

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС

в системе единого точного времени на сети связи общего пользования

С. Филимонов, д.т.н.
директор по науке ФГУП ЦНИИС
filimonov@zniis.ru

Обеспечить высокое качество услуг электросвязи невозможно без создания системы единого точного времени на сети связи общего пользования. Необходимость создания системы единого точного времени вытекает из требований закона РФ "О связи" и других нормативно-правовых актов. В статье рассматриваются метрологические аспекты использования сигналов ГЛОНАСС для синхронизации шкалы времени в системе единого точного времени, создаваемой на сети связи общего пользования.

Созданию системы единого точного времени (СЕТВ) на сети связи общего пользования (ССОП) РФ посвящено значительное число публикаций, содержащих анализ возможных вариантов структуры СЕТВ, результаты их экспериментального исследования, предложения по технической реализации [1-5]. Основными задачами, которые должна решать СЕТВ, являются:

- прием сигналов координированного времени UTC(SU);
- хранение и воспроизведение системной шкалы единого времени, погрешность которой относительно шкалы UTC(SU) отвечает установленным требованиям;
- передача (распространение) сигналов (меток) единого точного времени потребителям на ССОП.

Один из наиболее доступных способов распространения информации о точном времени от государственного эталона времени и частоты до потребителей - использование сигналов ГЛОНАСС. Пунктом 1 статьи 6 Федерального Закона "Об исчислении времени" [6] определено,

что Государственная служба времени, частоты и определения параметров Земли распространяет информацию о точном значении московского времени и календарной дате, а также эталонные сигналы времени с использованием глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

Наряду с сигналами ГЛОНАСС информация о точном времени может распространяться и другими способами, в частности по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС), что обеспечивает высокую помехозащищенность и малое значение погрешности. Сегодня ВОЛС, широко используемые для синхронизации частоты в сетях связи, практически не применяются для передачи сигналов (меток) и значений единого точного времени, а имеющихся в наличии оптических линий пока не достаточно для решения задачи создания СЕТВ на всей ССОП. Однако при создании СЕТВ целесообразно рассмотреть вариант совместного использования сигналов ГЛОНАСС и сигналов, передаваемых от эталона времени и частоты по ВОЛС, что повысит надежность и устойчивость функ-

ционирования СЕТВ. Кроме того, это позволит оптимизировать каналы передачи сигналов точного времени по степени защищенности, точности передаваемых значений и стоимости, в зависимости от условий использования.

Глобальный характер покрытия поверхности Земли сигналами ГЛОНАСС, при условии полного состава группировки навигационных космических аппаратов (НКА), гарантирует доступность сигналов единого точного времени на всей территории Российской Федерации. Этот способ распространения точного времени удобен, легко реализуем технически и, в соответствии с Федеральным законом "Об исчислении времени", обеспечен правовой поддержкой.

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВРЕМЕНИ В СЕТЯХ СВЯЗИ

В соответствии с Приказом Минкомсвязи от 25.12.2009 №184 к числу важнейших измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в части компетенции Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, отнесено измерение расхождения шкал времени в сетях операторов связи относительно шкалы координированного времени РФ UTC(SU) (московского времени). К сожалению, после выхода упомянутого приказа не были выпущены нормативные документы, содержащие конкретные метрологические требования к этому виду измерений. Без знания норм, которым должна удовлетворять погрешность шкалы времени в сетях связи относительно UTC(SU), регулирование в части обеспечения единства измерений невозможно.

В современных сетях связи потребителями сигналов точного времени выступают многие технические средства, в частности: коммута-

ционные станции, вычислительные системы и серверы, системы управления транспортной сетью, биллинговые системы, устройства передачи данных. Однако требования к точности используемых ими значений времени также в большинстве случаев отсутствуют, как и требования к оснащению средств связи приемниками ГЛОНАСС. А без этого не могут быть окончательно решены организационно-технические вопросы по созданию СЕТВ.

