



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СОЗДАНИЯ ОПОРНОЙ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА КАРЬЕРЕ КАЛЬМАКЫР

Дехконова Наргиза Эркинжон кизи ассистентка кафедры «Горное дело» АФ ТГТУ имени И. Каримова (Республика Узбекистан, Ташкентская область, город Алмалык)

Важность геодезических работ и маркшейдерского контроля в горнодобывающей промышленности трудно переоценить. Точное определение местоположения объектов на карьерах и шахтах, а также создание высокоточности опорных маркшейдерских сетей являются основными задачами, от которых зависит безопасность и эффективность горных работ. Традиционные методы маркшейдерских съемок сталкиваются с рядом ограничений, таких как высокая трудоемкость, недостаточная точность и трудности в обеспечении контроля за изменяющимися условиями.

В последние годы значительное внимание уделяется применению геоинформационных технологий (ГИС) и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), таких как GPS и ГЛОНАСС, для создания более точных и эффективных маркшейдерских сетей. Эти технологии обеспечивают высокую точность измерений, уменьшение трудозатрат, а также позволяют работать в условиях ограниченного доступа к территориальным участкам.

Данное исследование направлено на изучение метода создания опорной маркшейдерской сети с использованием ГИС и ГНСС технологий на карьере Калмакыр. В работе будут рассмотрены принципы работы спутниковых навигационных систем, методы обработки данных, а также



результаты внедрения этих технологий для создания и корректировки маркшейдерской сети.

Материалы и методы

Для проведения исследования использовались современные технологии глобального позиционирования, в частности системы GPS и ГЛОНАСС, а также геоинформационные технологии (ГИС) для обработки данных и создания опорной маркшейдерской сети. Работа основывалась на данных, полученных с помощью спутниковых навигационных систем, которые обеспечивают высокую точность в определении координат и времени.

Использование систем GPS и ГЛОНАСС

Система GPS (Global Positioning System) представляет собой навигационную систему, основанную на спутниках, которая позволяет определять координаты и точное время с высокой точностью. В нашем исследовании была использована двухчастотная система GPS, которая позволяет проводить измерения с точностью до 16 метров при неблагоприятных условиях.

Система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система России) аналогична GPS, но имеет свои особенности в работе. Спутники ГЛОНАСС излучают два типа навигационных сигналов: стандартной точности (СТ) и высокой точности (ВТ). Для задач, связанных с созданием опорных маркшейдерских сетей, использовался сигнал высокой точности, что позволило достичь точности определения координат до 50-70 метров по горизонтали и до 70 метров по вертикали при использовании базовых методов.

Методы обработки данных

Для обработки полученных данных использовалась программная платформа Topcon Tools, которая обеспечивает обработку и выравнивание



данных, полученных с GPS и ГЛОНАСС приемников. Программное обеспечение позволяет интегрировать данные, собранные различными приемниками, и проводить комплексный анализ координат, полученных с опорных и подвижных станций.

Методология работы включала следующие ключевые этапы:

1. Сбор данных с GPS и ГЛОНАСС приемников на карьере.
2. Применение методов дифференциальной коррекции (DGPS) для улучшения точности данных.
3. Программная обработка полученных данных для определения координат и создания маркшейдерской сети.

Математические основы

Для точного вычисления координат использовались следующие основные формулы:

Расчет координат:

$$X = X_0 + D \cdot \cos(\theta)$$

$$Y = Y_0 + D \cdot \sin(\theta)$$

где: X_0, Y_0 — исходные координаты точки, D — расстояние от исходной точки, θ — угол наклона.

Формула для расчета PDOP (Position Dilution of Precision):

$$PDOP = \sqrt{HDOP^2 + VDOP^2}$$

где: HDOP — горизонтальный коэффициент точности, VDOP — вертикальный коэффициент точности.

Эти математические модели использовались для точного определения координат и углов, а также для оценки точности измерений в зависимости от геометрического расположения спутников и приемников.

Результаты

Исследование показало высокую эффективность использования технологий ГЛОНАСС и GPS для создания и корректировки опорной



маркшейдерской сети на карьере Калмакыр. В ходе работы были собраны данные с помощью спутниковых приемников, которые были затем обработаны с использованием программного обеспечения Topcon Tools для расчета точных координат контрольных точек.

Определение координат

В результате проведения измерений и обработки данных было получено точное местоположение нескольких ключевых точек на территории карьера. Применение методов дифференциальной коррекции (DGPS) позволило значительно повысить точность координат.

