

ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА

ГЛОНАСС



ИНТЕРФЕЙСНЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ДОКУМЕНТ

**ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫСОКОТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАВИГАЦИОННОЙ И ЭФЕМЕРИДНО-ВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ГРАЖДАНСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
(СВО ЭВИ)**

(редакция 1.0)

МОСКВА

2020

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
Госкорпорации «Роскосмос»



Д.О. Рогозин

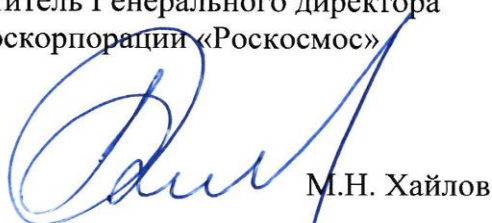
**ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА
ГЛОНАСС**

**ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫСОКОТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАВИГАЦИОННОЙ И ЭФЕМЕРИДНО-ВРЕМЕННОЙ
ИНФОРМАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ
ГРАЖДАНСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
(СВО ЭВИ)**

ИНТЕРФЕЙСНЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ДОКУМЕНТ

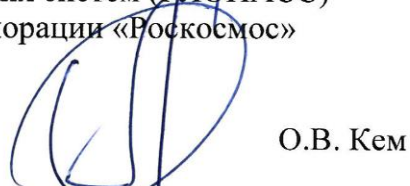
СОГЛАСОВАНО

Заместитель Генерального директора
Госкорпорации «Роскосмос»



М.Н. Хайлов

Директор департамента навигационных
космических систем (ГЛОНАСС)
Госкорпорации «Роскосмос»



О.В. Кем

Начальник ИАЦ КВНО
АО «ЦНИИмаш»



А.Н. Кузенков

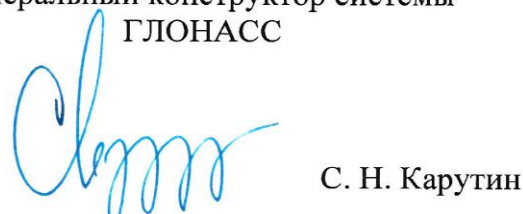
Генеральный директор
ФГУП «ВНИИФТРИ»



С.И. Донченко

СОГЛАСОВАНО

Генеральный конструктор системы
ГЛОНАСС



С. Н. Карутин

Генеральный конструктор, первый
заместитель генерального директора
АО «НПК «СПИ»



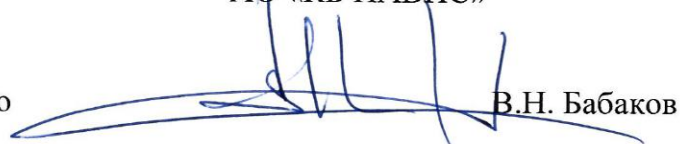
В.В. Пасынков

Генеральный директор
АО «Российские космические системы»



А.Е. Тюлин

Генеральный директор
АО «КБ НАВИС»



В.Н. Бабаков


СОГЛАСОВАНО

От ГК «Роскосмос»


Ревтсов А.С.

Ковалев Н.Н.

От АО «РКС»


Дворкин В.В.
Курицын В.В.
Зубов В.В.
Повалов А.А.


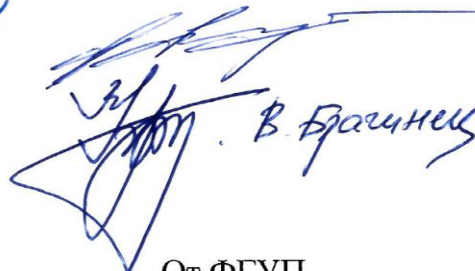
От ФГУП ЦНИИмаш


Иванов С.С.

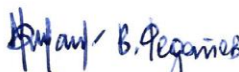


Козлов А.А.

Кузнецов М.М.


От АО «НПК «СПП»


Пасынов В.В.

Брачнев В.В.

От ФГУП
«ВНИИФТРИ»


Федоткин В.В.

Галкин С.С.

