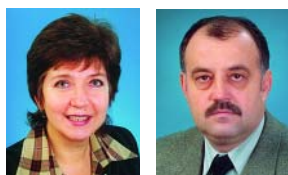


# Перспективы навигационно-геодезического обеспечения железнодорожного транспорта

Л.С. БЛАЖКО, д-р техн. наук, зав. кафедрой, ПГУПС

М.Я. БРЫНЬ, канд. техн. наук, зав. кафедрой, ПГУПС



**Неотъемлемой частью транспортного комплекса и особенно ее ведущего вида — железнодорожного транспорта — в настоящее время становится навигационно-геодезическое обеспечение, основой развития которого является широкое применение аппаратуры, работающей по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США).**

ленные параметры орбит передаются на спутники и транслируются ими в составе навигационного сообщения наземным потребителям.

Приемники спутниковых сигналов выполняют кодовые и фазовые измерения, связывающие положение приемника с положением всех спутников, на-

Постановлением правительства Российской Федерации от 21 октября 2004 г. №1355-Р Росжелезнодорожный транспорт определен государственным заказчиком федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система», утвержденной правительством Российской Федерации 14 июля 2006 г. (постановление № 423). Необходимость использования аппаратуры спутниковой навигации в транспортной системе отмечается и в постановлении правительства Российской Федерации от 9 июня 2005 г. № 365 «Об оснащении космических, транспортных средств, а также средств, предназначенных для выполнения геодезических и кадастровых работ, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS», и в указе президента Российской Федерации от 17 мая 2007 г. № 638 «Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации». 13 июля 2007 года состоялось расширенное заседание коллегии Ми-

Таблица 1

| Основные характеристики           | ГЛОНАСС            | GPS    |
|-----------------------------------|--------------------|--------|
| Число ИСЗ (резерв)                | 24 (3)             | 24 (3) |
| Число орбитальных плоскостей      | 3                  | 6      |
| Число ИСЗ в орбитальной плоскости | 8                  | 4      |
| Тип орбит                         | Близкий к круговой |        |
| Высота орбит, км                  | 19100              | 20145  |
| Наклонение орбит, град.           | 64,8               | 55     |

нистерства транспорта РФ, посвященное рассмотрению плана действий по навигационному обеспечению транспортного комплекса. На коллегии отмечалось, что развитие отечественной системы ГЛОНАСС станет одним из важных направлений Программы стратегического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2030 года.

Рассмотрим принципы работы спутниковых навигационно-геодезических определений и возможности их использования в интересах железнодорожного транспорта.

В состав спутниковой навигационной системы входят три подсистемы технических средств: подсистема космических аппаратов, подсистема контроля и управления и подсистема аппаратуры потребителей.

Краткие сведения о подсистеме космических аппаратов приведены в *табл. 1*.

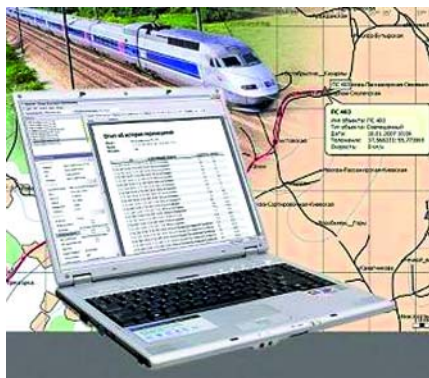
Аппаратура потребителей принимает измерительные сигналы и навигационные сообщения о параметрах орбит, транслируемые искусственными спутниками Земли.

Параметры орбит спутников вычисляются в центре управления системой по результатам измерений, выполняемых на постоянных контрольных станциях слежения за спутниками. Вычис-

ходящихся над горизонтом в пределах прямой радиовидимости.

Кодовыми измерениями определяется интервал времени  $\Delta t$  между моментом приема кода наземным приемником и моментом его посылки спутником. Умножив интервал времени на скорость распространения сигнала, получают псевдорасстояние между спутником и приемником. От верного расстояния псевдорасстояние отличается потому, что время посылки сигнала определяется часами спутника, а время приема фиксируется по несинхронным часам приемника. По измеренным псевдорасстояниям вычисляют геоцентрические прямоугольные координаты приемника  $X, Y, Z$  в системе координат WGS-84 (в системе GPS) или ПЗ-90 (в системе ГЛОНАСС). Для того чтобы определить 4 неизвестных (3 пространственные координаты и поправку часов приемника), необходимо одновременно выполнить наблюдения не менее 4 навигационных спутников.

