

УДК 622

**СИСТЕМЫ ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
В ГОРНОМ ДЕЛЕ**  
**В. Н. Смаковский, Нарский В.А.**

КузГТУ, Филиал «Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске

**Аннотация:** В настоящее время стало популярным использование спутникового оборудования для определения точного местоположения. Позиционирование в сетях становится услугой. Сеть постоянно действующих спутниковых базовых станций используется для предоставления услуг точного спутникового позиционирования. Появилось новое понятие спутниковая система точного позиционирования (СТП).

**Ключевые слова:** GPS, ГЛОНАСС, спутники, координаты.

**Annotation:** Nowadays, it has become popular to use satellite equipment to determine the exact location. Positioning in networks is becoming a service. A network of permanent satellite base stations is used to provide precise satellite positioning services. There is a new concept of satellite precision positioning system (STP).

**Keywords:** GPS, GLONASS, satellites, coordinates.

Спутниковая система точного позиционирования (Спутниковая СТП) – система, включающая аппаратно-программный комплекс сети постоянно действующих спутниковых референцных станций, службы эксплуатации, технической и коммерческой политики для предоставления сервисов точного спутникового позиционирования.

Сегодня основной функционирующей системой является спутниковая навигационная система GPS (GlobalPositioningSystem— система глобального позиционирования).

Сигналы со спутников принимаются GPS-приемниками. Получив информацию, приемник определяет свое местоположение в теоретической системе координат, далее значения X, Y, Z преобразовываются в координаты долготы, широты и высоты над уровнем моря. Для обеспечения точности координаты корректируются с поправками на скорость прохождения сигнала.

В России так же есть система – Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС). Координаты объекта на поверхности определяются с помощью полученных приемником данных от одного или нескольких спутников.

Система спутникового позиционирования состоит из трех частей:

- космические аппараты (спутники);
- наземный контроль и управление;
- приемные устройства.

**Космические аппараты.** Современные системы GPS и ГЛОНАСС состоят из 24 спутников, которые вращаются вокруг Земли по орбитам. Орбиты спутников GPS находятся в шести плоскостях по 4 спутника в каждом (рис. 1, а). Средняя высота орбиты составляет около 20 тыс. км, а время обращения вокруг Земли, примерно 12 часов. Такое расположение и количество спутников обеспечивает одновременный прием сигналов в любой точке Земли в любое время. Спутники ГЛОНАСС обращаются вокруг Земли в трех орбитальных плоскостях по 8 спутников в каждой (рис. 1, б). Средняя высота орбиты около 19 тыс. км, а период обращения приблизительно 11 часов 16 минут.

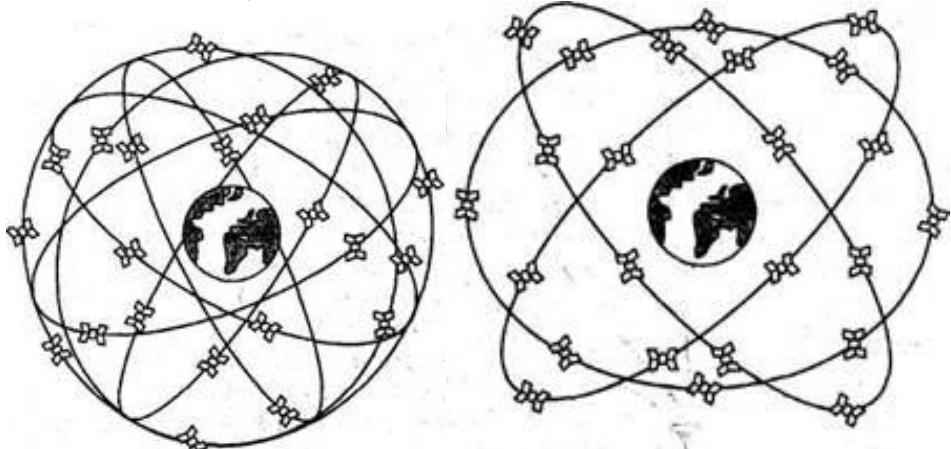


Рисунок 1. Созвездие искусственных спутников  
а – GPS; б – ГЛОНАСС

На каждом спутнике установлены приемно-передающая аппаратура, бортовые компьютеры, солнечные батареи питания и отражатели для лазерной дальнометрии.