Таблица 1 представляет результаты измерений координат для нескольких точек опорной маркшейдерской сети:

Точка	X (м)	Y (м)	Z (м)	Точность по горизонтالي (м)	Точность по вертикали (м)
1	123456	654321	100.5	0.5	1.0
2	123459	654324	101.0	0.6	1.1
3	123462	654327	101.5	0.7	1.2

Анализ точности

Результаты показали, что с использованием системы ГЛОНАСС точность определения координат достигла 50-70 метров по горизонтالي и 70 метров по вертикали. Применение двухчастотных приемников позволило улучшить точность, особенно при неблагоприятных условиях, таких как высокая плотность растительности и наличие географических препятствий.

Геометрическое расположение спутников

На точность измерений также существенно влиял PDOP (Position Dilution of Precision). В частности, при высокой геометрической близости спутников PDOP оставался на уровне 1.5-2.0, что свидетельствует о хорошем расположении спутников и высокой точности измерений. В более сложных



условиях (когда спутники были расположены далеко друг от друга) PDOP достигал значений выше 3, что увеличивало погрешности.

График 1 отображает зависимость точности измерений от значения PDOP. На графике видно, что с увеличением PDOP погрешности измерений увеличиваются.

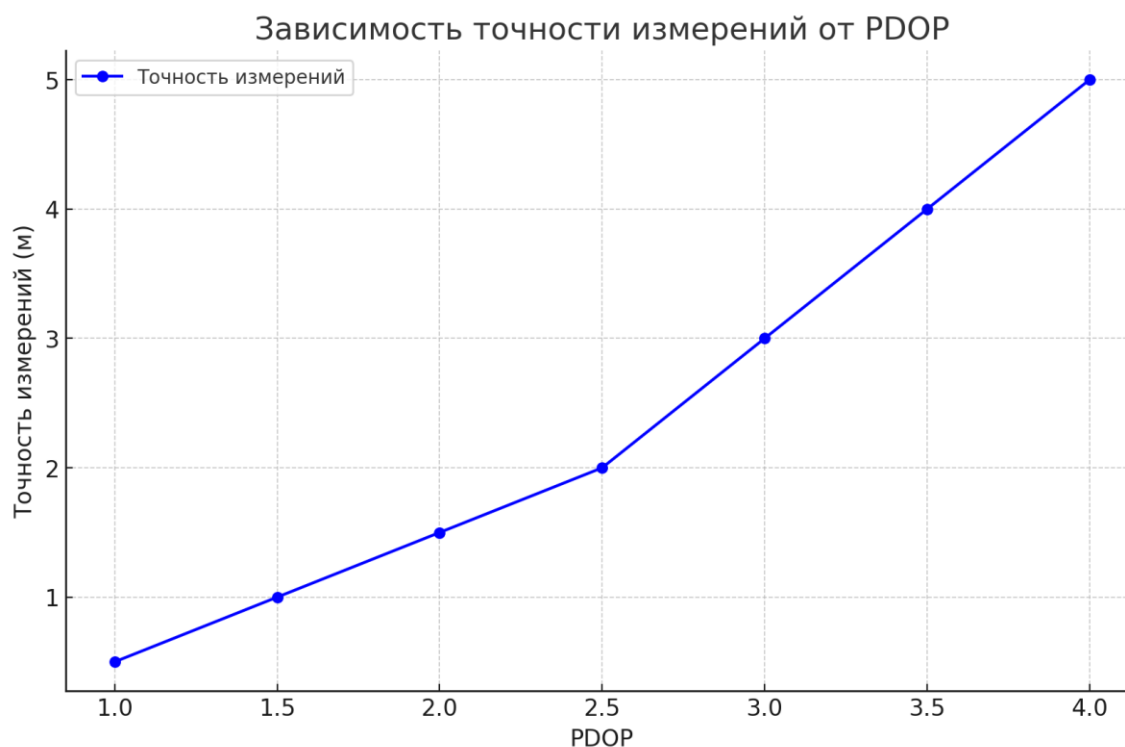


График 1. Зависимость точности измерений от PDOP

Проблемы и ошибки

Одной из основных проблем, с которой столкнулись в ходе работы, была ошибка многопутности, вызванная отражением сигналов от крупных объектов на местности. Однако данную проблему удалось минимизировать с помощью правильного размещения антенн приемников и выбора оптимальных точек для наблюдений.

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность применения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS для



создания и корректировки опорных маркшейдерских сетей. Использование технологий ГНСС позволило значительно повысить точность и скорость проведения маркшейдерских работ, а также снизить трудозатраты и повысить безопасность на производственных объектах.

Сравнение с традиционными методами

Традиционные методы маркшейдерских съемок, такие как нивелирование и теодолитные измерения, обеспечивают меньшую точность и требуют значительных временных и трудовых затрат. В отличие от них, использование ГНСС позволяет получать данные с высокой точностью, что значительно ускоряет процесс разработки и контроля за маркшейдерской сетью. Например, точность по горизонтали с использованием GPS и ГЛОНАСС может достигать 16 метров в условиях ограниченного доступа и плотной растительности, что значительно лучше, чем у традиционных методов.

