келль. Помимо декапунктов осевого меридиана, при помощи пунктов государственной триангуляции или полигонометрии выставляются декапункты в точках, которым соответствуют координаты Гаусса, кратные 10 *км*. Так как размеры референц-эллипсоида могут изменяться до 1:6000, в формулах перехода от геодезических координат на референц-эллипсоиде к плоским прямоугольным в проекции Гаусса следует ограничиваться соответствующим числом членов. Это соответствует применению проекции, до членов того же порядка тождественной проекции Гаусса. В дальнейшем, как указывал Н. Г. Келль [4, стр. 211; 5, стр. 399], на всей территории СССР следует разбить в натуре фигуры, соответствующие километровой сетке в проекции Гаусса. Под километровой сеткой подразумевается фактическая разбивка осей изображения условного эллипсоида по укороченным формулам проекции Гаусса. Н. Г. Келль высказывает только общую мысль, подразумевая дальнейшую разработку ее практического применения с тем, чтобы каждый район получил «свою местную неизменную систему координат в местной проекции с определенным искажением длин». В то же время эта местная система позволит с достаточной точностью решать картографо-геодезические задачи межрайонного характера, рассчитанные на большие расстояния. Н. Г. Келль заключает свою мысль словами: «Вопросы высшей геодезии, изучение геоида будут перекатываться как морские волны через эту незыблемую, как бы стальную координатную сетку, разбитую в натуре, совершенно не затрагивая и не разрушая ее». Между тем как «...теперь хозяйственная система координат неизбежно втягивается в переуравнивание первоклассных рядов, перемену исходной точки*, ожидаемое изменение размеров и формы сфероида и т. п.» [4, стр. 212]. Автор считает своим долгом напомнить забытую точку зрения Н. Г. Келля на путь создания незыблемой системы рабочих координат, хотя он сам придерживается иного, высказанного выше, взгляда на получение незыблемых координат точек маркшейдерско-геодезической опорной сети.

Иначе обстоит дело с маркшейдерско-геодезическими сетями съемочного обоснования, точки которых меняют координаты вместе с изменением точности определяющих ее измерений, а также вместе с изменением их местоположения, выбираемыми (точностью и положением) для наилучшего решения конкретных задач с заданной точностью. Последнее лучше всего может быть достигнуто измерением практически истинных значений элементов геометрической связи (угловых и линейных) точек маркшейдерско-геодезических съемочных сетей.

Истинным значением измеряемой величины является тот предел, к которому стремятся результаты измерений при уменьшении их погрешностей. Практически измеряемые величины не нужно знать с абсолютной точностью. Их достаточно знать с такими погрешностями, чтобы функции измеренных величин, которые используются для решения всевозможных практических задач, сопровождались погрешностями, обеспечивающими решение этих задач с заданной точностью. В соответствии с этим, в маркшейдерско-геодезических съемочных сетях

---

* То есть исходных геодезических дат.

элементы взаимного расположения их точек, углы и длины достаточно измерять с погрешностями, обеспечивающими заданные величины погрешностей функций измеренных величин — тех функций, которые используются при решении задач маркшейдерской практики. Если заданная погрешность функции может быть достигнута при вычислении ее по данным непосредственно измеренных величин, без уравновешивания их совокупности, результаты измерений могут практически рассматриваться как истинные. Именно в этом смысле было высказано предложение об измерении и применении в маркшейдерско-геодезических съемочных сетях практически истинных значений элементов геометрической связи между точками [1, 2, 3].

Представим измерение практически истинных величин элементов геодезических сетей к маркшейдерско-геодезическим сетям съемочного обоснования.

Истинные значения элементов геометрической связи между точками некоторой сети достаточно знать в количестве, необходимом для установления взаимного расположения этих точек, независимо от выбора этих элементов. Избыточные измерения истинных значений не нарушили бы установленного необходимыми измерениями взаимного расположения точек, так как истинные значения строго удовлетворяют геометрическим условиям, существующим в сети. Иначе обстоит дело при измерении величин, значения которых лишь практически принимаются за истинные. Взаимное расположение точек зависит от выбора элементов, принимаемых за необходимые. Оно будет различным в зависимости от выбора необходимых элементов, измеряемых как практически истинные, но на самом деле с некоторыми погрешностями.