**Наземный контроль и управление.** Состоит из сети станций слежения за спутниками, которые находятся на территории страны, главной станции с вычислительным центром, станции загрузки данных на борт спутников и службы точного времени. Два раза в сутки лазерным дальномером с пунктов измеряют расстояние до каждого спутника. Информацию о положении спутников передают на бортовой компьютер каждого спутника. Спутники беспрерывно излучают измерительные радиосигналы и данные о системном времени, а также свои координаты.

**Приемные устройства.** Включают в себя антенну, спутниковый приемник, источник питания, управляющий орган и другие вспомогательные средства.

Метод определения координат точек при помощи спутников основано на радиодальномерных измерениях расстояния от спутника до приемника. При измерении расстояния  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  до спутников (рис. 2), координаты которых известны, можно определить координаты точки стояния приемника методом линейной пространственной засечки.

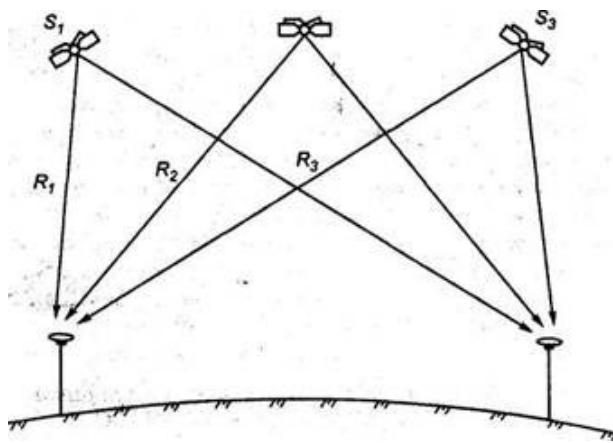


Рисунок 2. Принципиальная схема спутниковой системы позиционирования

Системы спутникового позиционирования действуют в Гринвичской пространственной системе координат. Но при этом система ГЛОНАСС применяет систему координат ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990г.), а GPS – использует координаты мировой геодезической системы WGS-84 (WorldGeodeticSystem, 1984 г.). Геодезические и прямоугольные координаты одних и тех же точек в этих системах не сходятся, так как эти координатные системы основаны на разных эллипсоидах и ориентированы на разные территории.

Преимущества спутниковой системы точного позиционирования: нет необходимости постоянного прокладывания полигонометрических и теодолитных ходов; создания переходных пунктов; не стоит беспокоиться о наличии плотной сети закрепленных на земле реперов и опорных пунктов; сокращаются расходы на создание опорного обоснования и сохранении ее в рабочем состоянии; сокращаются расходы на выполнения измерений, такие как транспортные расходы, износ оборудования, накладные расходы, человеческий ресурс; предоставляется пространственный результат в электронном виде в единой системе координат.

Основные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения:

- наблюдение за деформацией земной поверхности и инженерных сооружений;
- строительство, восстановление маркшейдерской опорной сети или реконструкция утраченных пунктов опорной и разбивочной сетей;
- обновление планов земной поверхности в процессе строительства или после его окончания.

В последнее время в горнодобывающей сфере отмечается тенденция роста инвестиций в модернизацию. Так же это касается и буровзрывных работ. Предприятия стараются снизить расходы на бурение взрывных скважин и сэкономить время на выполнение данной работы.

Для этого был создан инструмент «Высокоточное позиционирование буровой установки». Данная система устанавливается на экскаваторах для

более точного определения фронта работ погрузочной единицы, контроля качества груза и выполнения заданного плана работ.

Так же этот инструмент устанавливается на буровых станках для ускорения процесса бурения, для контроля за состоянием буровой установки (отслеживаются такие показатели, как давление на бур, глубина бурения и угол наклона) и для улучшения качества проделанной работы (соответствие бурения и его глубины в соответствие с планом).

Ведение буровзрывных работ (БВР) - одна из основных статей затрат горнодобывающих предприятий. Доля затрат на БВР в себестоимости добычи полезных ископаемых для горнодобывающих компаний достигает 25-40% и более. Использования новых технических и технологических решений, которые позволяют горным компаниям без крупных капитальных вложений значительно снизить затраты на ведение БВР.