В документах [7, 8] предъявлены требования к измерению расхождения шкал времени в сетях операторов связи относительно шкалы координированного времени РФ UTC(SU), а также к измерению продолжительности соединения (сеанса связи) в целях определения объема оказанных услуг. В рекомендациях ITU [9, 10] приведены значения погрешности отклонений сигналов времени в сетях связи от UTC, допустимые для большинства применений. При анализе способов передачи (распространения) сигналов точного времени целесообразно исходить из необходимости обеспечения минимального значения погрешности среди значений, приведенных в табл.1.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

Единое точное время должно распространяться от государственного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭВЧ) через подсистему хранения и передачи эталонных сигналов точного времени ГЛОНАСС к наземным приемникам сигналов ГЛОНАСС, входящим в структуру СЕТВ, и далее к средствам синхронизации и распространения точного времени на ССОП до конечных потребителей. Основные пути

Таблица 1. Нормативные или рекомендуемые значения погрешности синхронизации шкалы системного времени ССОП относительно шкалы UTC(SU) для различных условий применения

Требование к погрешности, с		Условие применения требования
Нормативное	Рекомендуемое	
± 1	± 1	При единице тарификации 1 мин
–	± 0,05	При единице тарификации 1 с
–	± 0,001	Большинство применений (согласно рекомендации UTC)
–	± 0,0001	Для целей обработки информации

распространения сигналов точного времени посредством ГЛОНАСС и СЕТВ на ССОП приведены на рисунке. В подсистему хранения и передачи эталонных сигналов точного времени ГЛОНАСС входят:

- центральный синхронизатор, содержащий наземные стандарты времени и частоты (НСВЧ), синхронизируемые от эталона времени и частоты (ЭВЧ);
- бортовые стандарты времени и частоты (БСВЧ), один или два раза в сутки синхронизируемые от наземного центрального синхронизатора (ЦС), входящего в состав подсистемы контроля и управления ГЛОНАСС.

Сигналы, соответствующие шкале времени БСВЧ, передаются к поверхности Земли, где принимаются, воспроизводятся и распространяются средствами СЕТВ. На рисунке число БСВЧ (N) соответствует количеству НКА в эксплуатируемой группировке, число M приемников сигналов ГЛОНАСС и число K средств синхронизации шкал времени и распространения сигналов точного времени к потребителям определяются степенью развитости СЕТВ.

Использование сигналов GPS для синхронизации шкалы СЕТВ без соответствующих поправок может привести к дополнительному расхождению шкалы СЕТВ относительно шкалы UTC(SU), поскольку шкала системного времени GPS синхронизируется от шкалы UTC(USNO) Морской обсерватории США. Отметим, что НКА "Глонасс-М" и НКА следу-

ющих поколений ("Глонасс-К", "Глонасс-К2", "Глонасс-КМ") передают поправку для устранения расхождения между шкалами времени системы GPS и ГЛОНАСС. Среднее квадратическое значение погрешности поправки не превышает ±30 нс.

Точность времени, распространяемого СЕТВ, должна периодически контролироваться независимой службой, оснащенной отдельным контрольным стандартом времени и частоты (КСВЧ). Этот стандарт должен синхронизироваться от ГЭВЧ по независимым от ГЛОНАСС и СЕТВ каналам. Организационно служба контроля может входить в состав одной из научно-исследовательских организаций Минкомсвязи РФ.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДСИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ВРЕМЕНИ

Согласно рекомендациям ITU-R [11], технические средства глобальных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС должны обеспечивать погрешность шкалы времени не более ±500 нс. Опорной шкалой времени для системы ГЛОНАСС является национальная координи-

Таблица 2. Типовые значения и требования к погрешностям подсистемы хранения, воспроизведения и передачи сигналов времени ГЛОНАСС [12, 13]

