

УДК 528.45

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ В  
ОКРЕСТНОСТИ КАРЬЕРА МУРУНТАУ**

*Мирмахмудов Эркин Рахимжанович<sup>1</sup>, Ташпулатов Сарвар Анварович<sup>2</sup>,  
Ниязов Воҳиджон Рўзиевич<sup>3</sup>, Бадиров Шерзод Мамараимович<sup>4</sup>*

*1 – Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент,  
Ўзбекистон;*

*2 - Тошкент архитектура – қурилиш университети Тошкент,  
Ўзбекистон;*

*3 - Мирзо Улугбек номидаги Самарқанд давлат архитектура – қурилиш  
университети, Самарқанд, Ўзбекистон, e-mail: [vohid85-85@mail.ru](mailto:vohid85-85@mail.ru)*

*4 - «Ўздаверлойиҳа» институти Самарқанд филиали 1 – тоифа мхандиси*

**Аннотация:** в данной статье приведена методика проектирования геодезической сети сгущения вокруг промышленных объектов. Описаны основные требования к исходной сети и определяемым пунктам. Особое внимание уделяется на конфигурацию геодезической сети, высоту геодезических знаков и азимуту направления. Анализируются вопросы оценки точности геодезических сетей на стадии проектирования. Для определения стабильности пунктов исходной геодезической основы с использованием GPS приемника предлагается выполнить дополнительные контрольные измерения. В качестве модельных расчетов были использованы пункты геодезической сети карьера “Мурунтау”. Построена схема сгущения сети с подготовкой данных для предварительного расчета точности координат.

**Ключевые слова:** проектирование, карьер, точность координат, ГГС, геодезический пункт, GPS.

Проектирование геодезической сети - это выбор местоположения пунктов на поверхности с соблюдением определенных инструкций, где плотность должна соответствовать назначению сети, а форма обеспечить определение элементов сети с расчетной точностью. Указанные действия выполняются в камеральных условиях, имея в наличии топографические карты крупного масштаба и результаты рекогносцировочных работ окрестности промышленного объекта. После завершения камеральных работ, приступают к полевым топогеодезическим измерениям [1]. Полевые измерения, связанные с геоцентрической системой координат, фигурой и гравитационным полем Земли, должны быть редуцированы на определенную эпоху с учетом вариации скорости вращения земли, движения земной коры и других эффектов. А если вблизи этой

сети расположены или построены промышленные объекты, то их роль приобретает особый статус из-за изменения размеров, обусловленные добычей полезных ископаемых. Поэтому в период строительства промышленных объектов одной из важных направлений работ – это проектирование геодезической сети сгущения. Этот процесс является одной из основных частей топографических работ, связанных с определением координат пунктов вблизи административных городов, карьеров и гидросооружений [2]. Тщательным образом выполняется подготовка к инженерно-изыскательским работам, где используются классические геодезические пункты и современные навигационные приборы [3]. Обязательное требование при ГНСС измерениях – это привязка к государственной геодезической сети (ГГС) с соблюдением всех положений, закрепленных в инструкции по построению и рекогносцировке опорных геодезических сетей [4]. Прежде всего, изучается район в топографо-геодезическом отношении, выбирается метод триангуляции или полигонометрии и точность построений сети. Особо следует обратить внимание на конфигурацию геодезической сети, высоту геодезических знаков и азимут направления. При этом используется топографическая карта масштаба 1:100 000, но для обзорных схем сетей достаточно иметь карты масштаба 1:300 000 – 1:500 000, где отождествляются пункты прежних геодезических построений рядов 1-4 классов [5]. В местах со сложным рельефом норма плотности пунктов может быть снижена, но не более чем в 1.5 раза. Например для городов с населением не менее 100 000 жителей и площадью не менее 50 км<sup>2</sup> норма плотности составляет в среднем 1 пункт на 5-15 км<sup>2</sup>. Ряды триангуляции и линии полигонометрии 1 класса проектируются в соответствии с общей схемой развития астрономо-геодезической сети, соблюдая все требования, описанные в положении и инструкции [6]. В звеньях полигонометрии 1 класса, в которых число сторон более 10, определяют пункты Лапласа на концах стороны, находящейся примерно в середине звена. Наилучшей формой привязки, которая обеспечивает кратчайший переход от сторон 1 класса к необходимым по длине сторонам 2 класса, является геодезический четырехугольник (рис.1). Сети 3 класса проектируют в виде систем треугольников, жестко связанных со сторонами треугольников 2 класса. Сети триангуляции 4 класса проектируют в тех случаях, когда геодезическое обоснование создается для топографических съемок масштаба 1:5000 и крупнее.