Применение дифференциальной коррекции (DGPS)

Одним из важнейших факторов, повышающих точность навигационных измерений, является использование дифференциальной коррекции (DGPS). Применение DGPS позволило уменьшить погрешности, вызванные атмосферными задержками и ионосферными помехами. Это особенно важно при работе в сложных географических условиях, таких как горные местности или карьеры, где наличие препятствий может влиять на точность получаемых данных.

Источники ошибок и способы их устранения

Несмотря на высокую точность, система ГНСС подвержена ряду ошибок, таких как многопутность, ионосферные задержки и ошибки определения времени. Многопутность возникает при отражении сигнала от крупных объектов, таких как здания или металлические конструкции. Для минимизации этой ошибки важно правильно размещать антенны и избегать



работы в условиях плотной застройки или близости к металлическим объектам.

Ионосферные задержки также являются источником погрешностей, однако использование двухчастотных приемников и дифференциальной коррекции позволяет минимизировать эти эффекты. Программные методы обработки данных, такие как фильтрация и коррекция, помогают компенсировать ионосферные погрешности, что улучшает точность измерений.

Влияние геометрического расположения спутников

Геометрическое расположение спутников играет ключевую роль в точности измерений. При плохом расположении спутников, когда они находятся далеко друг от друга, точность измерений может значительно снизиться. Этот эффект измеряется через коэффициент PDOP (Position Dilution of Precision), который позволяет оценить влияние расположения спутников на точность определения координат. В идеальных условиях, когда спутники равномерно распределены по небосводу, значение PDOP минимально, что обеспечивает наилучшую точность измерений.

Выводы

Применение технологий ГЛОНАСС и GPS для создания опорных маркшейдерских сетей на карьере Калмакыр показало высокую эффективность и точность в выполнении геодезических работ. Использование спутниковых навигационных систем позволило значительно повысить скорость и точность измерений, а также снизить трудозатраты и ошибки, связанные с традиционными методами маркшейдерских съемок.

Основные выводы исследования

1. Высокая точность: Использование системы ГЛОНАСС и GPS обеспечило высокую точность определения координат, что было подтверждено результатами измерений.



2. Эффективность: Применение ГНСС технологий позволило значительно ускорить процесс маркшейдерских съемок и снизить человеческий фактор.

3. Дифференциальная коррекция: Использование метода дифференциальной коррекции (DGPS) позволило уменьшить погрешности, связанные с атмосферными и ионосферными эффектами.

4. Минимизация ошибок: Правильное размещение антенн и использование двухчастотных приемников значительно уменьшили влияние ошибок, таких как многопутность и ионосферные задержки.

Рекомендации для дальнейших исследований

1. Использование других методов коррекции: В дальнейшем можно исследовать возможность применения более продвинутых методов коррекции, таких как RTK (Real-Time Kinematic), для улучшения точности в реальном времени.

2. Применение новых технологий: Внедрение новых технологий, таких как комбинированные системы GPS и ГЛОНАСС с поддержкой других спутниковых навигационных систем, может значительно улучшить точность и устойчивость измерений в сложных условиях.

3. Оптимизация сети: Будущие исследования могут сосредоточиться на оптимизации сети ГНСС приемников для дальнейшего улучшения точности и скорости работы, а также на автоматизации процессов обработки данных.

В целом, результаты исследования показывают, что использование ГНСС технологий значительно улучшает процесс создания и корректировки маркшейдерских сетей, обеспечивая высокую точность и эффективность работы в горнодобывающей промышленности.



Литература

1. Воронин, А.Н., и др. (2020). *Использование спутниковых технологий для маркшейдерских работ в горном деле*. Москва: Геоиздат.
2. Иванов, И.И. (2018). *Основы геодезии и маркшейдерии: Теория и практика*. Санкт-Петербург: Издательство РГУ.
3. Савельев, В.В. (2019). *Геоинформационные системы в горном деле*. Казань: Казанский университет.
4. Фролов, П.К., и др. (2017). *Применение системы ГЛОНАСС для маркшейдерских съемок*. Журнал геодезии и картографии, 12(4), 45-52.
5. Топкон (2021). *Torcon Tools: Руководство пользователя для обработки ГНСС данных*. Токио: Torcon Corporation.
6. Александров, С.Н., и др. (2021). *Современные методы и оборудование для геодезических измерений*. Новосибирск: Сибирский университет.
7. Лебедев, И.А. (2020). *Дифференциальная коррекция GPS и ГЛОНАСС данных*. Геоинформатика, 22(2), 103-109.