Смирнов Н.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ	7
ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ	8
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	9
1 ВВЕДЕНИЕ	12
1.1 Назначение СВО ЭВИ	12
1.2 Состав СВО ЭВИ	12
1.3 Концепция навигационных определений с использованием СВО ЭВИ.....	13
2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	16
2.1 Определение интерфейсного контрольного документа.....	16
2.2 Порядок внесения изменений в интерфейсный контрольный документ	17
3 ИНТЕРФЕЙСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВО ЭВИ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	18
3.1 Интерфейс взаимодействия с потребителями.....	18
4 СОСТАВ И СТРУКТУРА АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	19
4.1 Состав ассистирующей информации реального времени	19
4.2 Описание ассистирующей информации реального времени	20
4.3 Объем и скорость передачи ассистирующей информации реального времени	22

5 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ АЛГОРИТМЫ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ СВО ЭВИ.. 23

- 5.1 Алгоритмы расчёта псевдодальности и временной привязки 23
- 5.2 Геодезическая привязка ассистирующих данных реального времени 29
- 5.3 Алгоритм применения АИ реального времени в НАП СВО ЭВИ 29
- 5.4 Рекомендации по совместному использованию сигналов и ассистирующей информации ГНСС 32
- 5.5 Рекомендации по учёту секундных коррекций 32

6 СОСТАВ И СТРУКТУРА АПОСТЕРИОРНОЙ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ 33

- 6.1 Состав апостериорной информации 33
- 6.2 Структуры апостериорной ассистирующей информации 34
 - 6.2.1 Эфемеридно-временная информация 34
 - 6.2.2 Поправки к шкалам времени 35
 - 6.2.3 Параметры вращения Земли 36
 - 6.2.4 Информация о секундных «скачках» UTC..... 36
 - 6.2.5 Фактические индексы солнечной активности (СА) и геомагнитной возмущённости (ГМВ) 36
 - 6.2.6 Технологические данные наземных измерительных средств, данные о параметрах выносов фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций..... 37
 - 6.2.7 Данные о планируемых операциях с НКА..... 37
 - 6.2.8 Кодовые и фазовые беззапросные ИТНП НКА ГНСС 38
 - 6.2.9 Оперативная навигационная информация, принятая в составе навигационных сообщений..... 38
 - 6.2.10 Измерительная информация квантово-оптических средств 39
 - 6.2.11 Метеоданные, измеренные в окрестности БИС..... 39
 - 6.2.12 Координаты и технологические данные измерительных средств 40

7	РЕКОМЕНДУЕМЫЕ АЛГОРИТМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
	АПОСТЕРИОРНОЙ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ СВО ЭВИ	41
7.1	Временная привязка апостериорной ассистирующей информации.....	41
7.2	Геодезическая привязка апостериорной ассистирующей информации.....	41
7.3	Алгоритм моделирования движения НКА по эфемеридной информации .	42
7.4	Алгоритм расчета математического аналога псевдодальности	42
7.5	Алгоритм использования поправок к шкале времени	47
7.6	Алгоритм использования параметров вращения Земли	48
7.7	Алгоритмы учёта информации о секундных скачках UTC и шкал времени зарубежных ГНСС	48
7.8	Алгоритм расчёта остаточной погрешности учёта ионосферы для двухчастотной аппаратуры потребителя.....	51
7.9	Алгоритм расчета выноса фазового центра передающей антенны относительно центра масс НКА	52
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Форматы информации реального времени.....	56
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Структура каталогов FTP-сервера СВО ЭВИ.....	75
	ПРИЛОЖЕНИЕ В Формат файлов SP3-с.....	79
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г Формат файлов RINEX-Clock	91
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д Формат файлов ПВЗ.....	96
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е Формат файлов ATX	98
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	103

ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

Рисунок 5.1	– Единичные векторы, определяющие направление векторов поправок к параметрам орбиты.....	30
-------------	--	----

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 4.1	– Структура сообщений стандарта RTCM 10403.3.....	20
Таблица 4.2	– Перечень выдаваемых потребителю сообщений.....	20
Таблица 4.3	– Объёмы SSR- сообщений с ассистирующими данными по системам ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou.....	22
Таблица 7.1	– Соответствие осей связанных систем координат GPS и ГЛОНАСС.....	54

