

**СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА****АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ  
ВБЛИЗИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ****Мирмахмудов Эркин Рахимжанович**

канд. физико-математических наук, доцент,  
кафедра геодезии и геоинформатики,  
Национальный университет Узбекистана,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [erkin\\_mir@mail.ru](mailto:erkin_mir@mail.ru)

**Ниязов Вахиджон Рузиевич**

докторант,  
Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,  
Республика Узбекистан, г. Самарканд

**Аралов Музаффар Мухаммадиевич**

преподаватель,  
Каршинский инженерно-экономический институт,  
Республика Узбекистан, г. Карши

**ANALYSIS OF THE ACCURACY OF GEODETIC BENCHMARKS  
OF TOPOGRAPHIC MAPS NEAR INDUSTRIAL FACILITIES****Erkin Mirmakhmudov**

associate prof., Ph.D.,  
National University of Uzbekistan  
Uzbekistan, Tashkent

**Vakhidjon Niyazov**

Postgraduate,  
Samarkand state architecture and building institute,  
Uzbekistan, Samarkand

**Muzaffar Aralov**

Teacher,  
Karshi Engineering and Economic Institute,  
Uzbekistan, Karshi

**АННОТАЦИЯ**

В данной статье приведены результаты топогеодезического обследования местности в окрестности карьера "Мурунтау". Выбраны планово-высотные пункты на топографической карте вблизи горно-добывающего объекта. Дается характеристика геодезических опознавательных знаков и типов центров установленных в 1950-1960. Триангуляция и нивелирование выполнено аэрогеодезическим предприятием в 1959-1974 гг. с помощью высокоточных теодолитов ОТ-02 и нивелиров НА-1. Описаны методы вычисления прямоугольных координат и высот пунктов в зависимости от точности класса сети. Произведена рекогносцировка пунктов государственной геодезической сети (ГГС) на расстоянии 4-10 км от центра карьера. Выявлены значительные деформации верхних частей геодезических сигналов. Предлагается произвести аналогичную рекогносцировку пунктов не только вокруг карьера, но и вблизи крупных промышленных городов.

**ABSTRACT**

This paper presents the results of a geodetic survey of the area in the vicinity of the "Muruntau" quarry. The selected high-altitude points on the topographic map near the mining facility. The characteristic of geodetic points and types of centers for established in 1950-1960 is given. Triangulation and leveling was carried out by the aerogeodetic enterprise

in 1959-1974, using high-precision instruments OT-O2 and NA-1. Methods for calculating rectangular coordinates and heights of points by classical tools are described, depending on the accuracy of the class. A reconnaissance of the points of the state geodetic network (SGN) at a distance of 4-10 km from the center of the quarry was carried out. Significant deformations of the upper parts of geodetic identification marks were found. It is proposed to carry out a similar reconnaissance of points not only around the quarry, but also near large industrial cities.

**Ключевые слова:** рекогносцировка, геодезический пункт, система координат, триангуляция, нивелирование, ГГС.

**Keywords:** reconnaissance, geodetic point, coordinate system, triangulation, leveling, SGN.

### Введение

В период строительства горно - добывающего объекта наиболее важным и ответственным видом работы является создание планово-высотной основы геодезической сети. Для этой цели используются угловые и линейные измерения, длины исходных сторон и превышения относительно закрепленных реперов [1]. При выполнении инженерных задач, связанных с поиском полезных ископаемых, необходимо начать с рекогносцировки местности, разработки схемы топографической съемки и составления плана (карты). Разработка точной карты это сложный технологический процесс, связанный с привлечением современных геоинформационных технологий, вычислений координат пунктов, которые должны быть привязаны к фундаментальным реперам ГГС. Хотя сама процедура не сложная и отработанная годами ведущими специалистами в области геодезии и картографии, но появляются не предвиденные ситуации, связанные со сменой проекции и переходом к новому эллипсоиду [2]. В таких случаях необходимо более внимательно отнестись к определению точных координат точек на топографической карте, где нанесены две системы координат: географическая ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) и прямоугольная ( $x$ ,  $y$ ). Точность нанесения ГГС зависит от математической основы топографических карт (прямоугольная система координат, картографическая проекция, масштаб и, конечно же, система высот), которая меняется с развитием новых методов измерений. Погрешность нанесения условных знаков колеблется в диапазоне 0.1-0.8 мм в масштабе карты, допустимое среднее смещение составляет 0.5 сечения. На практике исходный рельеф задается в виде пикетных точек, полученных с помощью тахеометрической съемки [3]. Горизонталы наносятся стереофотограмметрическим способом по результатам полевых работ и данным аэрофотосъемки. Эта процедура нанесения достигла такого совершенства и автоматизма, что стали все меньше обращать внимание на систему относимости, в результате на некоторых картах отсутствуют изолинии внутри протяженных объектов. Например, территория карьера "Мурунтау" на топографической карте масштаба 1:100000, составленной по материалам

