

Опорная навигационная ГЛОНАСС/GPS-станция «Печора»

В настоящей статье представлена краткая информация об опорной ГЛОНАСС/GPS-станции «Печора», которая является составной частью программно-технического комплекса (ПТК) «Кама», предназначенного для автоматизированного управления работой горнотранспортного оборудования (железнодорожных локомотивосоставов, карьерных самосвалов, экскаваторов, бульдозеров и буровых станков), применяемого на открытых разрезах в горнодобывающей промышленности. «Печора» представляет собой интегрированный комплекс, предназначенный для генерации дифференциальных поправок и сигналов точного времени с целью их дальнейшей передачи по каналам технологических радиосетей обмена данными или локальной вычислительной сети (ЛВС). Она может использоваться в качестве сервера системы единого времени (СЕВ) в информационных системах и системах связи, требующих синхронизации выполняемых процессов.

Рассмотренная в статье информация может оказаться полезной при реализации проектов, связанных с автоматизацией технологических процессов в промышленности и на транспорте в части организации оперативно-диспетчерского управления подвижными объектами, а также с организацией функционирования сложных распределенных систем, требующих синхронизации по времени.

**Ваган Саруханов
Сергей Маргарян**

Общее описание

Опорная станция (ОС) ГЛОНАСС/GPS «Печора» (рисунок) использует принцип дифференциальных навигационных измерений для повышения точности определения местоположения подвижного объекта и синхронизации данных точного времени от нескольких спутниковых навигационных систем (СНС).

Дифференциальный режим (Differential GPS, DGPS) позволяет установить координаты с точностью до 5 м в динамической навигационной обстановке и до 2 м в стационарных условиях.



Рисунок. Внешний вид опорной станции ГЛОНАСС/GPS «Печора»

Данный режим реализуется с помощью контрольного приемника, установленного в ОС, которая размещается в пункте с известными координатами в том же районе, что и основной приемник потребителя (подвижного объекта), и обеспечивает трансляцию дифференциальной поправки и сигналов точного времени.

ОС включает в себя измерительный приемник ГЛОНАСС/GPS с антенной, процессор и передатчик данных с антенной. Каждый канал многоканального приемника ГЛОНАСС/GPS отслеживает один видимый спутник. Необходимость непрерывного отслеживания каждого космического аппарата обусловлена тем, что ОС должна «захватывать» навигационные сообщения раньше, чем приемники потребителей. Сравнивая известные координаты (полученные в результате прецизионной геодезической съемки) с измерениями, контрольный ГЛОНАСС/GPS-приемник вырабатывает поправки, которые передаются потребителям по технологической радиосети или ЛВС.

Аппаратура потребителя включает в себя ГЛОНАСС/GPS-приемник с антенной, оснащенный процессором и дополнительным радиоприемником с антенной, который позволяет получать дифференциальные поправки с опорной станцией. Принятые поправки автоматически вносятся в результаты собственных измерений пользовательских устройств.

В составе ПТК «Кама» ОС «Печора» применяется в системе управления карьерными самосвалами «Коматсу» HD785-5, локомотивосоставами ОПЭ-1 и одноковшовыми экскаваторами совместно с бортовым радиотехническим комплексом «Кама». Он служит для выполнения задач, связанных со сбором и обменом навигационной и телеметрической информацией в интересах организации автоматизированного диспетчерского управления подвижным горнотранспортным оборудованием (ГТО), и обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- автоматическая регистрация и передача в пункт диспетчерского управления (ПДУ) навигационной информации о текущем местоположении подвижного ГТО;
- регистрация, мониторинг и передача в ПДУ данных об оперативном и техническом состоянии ГТО;
- автоматическое определение выполняемой ГТО текущей технологической операции;
- автоматическое определение параметров движения и режима функционирования ГТО;
- регистрация и передача в ПДУ телеметрической информации от смежных подсистем управления;
- обмен с оператором ПДУ формализованными и текстовыми сообщениями;
- обмен формализованными и текстовыми сообщениями между операторами ГТО различных типов;
- автоматическое получение и регистрация управляющих сигналов из ПДУ и от операторов ГТО других типов;
- автоматический прием сигналов тревог и оповещение операторов ГТО в нестандартных ситуациях;
- аутентификация оператора ГТО и регистрация его в ПДУ;
- автоматическая регистрация выполнения технологических карт;
- автоматическая регистрация отклонений в графиках работы и маршрутах движения;
- регистрация сбоев в работе ГТО и автоматическое оповещение о них оператора ПДУ;
- автоматическое звуковое сопровождение текущих состояний и выполняемых операций.