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

АВП	– абсолютное высокоточное позиционирование
АО	– акционерное общество
БИС	– беззапросная измерительная станция
БШВ	– бортовая шкала времени
ГГСК	– Государственная геоцентрическая система координат
ГЛОНАСС	– глобальная навигационная спутниковая система
ГМВ	– геомагнитная возмущённость
ГНСС	– глобальная навигационная спутниковая система
КА	– космический аппарат
КОС	– квантово-оптическая система
ИКД	– интерфейсный контрольный документ
ИТНП	– измеряемые (измеренные) текущие навигационные параметры
НАП	– навигационная аппаратура потребителя
НАП СВО ЭВИ	– навигационная аппаратура потребителя глобальной системы высокоточного определения навигационной и эфемеридно-временной информации в реальном времени для гражданских потребителей
НКА	– навигационный космический аппарат
ПВЗ	– параметры вращения Земли
ПДИ	– подсистема доставки информации
ПСП	– псевдослучайная последовательность
СА	– солнечная активность
СВО ЭВИ	– глобальная система высокоточного определения навигационной и эфемеридно-временной информации в реальном времени для гражданских потребителей
СИС	– сеть измерительных станций
СК	– система координат
СКО	– среднеквадратическое отклонение
ФЦ	– фазовый центр

ЦМ	– центр масс
ЦСПО	– центр сбора и предварительной обработки
ЦУС	– центр управления системой
ЦУС-О	– центр управления системой основной
ЦУС-Р	– центр управления системой резервный
ЧВП	– частотно-временная поправка
ШВ	– шкала времени
ШВСС	– шкала времени спутниковой системы
ШВНС	– шкала времени навигационного сигнала
ШВП	– шкала времени потребителя
ЭВИ	– эфемеридно-временная информация
ЭИ	– эфемеридная информация
BDS	– BeiDou System Time
CRC	– Cyclic Redundancy Code
FTP	– File Transfer Protocol
GPS	– Global Position System
GTS	– Galileo System Time
IP	– Internet Protocol
ITRS	International Terrestrial Reference System (международная – земная система координат)
ITRF	– International Terrestrial Reference Frame (международная земная система отсчёта)
L3CBO	– обозначение радиосигнала CBO ЭВИ в диапазоне L3
NTRIP	– Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
PPP	– Precise Point Positioning
PRN	– Pseudo-Random sequence Number
RINEX	– Receiver Independent Exchange Format
RINEX-Clock	– Receiver Independent Exchange Format – Clock
RTCM	– Radio Technical Commission For Maritime Service
RTCM3	– Radio Technical Commission For Maritime Service SC104 Version 3.0

SBAS	– Satellite Base Augmentation System
SSR	– State Space Representation
TAI	– International Atomic Time
TCP	– Transmission Control Protocol
UTC	– Coordinated Universal Time (всемирное координированное время)
UTC(SU)	– Российская национальная шкала всемирного координированного времени
UT1	– Universal Time 1 (время на среднем гринвичском меридиане с учётом движения полюсов Земли)

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Назначение СВО ЭВИ.

Глобальная система высокоточного определения навигационной и эфемеридно-временной информации (СВО ЭВИ) в реальном времени для гражданских потребителей является функциональным дополнением системы ГЛОНАСС и предназначена для высокоточного навигационного определения местоположения гражданских потребителей в режиме реального времени и в апостериорном режиме в зоне обслуживания системы ГЛОНАСС. Высокоточная эфемеридно-временная информация (ЭВИ) системы ГЛОНАСС и других ГНСС, предоставляемая СВО ЭВИ, предназначена для решения гражданскими потребителями задач высокоточной навигации при проведении геодезических, картографических работ, фундаментальных научных исследований и других работ, требующих высокой точности эфемеридно-временной информации ГНСС.