аэрофотосъемки 1986 г, изображена условным знаком, где отсутствуют изолинии внутренней и внешней части карьера. С течением времени граница объекта расширилась в результате добычи полезных ископаемых. В таких случаях оптимальным способом является экспортирование значений высот внутри карьера из Google Earth в ГИС [4].

Координаты геодезических пунктов в каталоге содержат данные о прямоугольных координатах и нормальных высотах центров, расстоянии и дирекционных углах направлений. Они служат не только для решения инженерно-изыскательных работ, но и при проектировании сооружений. Известно, что геодезические измерения производятся с контролем для исключения грубых ошибок и оценки точности проводимых измерений на основе строгой математической обработки [5]. Разработка опорной геодезической сети (ОГС) для особо важных объектов является актуальной и важной научной задачей.

### Планово-высотная основа

Координаты объектов и сооружений играют важную роль в процессе построения геодезических сетей сгущения. От того насколько точно будут привязаны эти объекты к местной или же региональной системе координат, будет зависеть степень достоверности карты. Если местная система отсчета получена в результате картографического проектирования, то появляются также различия в масштабах изображений. Основной интерес к местным системам отсчета обусловлен возможностью их открытого использования по сравнению с официальными ограничениями в отношении государственной и глобальных систем отсчета. При этом остается вопрос, относительно какой точки осуществляется разворот и смещение начал отсчета. Представляется логичным произвести взаимное смещение начала и разворот осей декартовых трехмерных систем координат. Что касается крупных промышленных городов и геологических карьеров, то здесь оптимальным является использование одного из пунктов геодезической сети или геометрического центра сооружения. Геодезические пункты обозначаются в виде треугольников и прямоугольников для полигонометрии (рис.1).

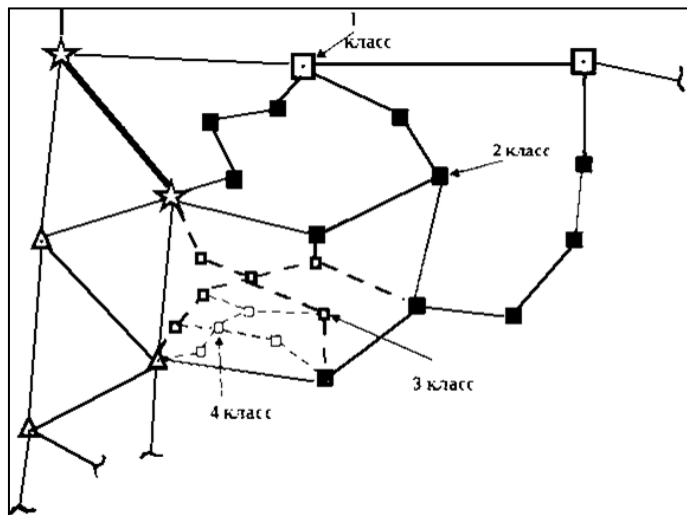


Рисунок 1. Фрагмент схемы геодезической сети сгущения

Позже стали видоизменять конструкцию знаков в зависимости от рельефа местности и назначения геодезической сети. В [6] предложено использовать трубчатый тип конструкции с вынесенными на столы центрами (рис.2). Закрепление реперов сопровождается рядом дополнительных работ: создание конструктивных схем, составление различных документов, согласование работ с соответствующими

структурами. Обычно, создание съемочной геодезической сети представляет собой сгущение от более точных сетей к определяемым точкам методом триангуляции или путем развития нивелирных ходов [7]. Из этого следует, что точность значений высот на порядок ниже точности плановых координат, которые вычислены на основе высокоточных угловых теодолитов OT-02 или T1.