БВР это одна из главных частей технологического процесса добычи полезных ископаемых, особенно при открытом способе. Качество проведения взрывных работ во многом влияет на количественные, качественные и стоимостные показатели сырья для взрывных работ, и себестоимость готовой продукции. В современных условиях повышения эффективности горного производства становится применение новых технологий, автоматизации геолого-маркшейдерского обеспечения и проектирования БВР в карьерах и угольных разрезах. В настоящее время российскими горнодобывающими компаниями используется в основном бумажная основа для обмена этой информацией в процессе проектирования БВР ведёт к возникновению и в дальнейшем накоплению неточностей и ошибок, ухудшает оперативность и в итоге снижает качество проведения взрывных работ. Причинами некачественного ведения взрывных работ также являются отсутствие надежного и доступного в производственных условиях способа получения информации о состоянии массива взрываемых горных пород и отклонение фактической полученной сетки расположения скважин от проектной. Большая трудоемкость и высокая погрешность в расчетах сказывается на экономической эффективности и трудности решении вопросов экологии, таких как контроль сейсмики и улучшения пылегазового режима после БВР.

Применение новых систем технологий высокоточного позиционирования позволит повысить качество получения и выдачи больших объёмов оперативной информации для процессов проектирования и выполнения БВР. Информация полученная после БВР разнообразна и для качественной обработки, оптимизации для последующих расчетов необходимо постоянное взаимодействие различных отделов на предприятии: геологической службы – это данные о пластах рудных тел и свойствах горных пород; маркшейдерской службы – это координаты высотных отметках, площадок следов взрывных скважин вышележащих блоков, геометрии предохранительных валов и неподобранных развалов породы от предыдущих

взрывов, данные о фактическом местоположении бровок уступов; производственной службы – это последовательность и направления развития горных работ, местоположение объектов горного оборудования и инфраструктуры.

С использованием систем высокоточного точного управления и позиционирования буровых станков на горнодобывающих предприятиях, появится возможность автоматизации расчетных составляющих проектов БВР и имитационного моделирования массовых взрывов. Эффективность использования этих программных средств для проектирования БВР приведет к оптимизации технологических и производственных процессов, и положительно скажется на решении вопросов улучшения экологии в регионе.

Системы точного позиционирования за относительномалый срок достигли признания у специалистов разнообразных отраслей, однако темпы развития технологий позволяют сделать вывод, что их ждет интеграция в повседневную жизнь большинства граждан.

В заключение отметим, что современные спутниковые методы для определения координат обеспечивают мониторинг природных ресурсов и объектов с сантиметровой и миллиметровой точностью. Более удобным методом для пользователей является работа со спутниковыми системами высокоточного позиционирования в режиме реального времени.

### **Список литературы.**

1. Спутниковая система точного позиционирования (Спутниковая СТП) [Электронный ресурс]. - [https://icentre-gfk.ru/naprd/nard\\_stp\\_sstp.htm](https://icentre-gfk.ru/naprd/nard_stp_sstp.htm)
2. Оценка энергоэффективности транспортных установок по результатам технической диагностики / А.А. Хорешок, Е.Г. Кузин, А.В. Шальков, Мамаева , М.Г. Лупий // Вестник КузГТУ. - 2017. - №5. - С. 79-84.
3. Предпосылки создания системы автоматизированного мониторинга и учета смещений кровли подземных выработок с целью повышения безопасности ведения горных работ / А.С. Абрамович, Е.Ю. Пудов, Е.Г. Кузин, Кавардаков , В.А. Бакин // Вестник КузГТУ. - 2017. - №5. - С. 85-90.
4. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. – М.: Академический проект, 2007. – 592 с.
5. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. – М.: Высш. шк., 2004.- 463 с.
6. Системы спутникового позиционирования[Электронный ресурс]. - <https://helpiks.org/1-106309.html>
7. Высокоточное позиционирование — эффективный способ повысить скорость и качество буровзрывных работ[Электронный ресурс]. - <https://ask-glonass.ru/news/all/vysokotochnoe-pozitsionirovaniie-effektivnyj-sposob-povysit-skorost-i-kachestvo-burovzryvnyh-rabot>