1.2 Состав СВО ЭВИ

СВО ЭВИ включает:

- центры управления системой основной (ЦУС-О) и резервный (ЦУС-Р), обеспечивающие расчет высокоточной эфемеридно-временной информации космических аппаратов развёрнутых ГНСС (ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BeiDou) в режиме реального времени и апостериорно, а также формирование ассистирующей информации для потребителей;
- сеть измерительных станций (СИС) СВО ЭВИ, размещаемых на зарубежных территориях на основе межправительственных соглашений, а также сеть станций глобальной сети Роскосмоса, размещаемых на российской и зарубежных территориях (входят в СИС СВО ЭВИ функционально);
- подсистему доставки информации (ПДИ), обеспечивающую доступ потребителей к ассистирующей информации СВО ЭВИ по наземным (выделенным и общего доступа) каналам связи и доставку информации по космическим каналам передачи данных через бортовые радиотехнические комплексы КА связи и ретрансляции и земные станции закладки (входят в СВО ЭВИ функционально);

- специализированную двухчастотную (многочастотную) навигационную аппаратуру потребителя, использующую информацию СВО ЭВИ и реализующую абсолютное высокоточное позиционирование в реальном времени (НАП СВО ЭВИ).

1.3 Концепция навигационных определений с использованием СВО ЭВИ

СВО ЭВИ является функциональным дополнением системы ГЛОНАСС и реализует услугу высокой точности системы ГЛОНАСС путём предоставления ассистирующей информации для абсолютного высокоточного позиционирования (АВП) потребителей, оснащённых НАП СВО ЭВИ, принимающей открытые сигналы с частотным и кодовым разделением системы ГЛОНАСС (L1OF, L2OF, L1OC, L2OC, L3OC), открытые сигналы систем GPS (L1 C/A, L1C, L2C, L5), Galileo (E1B, E1C, E5a, E5b) и BeiDou (B1I, B1C, B2I, B2a).

Ассистирующая информация СВО ЭВИ – информация, рассчитанная в СВО ЭВИ и обеспечивающая решение потребителем задачи абсолютного высокоточного позиционирования в реальном времени с использованием НАП СВО ЭВИ и в апостериорном режиме с использованием измерительной информации двухчастотного (многочастотного) навигационного приёмника и специализированного программного обеспечения.

Под абсолютным высокоточным позиционированием понимается способ определения местоположения потребителем, оснащённым НАП СВО ЭВИ, путем обработки с использованием специализированных алгоритмов измерений на фазе несущей частоты навигационных сигналов открытого доступа системы ГЛОНАСС или (и) зарубежных ГНСС (GPS, Galileo, BeiDou), цифровой информации, принимаемой в составе навигационных сообщений, и ассистирующей информации СВО ЭВИ. Зарубежным аналогом технологии АВП является технология «позиционирования высокой точности» PPP (Precise Point Positioning).

СВО ЭВИ формирует и предоставляет ассистирующую информацию для реализации потребителем следующих режимов абсолютного высокоточного позиционирования:

- оперативного (в реальном времени);
- оперативного с начальной инициализацией (в реальном времени);

– апостериорного (в режиме постобработки).

Абсолютное высокоточное позиционирование в оперативном режиме по данным СВО ЭВИ – решение навигационной задачи потребителем с использованием единичных одномоментных измерений текущих навигационных параметров (ИТНП) и ассистирующей информации реального времени СВО ЭВИ без накопления ИТНП. При этом к СВО ЭВИ предъявляются требования по точности расчёта ассистирующей информации реального времени (эфемеридно-временной информации) для обеспечения заданных погрешностей определения местоположения в государственной геоцентрической системе координат за счёт космического сегмента с использованием систем функциональных дополнений в оперативном режиме.

Абсолютное высокоточное позиционирование в оперативном режиме по данным СВО ЭВИ с начальной инициализацией – решение навигационной задачи потребителем с использованием массива непрерывных одномоментных ИТНП, накопленных на интервале инициализации, и ассистирующей информации реального времени СВО ЭВИ. При этом к СВО ЭВИ предъявляются требования по точности расчёта ассистирующей информации реального времени (эфемеридно-временной информации) для обеспечения заданных погрешностей определения местоположения в государственной геоцентрической системе координат за счёт космического сегмента с использованием систем функциональных дополнений в оперативном режиме с начальной инициализацией.