Определение координат по результатам кодовых измерений выполняется с метровой точностью. Для повышения точности пользуются дифференциальным методом. На контрольном пункте с известными координатами устанавливают приемник спутниковых сигналов (базовая станция), которым выполняют



одновременные кодовые измерения. Сравнивая измеренные псевдорасстояния до спутников с вычисленными по известным координатам расстояниями, определяют поправки, которыми исправляют псевдорасстояния, измеряемые потребителями.

Фазовыми измерениями, выполненными на несущей частоте, определяют сдвиг по фазе между колебаниями, принятыми от спутника, и колебаниями такой же частоты, выработанными приемником. Умноженные на длину волны фазовые сдвиги представляют собой фрагменты псевдорасстояний, измеренные с высокой точностью — 1–2 мм. При этом для определения расстояния спутник — приемник надо предпринимать дополнительные действия по определению целого числа длин волн, укладывающихся в измеренном расстоянии, т.е. разрешению неоднозначности фазовых измерений.

Однако вычислить по результатам фазовых измерений координаты приемника с указанной высокой точностью не удается из-за ошибок орбиты, влияния ионосферы и других причин. Точность фазовых измерений реализуют, применяя метод относительного определения положения пунктов. Результаты одновременных наблюдений одного и того же спутника в двух пунктах содержат значительные, но общие, близкие по величине погрешности. Поэтому разности результатов измерений от них практически свободны и позволяют с высокой точностью определять разности координат  $X, Y, Z$  двух пунктов, то есть трехмерный вектор  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ , их соединяющий. Следовательно, зная координаты  $X, Y, Z$  одного пункта, можно, измерив разности координат  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  до другого, вычислить и его координаты.

Технологии спутниковых координатных определений по сравнению с традиционными технологиями имеют существенные преимущества, к которым относятся: более высокая точность; независимость от метеорологических условий, времени года и суток; оперативность; глобальность действия; возможность определения координат при отсутствии взаимной видимости между пунктами и др.

При решении задач железнодорожного транспорта целью навигационно-геодезического обеспечения является повышение уровня эффективности и безопасности его работы.

Спутниковые координатные определения на железной дороге можно использовать для решения как навигационных, так и геодезических задач.

При решении навигационных задач положение любых перемещающихся объектов достаточно определять с точностью от 1 до нескольких десятков метров. К настоящему времени около 7 тыс. локомотивов оснащены отечественными приемниками спутниковой навигации. Это уже сейчас позволяет оптимизировать режим ведения поездов, осуществлять контроль местоположения и скорости поездов на электронной карте диспетчерского центра железной дороги, автоматически вести скоростемерную ленту и график исполнения движения, осуществлять контроль за состоянием перевозимых грузов и их охрану, оперативно определять места возникновения аварийных ситуаций. Эффективно с помощью спутниковых навигационных приемников и геоинформационных систем (ГИС) могут быть решены задачи согласованного по времени подвоза грузов, в том числе спецгрузов, крупным потребителям.

По данным ООН, около 80% информации органов управления является пространственно ориентированной информацией. Для получения такой информации на основе ГЛОНАСС/GPS и компьютерных технологий сегодня стремительно развиваются геоинформационные технологии. Они используются для решения многих задач, в том числе и для решения задач транспорта. «Программа информатизации железнодорожного транспорта» от 28 февраля 1996 г. предусматривала широкое применение геоинформационных систем. Ответственность за разработку, внедрение и сопровождение ГИС в стране несет Федеральное агентство геодезии и картографии России, которое с 2004 года находится в структуре Министерства транспорта. Это дало мощный толчок развитию ГИС для решения задач транспортного комплекса страны. Министр транспорта И. Левитин 19 октября 2006 года, выступая с докладом «Привлечение инвестиций в развитие инфраструктуры в сфере логистики и транспортных услуг — приоритетная задача международного сотрудничества», заявил, что развитию данного направления должно способствовать развитие ГИС, которые позволяют

осуществлять эффективное управление товарными потоками.