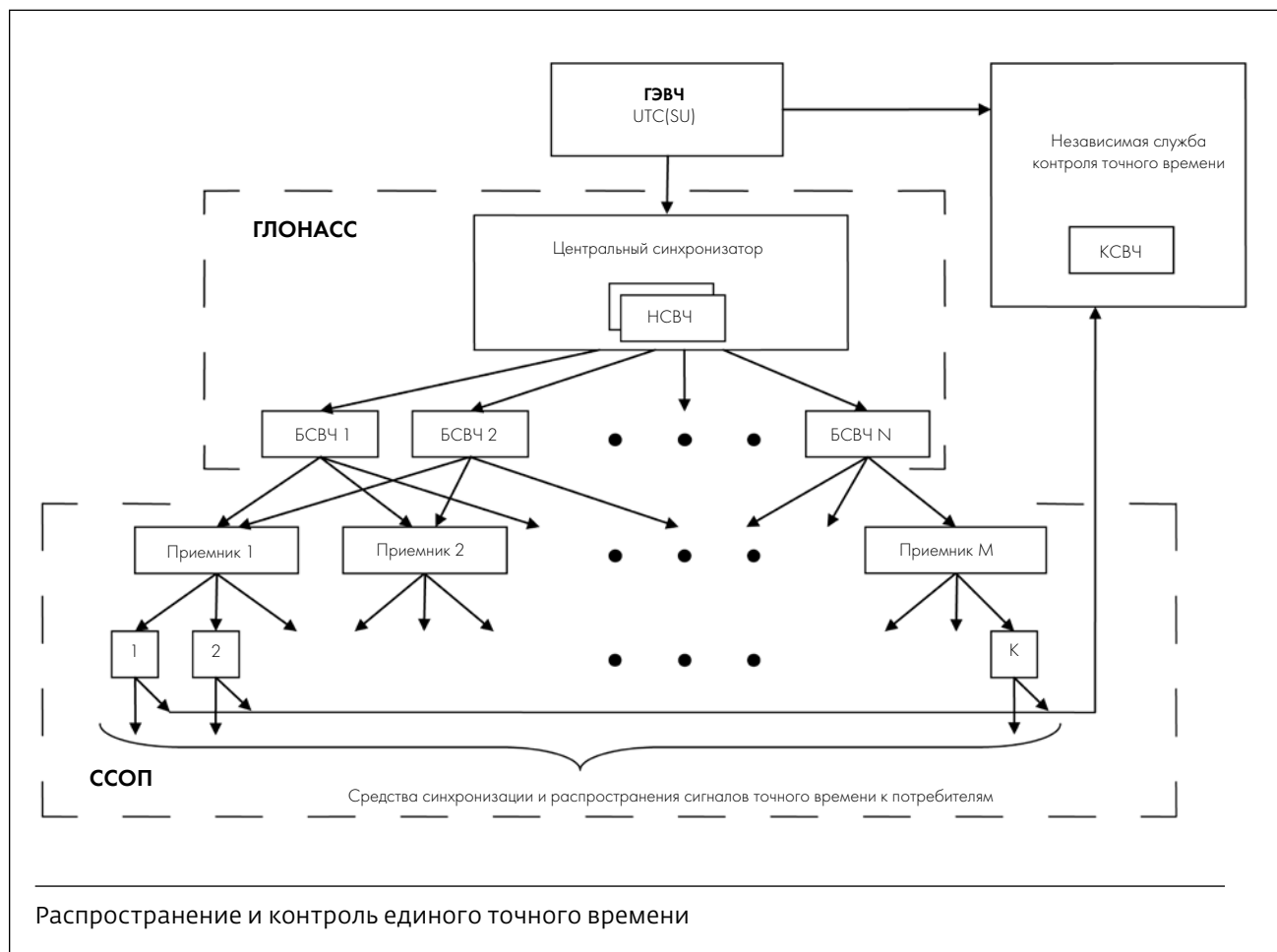
Наименование метрологической характеристики	Значение	
	Нормативное	Информационное
Суточная нестабильность НСВЧ	–	± 2·10 ⁻¹⁵
Суточная нестабильность БСВЧ	–	± 10 ⁻¹³
Погрешность синхронизации БСВЧ относительно НСВЧ, нс	–	±10
Погрешность привязки шкалы системного времени ГЛОНАСС к шкале UTC(SU), мкс	–	±1
Среднее квадратическое значение погрешности шкал времени БСВЧ относительно друг друга, не более, нс	±8	–
Погрешность передачи времени UTC(SU) от БСВЧ на интервале 24 ч, не более, нс	±700	–

рованная шкала времени РФ — UTC(SU). Поправки к шкале системного времени ГЛОНАСС относительно UTC(SU) вычисляются в подсистеме контроля и управления наземного комплекса управления и один или два раза в сутки передаются на борт каждого НКА эксплуатируемой группировки. Кроме того, в состав наземного комплекса управления входят средства коррекции шкал времени НКА относительно эталонной шкалы ЦС по передаваемым из наземного центра управления поправкам. Оперативная информация, транслируемая от НКА наземным приемникам, содержит значение времени по шкале НКА и погрешность (расхождение) шкалы времени НКА (БСВЧ) относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС (НСВЧ). Типовые значения и требования к погрешностям подсистемы хранения, воспроизведения и передачи сигналов времени ГЛОНАСС [12, 13] приведены в табл.2.