Рисунок 2. Изображение пункта ГГС : а- на топографической карте, б - на местности

В последние годы получили развитие небольшие по размерам высокоточные ОГС, создаваемые для обоснования топографо-геодезических работ в городах и карьерах, обеспечения работ по сооружению и эксплуатации крупных инженерно-технических сооружений, изучения локальных движений земной коры. Такие сети обрабатываются в местных системах координат, применяя метод проектирования. Для этого необходимо определить элементы ориентирования поверхности относимости, которая может быть заменена отсчетной сферой. Радиус этой сферы можно принять за средний радиус кривизны  $R_B$  принятого эллипсоида для некоторой широты в пределах сети.

$$R_B = \sqrt{MN}, \tag{1}$$

где  $M$  - радиус кривизны меридиана, проходящий через определяемую точку,  $N$  - радиус кривизны первого вертикала,

$$M = \frac{a(1-e^2)}{2\sqrt{(1-e^2\sin^2B)^3}} = a \left[ 1 - e^2 \left( \frac{1}{4} + \frac{3}{4} \cos 2B \right) + \dots \right], \tag{2}$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1-e^2\sin^2B)}} = a \left[ 1 + \frac{e^2}{2} \sin^2 B + \frac{3e^4}{8} \sin^4 B + \dots \right]. \tag{3}$$

Система прямоугольных координат основана на поперечно-цилиндрической (конформной) проекции Гаусса-Крюгера (Г-К), которая не имеет геометрической интерпретации и получена аналитически путем разложения комплексной функции от изометрических координат в степенной ряд. Она определяется тремя условиями: равноугольная, сохраняет длины

на осевом меридиане и симметрична относительно меридиана и экватора. Точные координаты можно вычислить по следующим формулам [8]:

$$x = X + \frac{N}{2\rho''^2} l''^2 \sin B \cos B \left\{ 1 + \frac{l''^2 \cos^2 B}{12\rho''^2} (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \frac{l''^4 \cos^4 B}{360\rho''^4} (61 - 58t^2 + t^4) \right\} \quad (4)$$

$$y = \frac{l''}{\rho''} N \cos B \left\{ 1 + \frac{l''^2 \cos^2 B}{6\rho''^2} (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{l''^4 \cos^4 B}{120\rho''^4} (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2) \right\} \quad (5)$$

Отличие прямоугольных координат от декартовых заключается в том, что ось *x* направлена на север, а координата *y* отсчитывается от осевого меридиана по направлению на восток (рис.3). Поскольку топографические карты являются более точными по сравнению с тематическими картами, то положение объектов на карте можно определить в двух системах координат.

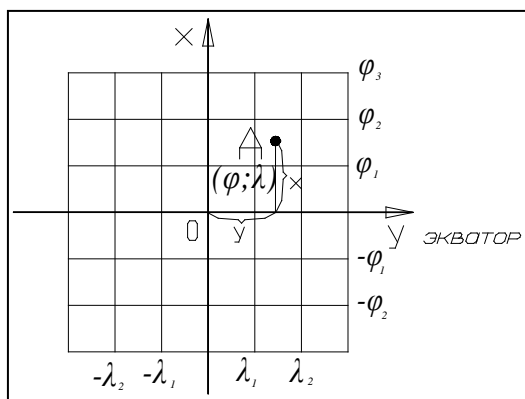


Рисунок 3. Координатная сетка топографической карты

Третья координата это высота точки на местности, которая определяется нивелированием. В горных районах результаты нивелирования используются для изучения строения земной коры, получения данных о скоростях и направленности движения отдельных блоков, выявления действующих разломов и разрывов в земной коре. Как уже упоминалось о методах определения высот на земной поверхности, геометрический метод нивелирования считается самым точным. В холмистых районах более практичным является тригонометрическое нивелирование, которое уступает по точности геометрическому методу. Поэтому при обработке результатов измерений приходится учитывать многие особенности теории фигуры Земли [9]. Данные геометрического нивелирования используются для решения физической задачи - определения взаимного положения физической поверхности Земли и уровневых поверхностей реального поля силы тяжести. Именно это необходимо при любых инженерно-геодезических изысканиях для строительства гидротехнических сооружений, дорог, карьеров и т.д. Разделение геодезической высоты на нормальную и высоту квазигеоида целесообразно в том случае, когда поверхность, т. е. референц-эллипсоид не является уровневой поверхностью нормального поля (рис.4). Переход к системе нормальных высот I и II классов, а также III класса в горных районах, исправляют поправками по формуле:

$$\delta_h = \frac{1}{\gamma_m} (\gamma_A - \gamma_B) H_m + \frac{h}{\gamma_m} (g - \gamma), \quad (6)$$

где  $\gamma_m$  – среднее из средних значений нормальной силы тяжести вдоль нормальных высот этих точек;  $\gamma_A$  и  $\gamma_B$  – нормальные ускорения силы тяжести на отсчетном эллипсоиде;  $(g - \gamma)_m$  – среднее из аномалий силы тяжести на реперах *A* и *B*;  $H_m$  – среднее из абсолютных высот реперов *A* и *B*; *h* - измеренное превышение между реперами *A* и *B*.