Точность спутниковых геодезических определений оценивается миллиметрами — единицами сантиметров. Такая точность требуется при выполнении инженерно-геодезических изысканий и ремонте существующих; построении высокоточных геодезических сетей специального назначения, таких как реперные системы контроля плана и профиля пути, в первую очередь на участках скоростного и высокоскоростного движения; при выполнении топографических и кадастровых съемок, а также разбивочных работ в пределах полосы отвода железных дорог.

Спутниковые методы могут стать надежным элементом системы комплексного мониторинга за

т е х н и -



Электронный тахеометр с интегрированным GPS-приемником

**ТЕХНОЛОГИИ СПУТНИКОВЫХ КООРДИНАТНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ИМЕЮТ СУЩЕСТВЕННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, К КОТОРЫМ ОТНОСЯТСЯ: БОЛЕЕ ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ; НЕЗАВИСИМОСТЬ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ВРЕМЕНИ ГОДА И СУТОК; ОПЕРАТИВНОСТЬ; ГЛОБАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ; ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРИ ОТСУТСТВИИ ВЗАИМНОЙ ВИДИМОСТИ МЕЖДУ ПУНКТАМИ И ДР.**

ческим состоянием пути, инженерных сооружений и устройств сети железных дорог. Они позволят определять интенсивность накопления остаточных деформаций элементов конструкции в пространстве в реальном времени и оперативно прогнозировать объемы работ по ликвидации отступлений. Особенно актуально проведение такого мониторинга в районах с неблагоприятными природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями, для участков скоростного и высокоскоростного движения и обращения подвижного состава с повышенными осевыми нагрузками. Спутниковые геодезические измерения будут эффективны при определении деформаций земляного полотна, сложенного грунтами с низкой несущей способностью, земляного полотна на слабом основании, в

зонах сопряжения пути с искусственными сооружениями и т.д.

Главное преимущество таких наблюдений состоит в том, что они, в отличие от традиционных геодезических измерений, могут выполняться непрерывно в течение длительного времени с обеспечением требуемого уровня точности.

Оперативная информация о фактическом положении пути в плане и профиле может быть получена с помощью спутниковой геодезической аппаратуры, устанавливаемой с помощью вехи непосредственно на рельсы, либо на вагонах-путеизмерителях и путеизмерительных тележках.

Учитывая существующую вероятность деформаций земной коры в районах прохождения железнодорожных магистралей, на основе спутниковых геодезических технологий может

быть организован мониторинг в районах повышенной сейсмичности.

Суммируя, заметим, что измерения на основе навигационно-геодезических систем станут в ближайшем будущем для железнодорожного транспорта широко распространенной практикой и будут использоваться везде, где требуется оперативное высокоточное определение планового и пространственного положения. Сегодня требуется проведение соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по оценке эффективности навигационно-геодезического обеспечения в рамках существующих технологий работы железнодорожного транспорта. Необходимо готовить квалифицированные инженерные кадры, владеющие не только современными технологиями, но и технологиями будущего.

Внедрение навигационно-геодезического обеспечения с использованием аппаратуры, работающей по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, потребует весьма существенных вложений, но экономический эффект, как абсолютный, так и сравнительный, очевиден при повышении надежности работы железнодорожного транспорта.

**eltrans '2007**

**4-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ**

**ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СКОРОСТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ КОРИДОРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»,  
 Филиал ОАО «РЖД» Октябрьская железная дорога,  
 Российская Академия Транспорта,  
 Петербургский государственный университет путей сообщения

Генеральный спонсор

Генеральный информационный спонсор

Информационный спонсор

Спонсоры

- SIEMENS
- Универсал-контактные сети
- НИИЭФА-ЭНЕРГО
- Московский энергомеханический завод
- GEISMAR

Гжельский завод Электроизолитор
- БСМ
- ФОРАТЕК
- ВНИИАС
- TRANSKAT

**С.-Петербург, 24-26 октября 2007 г.**