ПТК «Кама» обеспечивает обработку интенсивно поступающей навигационной и телеметрической информации в автоматическом режиме, что предъявляет повышенные требования к точности и времени получения поступающих данных. Наиболее актуальными эти требования являются для железнодорожного транспорта, что связано с укладкой путей на относительно небольшом расстоянии друг от друга и необходимостью точной привязки локомотива к конкретному пути. Генерируемые ОС сигналы точного времени позволяют корректно регистрировать и обрабатывать все сообщения, поступающие в режиме реального времени и в отложенном режиме от территориально распределенных объектов, связанных между собой только по беспроводным каналам обмена данными.

Результаты, полученные с помощью дифференциального метода, в значительной степени

зависят от расстояния между объектом и ОС, которую рекомендуется располагать не далее 500 км от объекта.

Технические характеристики

«Печора» выполняет следующие основные функции:

- автоматически направляет дифференциальные навигационные поправки другим устройствам по технологической сети и ЛВС;
- выдает метки точного времени с использованием сетевого протокола NTP (станция имеет первый уровень в иерархии часовых уровней).

В составе станции используется NAVIOR-24 — навигационный приемник производства российской компании Navis. Количество параллельных универсальных каналов приема сигналов СНС ГЛОНАСС/GPS (в перспективе также WAAS/EGNOS) — 24. Для устойчивой работы приемника необходимо, чтобы в работе было не менее четырех спутников одной системы или два-три спутника различных систем. Навигационный приемник работает по сигналам:

- ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1, C/T код;
- GPS в частотном диапазоне L1, C/A код;
- других широкозонных дифференциальных систем в частотном диапазоне L1.

Обмен информацией с внешними устройствами осуществляется по двум последовательным портам UART. Протоколы обмена: NMEA-0183 (IEC 1162), BINR, RTCM SC-104 V2.2. Средняя квадратичная погрешность определения текущих значений навигационных параметров приведена в таблице.

Время получения навигационных параметров с заданной погрешностью не более 90 с при отсутствии альманаха (холодный старт) и не более 50 с при его наличии (теплый старт).

Навигационный приемник формирует сигналы аппаратной и программной меток времени. Аппаратная представляет собой импульс, полученный в результате деления опорной частоты внутреннего генератора, а программная — программно управляемый импульс, и выдается как секундная и интервальная метки времени.

ОС «Печора» создает дифференциальные поправки для устройств, которые работают в составе ЛВС. Для приема дифференциальных поправок от опорной навигационной станции (в соответствии с рекомендациями RTCM SC-104 V2.2) устройства должны находиться в зоне действия СНС.

После проведения настроек находящихся в сети устройств начинают прием и автоматический учет поправок (RTCM SC-104

V2.2). Старение поправок учитывается навигационным приемником в виде изменения степени доверия к этим измерениям. Поправки, имеющие возраст более минуты, считаются недействительными.

Прием дифференциальных поправок от ОС включается командой по протоколу BINR (пакет 0D->51). По умолчанию прием дифференциальных поправок от ГКА SBAS отключен. Признак работы навигационного приемника в дифференциальном режиме передается по протоколу NMEA.

Для повышения точности формирования интервальной метки времени потребитель должен ввести в навигационный приемник (НП) данные по задержке сигнала в антенном кабеле (кабель между антенной и НП) по протоколу BINR (запросный пакет D7h, ответный пакет E7h).