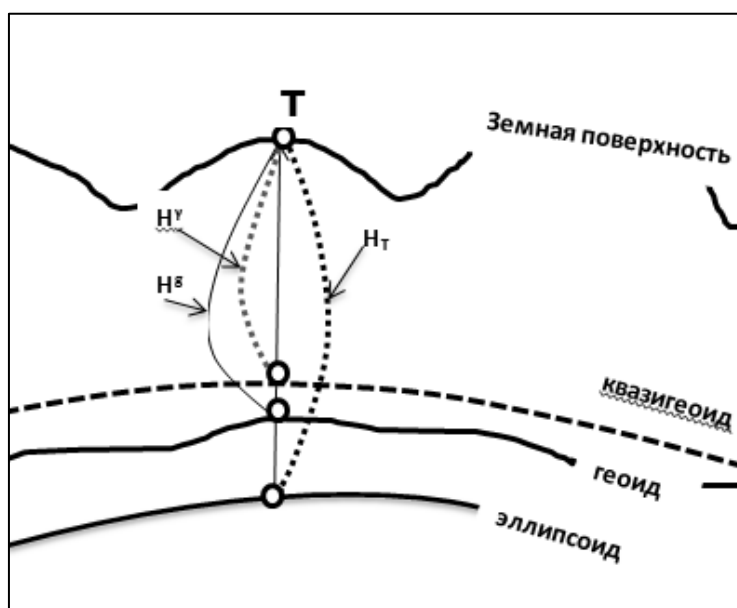


Рисунок 4. Схема отсчета высот поверхностей

### Геодезические измерения вблизи карьера “Мурунтау”

Триангуляция 2-3 класса, аналитическая триангуляция 1-2 разряда, нивелирование I класса выполнена в 1958-1966гг. с целью проектирования горнодобывающего объекта “Мурунтау”. Созданное планово-высотное обоснование позволило корректно начать промышленную добычу полезных ископаемых в начале 1969г. Поскольку прошло значительное время с момента первых полевых измерений, то представляется логичным выполнить повторные геодезические измерения с навигационными приемниками GNSS. При проведении рекогносцировки в 2019 г. было выявлено, что большинство геодезических пирамид не сохранились, но заложенные репера сохранились в первоначальном виде [10].

### Заключение

Таким образом, рекогносцировка геодезических пунктов в окрестности карьера Мурунтау привела к тому, что созданная классическая геодезическая сеть нуждается в модернизации и обновлении с использованием современных информационных технологий. Можно сделать вывод, что рекогносцировка является неотъемлемой частью геодезических работ, которая позволит сократить объем земляных работ, связанных с восстановлением и реконструкцией опорных пунктов. Предлагается произвести аналогичное обследование не только вокруг карьера, но и вблизи крупных промышленных городов.

### Список литературы:

1. Яковлев Н.В. Высшая геодезия. Учебник для вузов. М.: Недра, 1989. – 445 с.
2. Справочник по картографии/А.М.Берлянд, А.В.Гедымин, Ю.Г.Кельнер и др. – М.: Недра, 1988. – 430 с.
3. Гиршберг М.А. Геодезия. М.: Наука, 1967.Т.1. – 384 с.
4. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. – М.: Изд-во КДУ, 2008. – 424 с.
5. Большаков В.Д., Гадаев П.А. Теория математической обработки геодезических измерений. М.:Недра, 1977. – 368 с.
6. Мурзайкин И.Я., Сивакова Н.И. Геодезические знаки (центры) при создании опорных межевых сетей // Геодезия и картография. 2013. № 5.
7. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV кл. М.: Недра, 1974. –160 с.
8. Справочник геодезиста / В.Д. Большаков, Г.П. Левчук. М.: Недра, 1975. – 455 с.
9. Грушинский Н.П. Теория фигуры Земли. М. 1976. – 512 с.
10. Временная инструкция по обследованию и восстановлению пунктов и знаков государственной геодезической и нивелирной сетей. М.:РИО ВТС, 1970.