Начальная инициализация (интервал сходимости) – время между первым получением координат и получением координат с заданным СКО по критерию внутренней сходимости при реализации абсолютного высокоточного позиционирования с использованием ассистирующей информации. Время сходимости в режиме с начальной инициализацией с использованием ассистирующей информации СВО ЭВИ – до 30 минут.

Абсолютное высокоточное позиционирование в апостериорном режиме по данным СВО ЭВИ – решение навигационной задачи потребителем в режиме постобработки с использованием апостериорной ассистирующей информации, предоставляемой СВО ЭВИ в виде файлов. При этом к СВО ЭВИ предъявляются требования по точности расчёта апостериорной ассистирующей информации

(эфмеридно-временной информации) для обеспечения заданных погрешностей определения местоположения в государственной геоцентрической системе координат за счет космического сегмента с использованием систем функциональных дополнений в апостериорном режиме.

Обязательным условием реализации технологии АВП является использование НАП СВО ЭВИ для решения задачи в реальном времени или измерительной информации двухчастотного (многочастотного) навигационного приёмника, апостериорной информации СВО ЭВИ и специализированного программного обеспечения для решения задачи в апостериорном режиме.

2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

2.1 Определение интерфейсного контрольного документа

Интерфейсный контрольный документ (ИКД) СВО ЭВИ является основным руководящим документом для гражданских потребителей системы ГЛОНАСС, использующих информацию СВО ЭВИ, содержащим описание СВО ЭВИ, её возможностей, источников информации, порядка взаимодействия с потребителями, а также форматов выдаваемой информации и способов обмена данными между СВО ЭВИ и потребителями.

ИКД определяет интерфейс взаимодействия СВО ЭВИ и НАП СВО ЭВИ, реализующей технологию АВП, с использованием проводных каналов связи и радиоканалов, включая космические радиоканалы связи.

СВО ЭВИ обеспечивает гражданских потребителей высокоточной эфемеридно-временной информацией реального времени и апостериорной информацией по навигационным космическим аппаратам (НКА) системы ГЛОНАСС и развёрнутых зарубежных ГНСС (GPS, Galileo и BeiDou). Информация СВО ЭВИ используется потребителями для работы по открытым сигналам НКА ГЛОНАСС с частотным и кодовым разделением и открытым сигналам НКА GPS, Galileo и BeiDou. Интерфейс взаимодействия одночастотных потребителей с НКА ГЛОНАСС приведён в ИКД на общее описание системы и сигналы ГЛОНАСС [1-5]. Интерфейс взаимодействия одночастотных и двухчастотных потребителей с НКА развёрнутых зарубежных ГНСС приведён в ИКД на эти системы и сигналы этих систем [6-19].

Разработчиком и держателем подлинника интерфейсного контрольного документа является предприятие Главного конструктора СВО ЭВИ – АО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения» (АО «НПК «СПП»). Официальное распространение ИКД осуществляет Госкорпорация «Роскосмос».

2.2 Порядок внесения изменений в интерфейсный контрольный документ

В процессе развертывания и совершенствования СВО ЭВИ может изменяться её состав и точность предоставляемых потребителям данных. Изменения согласованной ранее редакции ИКД могут быть предложены любой из ответственных сторон и должны быть согласованы всеми ответственными сторонами. Разработчик ИКД несет ответственность за согласование предложенных изменений со всеми ответственными сторонами и подготовку, в случае необходимости, новой редакции документа, содержащей изменения.

Официальное распространение изменённого и согласованного ИКД осуществляет Госкорпорация «Роскосмос».

3 ИНТЕРФЕЙСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВО ЭВИ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

3.1 Интерфейс взаимодействия с потребителями

СВО ЭВИ предоставляет потребителям информацию реального времени и апостериорную информацию. Предоставляемая СВО ЭВИ информация предусматривает использование только открытых сигналов системы ГЛОНАСС (с частотным и кодовым разделением) и открытых сигналов систем GPS, Galileo и BeiDou.