Задержка сигнала в антенном кабеле рассчитывается по формуле:

$$T = (L \times k) / C,$$

где: T — задержка сигнала в антенном кабеле, с; L — длина кабеля, м; k — коэффициент укорочения длины волны; C — скорость света, м/с.

ОС «Печора» обеспечивает метровую точность при определении местоположения подвижных объектов, что является достаточным для решения большей части функциональных задач, связанных с эксплуатацией подвижного горнотранспортного оборудования, включая железнодорожный транспорт.

Конструкция

«Печора» устанавливается непосредственно рядом с антенной для уменьшения длины антенного кабеля. Станция имеет герметичный корпус, защищенный от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Корпус выполнен в виде трубы. Лицевая панель прикручивается на винты, герметично закрывая устройство.

На лицевой панели присутствуют следующие разъемы:

- ANT — подключение антенны;
- LAN — для включения устройства в сеть Ethernet;
- POWER — питание устройства 9–36 В;
- индикация:
 - READY — готовность устройства к работе;
 - 1PPS — мигание индикатора информирует о работе навигационного приемника;
 - LINK — подключения к сети Ethernet.

На обратной стороне ложемент крепится плата питания. В ложе предусмотрены отверстия для соединения платы питания и для сетевого разъема цифровой платы.

Таблица. Средняя квадратичная погрешность определения текущих значений навигационных параметров (не более*)

| Модуль | Координаты места, м | Высота, м | Время, нс | Скорость, м/с |
|--|---------------------|-----------|-----------|---------------|
| СНС ГЛОНАСС/GPS | 9 (типичное 5) | 12 (8) | 100 | 0,1 |
| СНС ГЛОНАСС/GPS с использованием сигналов геостационарных космических аппаратов (ГКА) SBAS (Satellite Based Augmentation System) | 3 | 5 | | |
| СНС ГЛОНАСС/GPS с использованием локальных дифференциальных систем (в режиме DGNS) | 2 | 3 | | |

Примечание: * — При полностью развернутых СНС ГЛОНАСС и GPS, при геометрическом факторе GDOP не более 3 и отсутствии затенений.

ОС «Печора» может устанавливаться и эксплуатироваться вне помещений при температуре внешней среды $-40\dots+60$ °С.

Область применения

ОС «Печора» предназначена для применения на объектах промышленности, транспорта и связи, предусматривающих необходимость использования навигационных данных, точность которых выше предоставляемой обычными приемниками, а также сигналов единого времени для синхронизации технологических процессов. Она разрабатывалась для использования в составе Автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления горнотранспортным комплексом угольного разреза «Восточный» (г. Экибастуз, Республика Казахстан), однако полученные результаты

подтвердили возможность применения ее и в других сферах. Основные прикладные задачи, эффективно решаемые с помощью станции:

- автоматический мониторинг работы железнодорожного и промышленного автомобильного транспорта;
- автоматизированное оперативно-диспетчерское управление на всех видах транспорта;
- обеспечение функционирования распределенных стационарных и полевых (мобильных) систем связи и обмена данными гражданского и двойного назначения;
- синхронизация работы сложных распределенных информационных систем и систем управления технологическими процессами в промышленности и на транспорте.

ОС «Печора» явилась первым объектом такого назначения, развернутым на территории

Республики Казахстан. Она может быть включена в состав национальной системы высокоточной спутниковой навигации, создаваемой в этой стране в настоящее время.

Выводы

Опорная навигационная ГЛОНАСС/GPS-станция «Печора» позволяет надежно решать широкий круг задач, связанных с организацией сбора данных и управления в подвижных и стационарных информационных системах и системах связи гражданского и двойного назначения, за счет повышения точности навигационной информации и синхронизации обрабатываемых данных. Станция может быть рекомендована для использования в составе сложных распределенных информационных систем различного назначения. ■