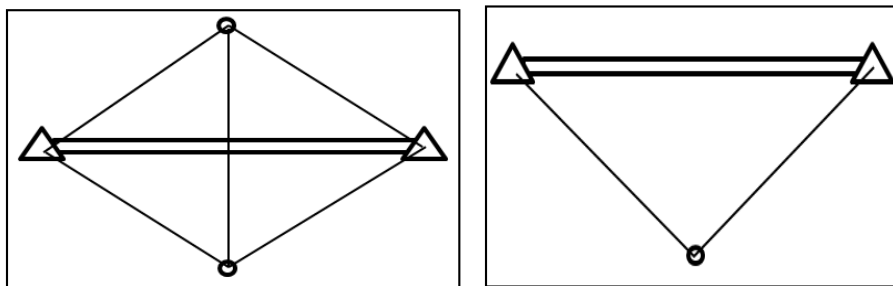


Рисунок 1 - Геодезический четырехугольник и треугольник

Обязательным этапом в проектировании должна быть оценка точности отдельных ее элементов и установление соответствия полученных результатов заданным требованиям [7]. В целях ослабления влияний внешней среды на результаты угловых и линейных измерений требуется, чтобы визирные лучи в триангуляции и полигонометрии 1 класса проходили над препятствиями местности не ниже 4-6м в южных районах. Высоты знаков вычислены приближенно, так как высоты точек земной поверхности, взятые с карт масштаба 1:100 000 с сечением рельефа через 20 м, определяются со значительными погрешностями. Несмотря на то, что проектная высота каждого отдельного знака получена приближенно, в целом по объекту удастся определить достаточно уверенно среднюю высоту геодезических знаков над их центрами. Возникает необходимость априорной оценки точности определения уравненных элементов сети:

$$\sigma_F = m \sqrt{\frac{1}{P_F}} \quad (1)$$

Где  $\sigma_F$  и  $m$  - средние квадратические ошибки функции и единицы веса,  $\sqrt{\frac{1}{P_F}}$  - обратный вес оцениваемого элемента сети или уравненных величин.

Формулу (1) можно использовать не только на стадии предварительного расчета точности построения сети, но и при уравнивании. Разница состоит только в определении  $m$ , которая в процессе уравнивания вычисляется по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}} \quad (2)$$

где  $v$  – поправки из уравнивания к непосредственно измеренным с весами  $p$  величинам,  $r$  - число избыточных измерений в сети.

Так как направления и расстояния измеряются с однотипными инструментами, то целесообразно веса измеренных величин приравнять единице. Обычно величина  $m$  задается заранее и она достаточно хорошо известна из практики геодезических измерений. Поскольку она известна, то задача определения  $\sigma_F$  уравненных величин сводится к вычислению обратного веса этой

функции. Ошибки измеренного направления уверенно определяется по невязкам треугольников.

$$\sigma = \sqrt{\frac{[\omega^2]}{3n}}, \quad (3)$$

где  $n \geq 25-30$  число невязок,  $\omega$  – невязка.