Не следует производить измерение практически истинных элементов маркшейдерско-геодезической съемочной сети в количестве, строго необходимом для установления взаимного расположения точек этой сети и их связи с точками опорной сети, а наоборот, рекомендуется производить избыточные измерения попутно с выбранными как необходимые, так чтобы это не вызывало существенного увеличения количества работы, потребной на измерения. В частности, обязательными следует считать избыточные измерения по замыканию съемочных сетей между точками маркшейдерско-геодезической опорной сети. Избыточные измерения выявляют невязки при замыкании съемочных сетей между точками маркшейдерско-геодезической опорной сети. Невязки служат для контроля, суждения о точности произведенных измерений и о возможности их результаты принимать за истинные в указанном условном понимании. Выявленные невязки не уравновешиваются строгим методом во избежание излишней, ничем не оправданной работы, так как требуемая точность уже содержится в практически истинных результатах измерений; отсутствие же формального согласования измеренных величин не будет сказываться, если в образование функций, требуемых для решения конкретных практических задач, брать только необходимое число не противоречащих друг другу практически истинных величин.

Следовательно, нет необходимости в уравновешивании результатов измерений приближенными методами, способными удалить от истинных значений результаты измерений, уже практически истинные.

Итак, в маркшейдерско-геодезической съемочной сети производятся измерения ее элементов с погрешностями, позволяющими результаты измерений и функции от них принимать практически за истинные. Измерения производятся в числе, избыточном по сравнению с строго необходимым для установления взаимного расположения точек сети.

Каждому комплексу необходимых измерений будет соответствовать свой комплекс функций от них — дирекционных углов направлений,

длин сторон, координат точек сети. По сути дела должно быть безразлично, какой комплекс результатов принять за рабочий при решении тех или иных практических задач. Нужно лишь, чтобы система рабочих значений длин, дирекционных углов координат была объединена внутри себя и основывалась на надлежащей точности необходимого числа измерений величин, значения которых могут быть приняты за практически истинные.

Для решения различных задач может требоваться различная система рабочих значений функций измеренных величин и для определения каждой из них следует из всей избыточной совокупности измеренных величин выбрать ту совокупность необходимых величин, которая хотя бы на глаз определяет каждую данную функцию с наибольшим весом.

Таким образом, измерение избыточного числа без уравновешивания практически истинных значений элементов связи между точками маркшейдерско-геодезической съемочной сети вызывает многозначность координат точек этой сети и связанных с нею точек опорной сети. При решении конкретной задачи находится такое значение искомой функции (дирекционного угла, длины, координат), которое определяется некоторым комплексом необходимого числа практически истинных значений измеренных величин. Для повышения точности функции, на основании которой решается та или иная практическая задача, повышается и точность измерения определяющих эту функцию величин.

Отсутствие однозначности координат точек съемочной и даже опорной маркшейдерско-геодезической сети не должно вызывать сомнения в целесообразности применения функций практически истинных результатов измерений. Уравновешивание, связывая в единую систему рабочие координаты точек, не используемых совместно и принадлежащих различным съемочным комплексам, не дает ничего для повышения точности решения задач, основанных на этих координатах. Достаточно надежно знать элементы взаимного расположения точек и функций от них в пределах отдельных съемочных комплексов, внутри себя обеспечивающих решение различных практических задач. Одни и те же точки могут входить в различные съемочные комплексы и иметь в них свои значения координат.

Целесообразность применения в маркшейдерской практике функций величин, измеряемых практически как истинные их значения, выгодна потому, что облегчает вычисление погрешностей при решении практических задач, как погрешностей функций непосредственно измеренных (а не уравненных) величин, и своевременна, так как современная техника маркшейдерско-геодезических работ облегчает достижение погрешностей, позволяющих результаты измерений принимать за истинные.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Звонарев К. А. Снижение трудоемкости маркшейдерских триангуляций. Недра, 1957.

2. Звонарев К. А. Минимум работ при геодезическом обосновании крупномасштабного картографирования. Изд. ЛГУ, 1970.

3. Звонарев К. А. Об измерении истинных величин элементов геодезических сетей. Наука, 1967.

4. Келль Н. Г. Методика перевычисления рудничных съемок в систему Гаусса—Крюгера и пересоставления маркшейдерских планов. Тр. Центр. научно-исслед. маркшейдерского бюро (ЦНИМБ), № 5, 1937.

5. Келль Н. Г. Высшая геодезия и геодезические работы. Ч. 1. Гос. горное изд-во, 1932.

6. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ, 1930, 1952, 1959 и 1971.