Апостериорная информация предоставляется потребителям без ограничений в виде файлов по FTP-протоколу. Информация реального времени предоставляется зарегистрированным потребителям в потоковом режиме по NTRIP-протоколу [24] и в виде файлов по FTP-протоколу. Апостериорная информация и информация реального времени предоставляются по общедоступным каналам связи (Интернет), включающим проводные и радиоканалы. Ассистирующая потоковая информация реального времени в перспективе будет доставляться потребителям по космическим каналам связи в соответствии с отдельным ИКД «Подсистема доставки информации СВО ЭВИ по космическому каналу передачи данных. Радиосигнал в диапазоне L3 и кодирование цифровой информации», являющимся приложением к настоящему документу. Доступ к ассистирующей потоковой информации реального времени, передаваемой по каналам связи, осуществляется после регистрации. Регистрация потребителей в СВО ЭВИ проводится по решению Государственного заказчика (Госкорпорация «Роскосмос») и осуществляется через личный кабинет на сайте СВО ЭВИ www.svoevi.pf (www.glonass-svoevi.ru, www.glonassrt.ru).

Доступ к файловой информации осуществляется путём обращения к FTP-серверу СВО ЭВИ [ftp.svoevi.pf](ftp://ftp.svoevi.pf) ([ftp.glonass-svoevi.ru](ftp://ftp.glonass-svoevi.ru), [ftp.glonassrt.ru](ftp://ftp.glonassrt.ru)) (учетная запись: anonymous). Структура каталогов FTP-сервера приведена в Приложении Б. Порядок использования измерительной и технологической информации из состава апостериорной информации и информации реального времени определяет потребитель.

4 СОСТАВ И СТРУКТУРА АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

4.1 Состав ассистирующей информации реального времени

Для абсолютного высокоточного позиционирования в реальном времени потребителям предоставляются:

1) поправки к эфемеридам НКА системы ГЛОНАСС (для открытых сигналов с частотным и кодовым разделением) и эфемеридам НКА зарубежных ГНСС (GPS, Galileo, BeiDou) (для открытых сигналов);

2) поправки к бортовым частотно-временным поправкам НКА системы ГЛОНАСС (для открытых сигналов с частотным и кодовым разделением) и бортовым частотно-временным поправкам зарубежных ГНСС (GPS, Galileo, BeiDou) (для открытых сигналов).

Псевдодалность, свободная от ионосферной рефракции, в СВО ЭВИ и НАП вычисляется с использованием следующих пар сигналов и ЭВИ:

– для сигналов ГЛОНАСС открытого доступа (SSR-сообщения 1063 и 1064 или 1066) – пара сигналов L1OF и L2OF, ЭВИ из навигационного сообщения сигнала L1OF / L2OF;

– для открытых сигналов GPS (SSR-сообщения 1057 и 1058 или 1060) – пара сигналов L1C/A и L2CM, ЭВИ из навигационного сообщения сигнала L1C/A;

– для открытых сигналов Galileo (SSR-сообщения 1240 и 1241 или 1243) – пара сигналов E1B и E5aI, ЭВИ из навигационного сообщения сигнала E1B / E5bI;

– для открытых сигналов BeiDou (SSR-сообщения 1258 и 1259 или 1261) – пара сигналов B1I и B2I, ЭВИ из навигационного сообщения сигнала B1I / B2I.

Особенности формирования в СВО ЭВИ и использования в НАП АИ реального времени по сигналам ГЛОНАСС открытого доступа с кодовым разделением в части используемых сигналов и ЭВИ будет конкретизировано в следующих редакциях ИКД.

Рассчитываемая ионосферосвободная псевдодалность соответствует ионосферосвободным шкалам времени навигационных сигналов НКА ГНСС

(показаниям часов НКА, учитывающим задержку излучаемых сигналов при использовании ионосферсвободной псевдодальности).

Выдача поправок к бортовым эфемеридам и частотно-временным поправкам НКА ГНСС в реальном времени осуществляется каждые 10 секунд с задержкой не более 30 секунд от момента получения последнего измерения.

4.2 Описание ассистирующей информации реального времени

Потоковая информация реального времени предоставляется в виде сообщений стандарта RTCM 10403.3 [23].