Используя компьютерную технологию можно определить коэффициенты матрицы нормального уравнения  $N$  и обратную к ней матрицу  $Q$  весовых коэффициентов

$$N^{-1} = Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \dots & Q_{1m} \\ Q_{21} & Q_{22} \dots & Q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_{m1} & Q_{m2} & Q_{m1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

В связи с широким внедрением компьютеров в практику геодезических работ данный метод априорной оценки точности построения геодезических сетей становится одним из основных, позволяющих получить наиболее достоверные величины оцениваемых элементов сети, причем независимо от ее сложности. На практике широко применяют приближенные формулы для априорной оценки точности различных элементов геодезических построений. Достоинством их является оперативность получения удовлетворительных значений оцениваемых элементов сети. Необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что в сети триангуляции 2 класса, уравненной внутри полигона 1 класса за все возникающие условия, происходят заметные искажения уравненных элементов сети 2 класса из-за влияния ошибок исходных данных. Эти искажения наибольшей величины достигаются на краях сети 2 класса и нелинейно уменьшаются в направлении к центральной части сплошной сети, они становятся незначительными.

Описанные выше требования относятся к традиционной геодезической сети. Однако если использовать GPS приемники, то исключаются некоторые условия параметрического метода уравнивания. Особенно это относится к методу трилатерации, где основным параметром измерений является расстояние, определяемой с помощью электронных тахеометров, лазерных сканеров и ГНСС. Помимо этого, пункты опорной геодезической сети теряют свою стабильность из-за деформации грунта, обусловленной техногенными процессами. В такой ситуации невязки условных уравнений параметрического метода будут обусловлены, как ошибками геодезических измерений, так и погрешности исходных данных, вызванных потерей стабильности пунктов исходной основы. В результате возникает задача разработки методики построения GPS сети и алгоритма обработки спутниковых измерений, позволяющих выполнить

контроль стабильности исходной основы.

Для определения стабильности пунктов исходной геодезической основы с использованием GPS приемника необходимо выполнить дополнительные контрольные измерений не менее чем между тремя пунктами (рис.2).

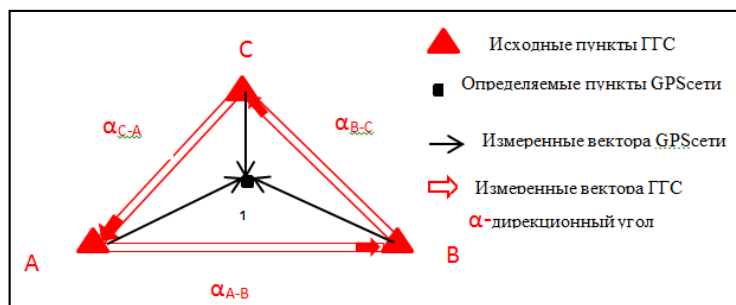


Рисунок 2 - Использование GPS для исходной системы

Контроль стабильности исходных пунктов заключается в поочередном принятии в качестве исходного трех пунктов геодезического обоснования и сравнение полученных координат с их разностями между координат ГТС и GPS. Решение данного вопроса может быть реализовано в виде уравнивания свободных геодезических сетей, находя матрицу весовых коэффициентов исходной сети, что не всегда представляется возможным [9].

Вышеуказанные требования были реализованы для горно-добывающего объекта Узбекистана. Для тестовых измерений был выбран карьер “Мурунтау”, который был открыт в 1958 году геофизиками Мордвинцевым Ю. и Храмышкиным П., а промышленная добыча началась в 1969 году. Последние геодезические измерения были выполнены в 1967-1970гг. аэрогеодезическим предприятием №12 главного управления геодезии и картографии.

В 2017-2019гг. выполнены рекогносцировочные работы окрестности карьера “Мурунтау”, который расположен в Навоийской области (Узбекистан) с координатами  $\lambda = 64^{\circ} 34' 41''$ ,  $\varphi = 41^{\circ} 29' 45''$ ,  $H = 199\text{м}$ . В процессе обследования местности были выявлены деформации и отсутствие основных частей геодезических знаков, но заложенные репера сохранились (рис.3). Обычно, создание съемочной геодезической сети представляет собой сгущение от более точных сетей к определяемым точкам методом триангуляции или путем развития нивелирных ходов. Горизонтальная съемка производилась полярным способом с обязательным ведением абриса, обмером контуров сооружений и измерением контрольных связей между ними. При выполнении высотной съемки определены высоты пикетов на всех характерных точках местности [10]. Следует отметить, что полученные данные необходимо исправить с учетом погрешностей для того, чтобы получить более точные координаты каждого пункта в сети, при которых невязки не будут превышать допустимые, а точность измерения не

СНИЗИТСЯ.