Значения метрологических характеристик подсистемы хранения, воспроизведения и передачи сигналов времени ГЛОНАСС

позволяют использовать их для синхронизации шкалы времени СЕТВ. Однако при передаче сигналов точного времени от ГЛОНАСС к СЕТВ проявляются дополнительные источники погрешностей: время распространения радиосигнала от НКА к приемнику (до 60 мс), "отставание" бортового времени, вызванное релятивистскими эффектами (до 37 мкс), задержки в аппаратуре передатчика и приемника (десятки миллисекунд), фазовые сдвиги за счет рефракционных явлений в ионосфере и тропосфере. Для минимизации погрешности передачи времени UTC(SU) от ГЛОНАСС к наземным приемникам необходимо вводить поправки для компенсации ее систематических составляющих.

Задержки распространения в бортовой аппаратуре измеряются при подготовке НКА к запуску и затем учитываются при синхронизации БСВЧ от ЦП. Групповая задержка радиосигнала в бортовой аппаратуре включает детерминированную и недетерминированную составляющие. Детерминированная составляющая учитывается в виде поправки



при синхронизации системного времени ГЛОНАСС. Максимальное значение недетерминированной составляющей групповой задержки радиосигнала в бортовой аппаратуре НКА не превышает ± 2 нс [12]. Задержки в аппаратуре приемников СЕТВ должны измеряться при вводе их в эксплуатацию, контролироваться в процессе эксплуатации и учитываться при синхронизации шкалы времени СЕТВ по сигналам от ГЛОНАСС.

Обоснованные требования к долговременной нестабильности хранения точного времени и к допускаемой погрешности шкалы СЕТВ на ССОП относительно шкалы UTC(SU) должны быть указаны в нормативных документах, которые необходимо разработать до завершения создания СЕТВ.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Значения метрологических характеристик подсистемы хранения, воспроизведения и передачи сигналов времени ГЛОНАСС позволяют обеспечить необходимые требования и рекомендации к погрешностям СЕТВ на ССОП при условии учета техническими средствами приема сигналов ГЛОНАСС ряда поправок, минимизирующих значения систематических составляющих погрешности. Действующие в отрасли нормативные документы не содержат необходимых технических и метрологических требований к воспроизведению, распространению и использованию единого точного времени на ССОП, учитывающих современное состояние и перспективы развития сетей связи, а также требований к техническим средствам приема, воспроизведения и распространения сигналов единого точного времени.

Должны быть проведены исследования в целях определения перечня метрологических требований к СЕТВ, определения конкретных значений норм, актуальных для сетей связи нового и следующего поколений. Результаты этих исследований должны быть отражены в нормативных документах и закреплены нормативно правовыми актами. Только в этом случае требования, нормы и рекомендации будут соответствовать текущему состоянию сетей связи, а также учитывать перспективу их развития. Для контроля, в том числе и для задач Государственного надзора, должна быть разработана методика проведения измерений расхождения шкал времени операторов связи относительно шкалы UTC(SU).

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные проблемы частотно-временного обеспечения сетей электросвязи/Сборник трудов международных научно-технических конференций. – М.: ФГУП ЦНИИС, 2010.
2. **Давыдкин П.Н.** Система единого точного времени сети связи общего пользования. – Электросвязь, 2010, №12, с. 32–34.
3. **Рыжков А.В., Донченко С.И., Иванов А.В. и др.** Передача сигналов времени по сети связи общего пользования. – Электросвязь, 2010, № 12, с. 42–47.
4. **Коновалов Г.В., Мазуренко Д.К., Меккель А.М.** Единство времени в системе 112. – Вестник связи, 2011, № 8, с. 27–30.
5. **Мельник С.В.** Вопросы частотной и временной синхронизации сетей связи. – Вестник связи, 2011, №4, с. 6–11.
6. Об исчислении времени. Федеральный закон Российской Федерации от 3 июня 2011 года № 107-ФЗ.
7. Об утверждении Правил применения аппаратуры повременного учета продолжительности соединения. Приказ Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 8 апреля 2008 года № 38.
8. Об утверждении Правил применения автоматизированных систем расчетов. Приказ Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 2 июля 2007 года № 73.
9. Recommendation ITU-R TF.374-5 Precise frequency and time-signal transmissions.
10. Recommendation ITU-R TF.460-6 Standard-frequency and time signal emissions.
11. Recommendation ITU-R TF.1011-1 Systems, techniques and services for time and frequency transfer.
12. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 с открытым доступом и частотным разделением (редакция 5.1). – М.: РНИИ КП, 2008.
13. ГОСТ Р 52865-2009 РФ. Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний. Взамен ГОСТ Р 52865-2007; введ. 2011-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010.