Все сообщения начинаются 8-битовой фиксированной последовательностью (преамбулой) и следующими за ней 6-ю резервными битами. Далее следуют 10 битовое поле с указанием длины информативной части сообщения, передаваемое сообщение переменной длины и 24-битовая последовательность циклического избыточного кода (CRC) для обнаружения ошибок в сообщении. Структура сообщений представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Структура сообщений стандарта RTCM 10403.3

Преамбула	Резерв	Длина сообщения	Поле данных	Циклический код (CRC)
8 бит	6 бит	10 бит	Переменная длина, целое количество байт	24 бита

Для идентификации сообщений используется битовая последовательность 11010011. Длина данного блока определяется типом передаваемого сообщения. В таблице 4.2 приведен перечень выдаваемых потребителю сообщений СВО ЭВИ в реальном времени. СВО ЭВИ выдаёт либо АИ с номерами 1060, 1066, 1243, 1261 (совместные коррекции к параметрам орбит и ЧВП), либо АИ с номерами 1057, 1058, 1063, 1064, 1240, 1241, 1258, 1259 (раздельные коррекции к параметрам орбит и ЧВП).

Таблица 4.2 - Перечень выдаваемых потребителю сообщений

Номер сообщения	Содержание данных
1063	Коррекции к параметрам орбит НКА ГЛОНАСС
1057	Коррекции к параметрам орбит НКА GPS

Номер сообщения	Содержание данных
1240	Коррекции к параметрам орбит НКА Galileo
1258	Коррекции к параметрам орбит НКА BeiDou
1064	Коррекции к частотно-временным поправкам НКА ГЛОНАСС
1058	Коррекции к частотно-временным поправкам НКА GPS
1241	Коррекции к частотно-временным поправкам НКА Galileo
1259	Коррекции к частотно-временным поправкам НКА BeiDou
1060	Коррекции к параметрам орбит и частотно-временным поправкам НКА GPS
1066	Коррекции к параметрам орбит и частотно-временным поправкам НКА ГЛОНАСС
1243	Коррекции к параметрам орбит и частотно-временным поправкам НКА Galileo
1261	Коррекции к параметрам орбит и частотно-временным поправкам НКА BeiDou

В каждом сообщении стандарта RTCM 10403.3 последние 24 бита являются проверочными символами избыточного циклического кода (CRC), который при приеме позволяет обнаружить наличие ошибок в полученном сообщении.

CRC рассчитывается на основе последовательности бит, начиная с преамбулы до конца поля переменной длины, определяющей целевую информацию сообщения. 24-битовая последовательность генерируется на основе значений битов $(m_1, m_2, \dots, m_{8N})$, где N – общее число байтов в последовательности.

Расчет производится с использованием полинома:

$$g(X) = \sum_{i=0}^{24} g_i X^i,$$

где $g_i = 1$ для $i = 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 23, 24$

и $g_i = 0$ для остальных i .

Генерирующий полином описывается формулой

$$g(X) = (1 + X)p(X), \text{ где } p(X) = X^{23} + X^{17} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1.$$

Описание полей данных сообщений приведено в Приложении А.

4.3 Объем и скорость передачи ассистирующей информации реального времени

В таблице 4.3 приведены объём и скорость передачи сообщений с ассистирующими данными по системам ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou по каждому варианту выдачи SSR-сообщений.

Таблица 4.3 – Объём и скорость передачи SSR- сообщений с ассистирующими данными по системам ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou

Номер сообщения	ГНСС	Объём, бит	Скорость передачи, бит/с
Вариант 1			
SSR RTCM 1063	ГЛОНАСС (24 НКА)	3336	334
SSR RTCM 1064		1912	192
SSR RTCM 1057	GPS (32 НКА)	4440	444
SSR RTCM 1058		2552	256
SSR RTCM 1240	Galileo (36 НКА)	5048	505
SSR RTCM 1241		2856	286
SSR RTCM 1258	BeiDou (47 НКА)	7688	769
SSR RTCM 1259		3688	369
Итого	Все ГНСС	31520	3155
Вариант 2			
SSR RTCM 1066	ГЛОНАСС (24 НКА)	5016	502
SSR RTCM 1060	GPS (32 НКА)	6680	668
SSR RTCM 1243	Galileo (36 НКА)	7568	757
SSR RTCM 1261	BeiDou (47 НКА)	10976	1098
Итого	Все ГНСС	30240	3025

Максимальная величина объема ассистирующих данных для одного потребителя по четырём ОГ (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou), передаваемого за 10 секунд, составляет:

- для варианта 1 около 32 Кбит, скорость передачи - около 3.2 Кбит/с;
- для варианта 2 около 31 Кбит, скорость передачи - около 3.1 Кбит/с.