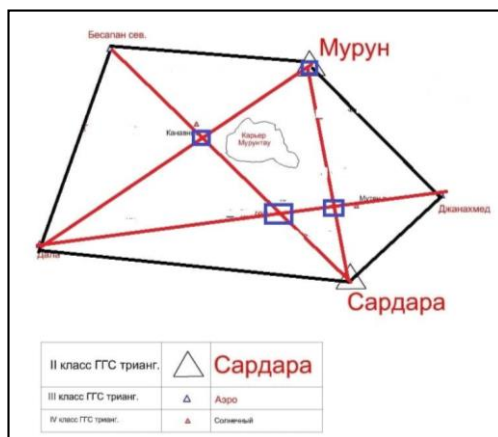


Рисунок 3 - Геодезическая сеть сгущения карьера “Мурунтау”

Конфигурация СГС связана с предварительным расчетом точности координат, где должны быть учтены средние квадратические ошибки и зоны видимости. Комбинация классических и спутниковых измерений на примере карьера “Мурунтау” даст точную и корректную систему определения координат.

#### Список литературы

1. Мирмахмудов, Э. Р., Ниязов, В. Р., & Аралов, М. М. (2021). Проектирование геодезической сети сгущения в окрестности промышленных объектов. *Инновационные научные исследования*, (5-1), 211-219.
2. Мирмахмудов, Э. Р., Ниязов, В. Р., & Аралов, М. М. (2021). АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ВБЛИЗИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ. *Universum: технические науки*, (2-2 (83)), 6-10.
3. Мирмахмудов, Э. Р., Кадыров, Ф. Т., & Ниязов, В. Р. (2021). РЕКОГНОСЦИРОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ В ОКРЕСТНОСТИ КАРЬЕРА “МУРУНТАУ”. In *ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ* (pp. 158-167).
4. Мирмахмудов, Э. Р., Ниязов, В. Р., Тошонов, Б. Ш. У., & Махаматова, В. У. К. (2021). Анализ метода трилатерации для локальных изменений координат пунктов на геодинимическом полигоне “Таваксай”. *Universum: технические науки*, (6-1 (87)), 28-31.
5. Мирмахмудов, Э. Р., Ковалев, Н. В., Ниязов, В. Р., & Рахимова, М. Х. (2021). НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ ВБЛИЗИ КАРЬЕРА. *Инновационные научные исследования*.

6. Ниязов, В. Р. (2022). НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ ВБЛИЗИ КАРЬЕРА. *Экономика и социум*, (11-2 (102)), 560-568.
7. Mirmakhmudov, E., Niyazov, V., Makhamatova, V., & Muminova, N. (2021). Analysis of changes in the coordinates of the “Tavaksay” geodynamic polygon. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 310, p. 03002). EDP Sciences.
8. Abdigofirovich, U. O., Ruzievich, N. V., & Khudoynazarovich, A. G. (2021). SURVEY (RECONNAISSANCE) OF GEODESIC CONDITION OF ZARBAND MARBLE MINING AREA. *ResearchJet Journal of Analysis and Inventions*, 2(05), 406-413.
9. Мирмахмудов, Э. Р., Ковалев, Н. В., Ниязов, В. Р., & Рахимова, М. Х. (2021). ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ ВБЛИЗИ КАРЬЕРА. *Universum: технические науки*, (6-1 (87)), 83-87.
10. Журакулов, Д. О., Ниязов, В. Р., & Ураков, О. А. АВТОМОБИЛ ЙЎЛЛАРИНИ ХАТЛОВДАН ЎТКАЗИШ ВА КАДАСТР МАЪЛУМОТЛАР БАЗАСИНИ ЯРАТИШ. *ME' MORCHILIK va QURILISH MUAMMOLARI*, 123.
11. MIRMAKHMUDOV, E., NIYAZOV, V., TLEUMURATOVA, G., & TOSHONOV, V. GNSS measurements in Uzbekistan for hydrology.
12. Рахимов, У. А. (2022, September). МАДАНИЙ МЕРОС ОБЪЕКТЛАРИНИ ЖОЙЛАШГАН ЎРНИНИ GNSS ТЕХНОЛОГИЯЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ АНИҚЛАШ. In " *ONLINE-CONFERENCES*" *PLATFORM* (pp. 168-173).
13. Abdullayevich, R. U. B. (2022, June). MODDIY MADANIY MEROS OB'YEKTLARI DAVLAT KADASTRI BO'YICHA TEMATIK QATLAMLARINING ATRIBUTIV MA'LUMOTLARINI YARATISH. In " *ONLINE-CONFERENCES*" *PLATFORM* (pp. 8-12).
14. Abdullayevich, R. U. B. (2022, June). CREATION OF ATTRIBUTIVE DATA OF THEMATIC STRUCTURES OF THE STATE CADASTRE OF MATERIAL CULTURAL HERITAGE OBJECTS. In " *ONLINE-CONFERENCES*" *PLATFORM* (pp. 1-5).
15. Раимов, У. А., & Тухтаев, Ш. Х. (2021, October). Геодезический Мониторинг Деформаций Ансамбля Регистан. In " *ONLINE-CONFERENCES*" *PLATFORM* (pp. 96-100).
16. Raximov, U. A., Tojidinova, F. M., & Po'latov, S. S. (2023). ISSUES OF FORMATION OF STATE CADASTRE DATA OF HIGHWAYS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM. *Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences*, 2(7), 156-160.

17. Raximov, U. A., Ortiqov, J. U., Ilmurodova, L. A., & Tadjidinova, F. M. (2023). SAMARQAND VILOYATINI MADANIY ME'ROS OBYEKTЛАRI ХАРИТАЛАРИНИ ГАТ ТЕХНОЛОГИЯСИДАН FOYDALANIB YARATISH MASALALARI. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(8), 255-257.
18. Рахимов, У. А., & Хамдамов, М. С. (2023). ГЕОПОРТАЛ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУ АГЕНТСТВАМИ. *Innovative Society: Problems, Analysis and Development Prospects*, 32-36.
19. Raximov, U. A., Ortiqov, J. U., & O'rozaliyev, B. B. (2023). Existing Class I Height in the Area of Samarkand Current Status of Points. *Web of Semantic: Universal Journal on Innovative Education*, 2(3), 205-208.
20. Ibragimov, L. T., Raximov, U. A., Yarkulov, Z. R., & Ortiqov, J. U. (2022). Improvement of the State Water Cadastre's Management System. *INTERNATIONAL JOURNAL ON HUMAN COMPUTING STUDIES*.
21. Рахимов, У. А., Тожидинова, Ф. М., & Рахимов, Б. А. (2023). СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ. *IJODKOR O'QITUVCHI*, 3(28), 97-104.
22. Gulmurodov, F. E., Raximov, U. A., Umirzakov, Z. T., & Jo'rayev, S. X. (2023). O 'ZBEKISTONDA MADANIY MEROS OBYEKTЛАRINI SAQLASH VA QAYTA TIKLASHDA 3D TEXNOLOGIYASINING ANAMIYATI. *JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH*, 6(4), 500-506.
23. Гулмуродов, Ф. Э., & Рахимов, У. А. (2023). РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТУРИЗМА В УЗБЕКИСТАНЕ. *Scientific Impulse*, 1(9), 1190-1195.
24. Тожидинова, Ф. М., Бобокалонов, М. Х., & Рахимов, У. А. (2023). ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИИ РАБОТ В КАРТОГРАФИИ. *INNOVATION IN THE MODERN EDUCATION SYSTEM*, 3(29), 427-436.
25. Рахимов, У. А. (2023). МАДАНИЙ МЕРОС ОБЪЕКТЛАРИНИНГ ЭЛЕКТРОН СХЕМАТИК ХАРИТАЛАРИ ВА АТРИБУТЛАРИНИ ЯРАТИШ МЕТОДИКАСИ. *АРХИТЕКТУРА, МУНАНДИСЛИК ВА ЗАМОНАВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР JURNALI*, 2(5), 132-136.