5 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ АЛГОРИТМЫ АБСОЛЮТНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ СВО ЭВИ

5.1 Алгоритмы расчёта псевдодальности и временной привязки

SSR–сообщения формируются в системном времени спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BeiDou.

В ЦУС СВО ЭВИ и в НАП СВО ЭВИ, псевдодальность, свободная от ионосферной рефракции (ионосферосвободная псевдодальность), при использовании сигналов ГЛОНАСС вычисляется с использованием соотношения

$$S(t_{L1L2}) = \frac{S_{L2} - \gamma S_{L1}}{1 - \gamma}, \quad (5.1)$$

где S_{L1} – псевдодальность на первой частоте (L1),

S_{L2} – псевдодальность на второй частоте (L2),

$\gamma = (f_{L1}/f_{L2})^2$ – межчастотный коэффициент; (5.2)

t_{L1L2} - показания часов НКА в ионосферосвободной шкале времени.

В формулах (5.1, 5.2) под первой и второй частотой понимаются частоты навигационных сигналов, используемые двухчастотным потребителем для расчёта ионосферосвободной псевдодальности и соответствующей ей комбинации показаний часов НКА.

Для систем GPS, Galileo и BeiDou следует пользоваться выражениями, приведёнными в ИКД этих систем для двухчастотного потребителя [6-19]. Далее под частотами L1 и L2 понимаются две частоты, указанные в ИКД GPS, Galileo и BeiDou для расчёта ионосферосвободной псевдодальности двухчастотным потребителем.

При вычислении псевдодальности по кодовым сигналам НКА ГЛОНАСС следует учитывать, что эфемеридная информация, передаваемая в сигналах ГЛОНАСС с кодовым разделением, в отличие от эфемеридной информации ГЛОНАСС, передаваемой в сигналах с частотным разделением, имеет привязку к центру масс НКА. Ввиду этого, потребитель при расчёте псевдодальности до НКА должен осуществлять вычисление координат фазового центра антенны, передающей навигационный сигнал. Показание комбинации часов НКА

ГЛОНАСС, излучающих сигналы на двух частотах, при использовании ионосферосвободной псевдодальности для сигналов с частотным разделением определяется в СВО ЭВИ и потребителем по формуле

$$t_{L1L2} = \frac{t_{L2} - \mathcal{N}_{L1}}{1 - \gamma}, \quad (5.3)$$

где t_{L1} - время излучения сигнала на частоте L1;

t_{L2} - время излучения сигнала на частоте L2 (с учётом смещения $\Delta\tau_n$ относительно излучаемого навигационного радиосигнала L1, передаваемого в навигационном кадре).

Аналогично смещению T_{GD} , введённому в ИКД GPS [7, 8] для сигнала L2 относительно L1, в СВО ЭВИ введено смещение показаний часов шкалы времени t_{L1L2} относительно шкалы времени сигнала L1 (L1OF) – $\Delta\tau_{if}$ в соответствии с формулой

$$\Delta\tau_{if} = \frac{t_{L2} - t_{L1}}{1 - \gamma}, \quad (5.4)$$

где: $\Delta\tau_{if}$ – смещение, *if* – ionosphere-free (признак шкалы времени ионосферосвободной псевдодальности).

Данное выражение соответствует формуле для смещения T_{GD} относительно показаний часов, передаваемых кодом на частоте L1 НКА GPS, согласно ИКД GPS [7 – 9]. Следует иметь ввиду, что коэффициенты полиномиальной модели для перехода от шкалы времени навигационного сигнала GPS на шкалу системного времени GPS в навигационном сообщении GPS рассчитаны для двухчастотного потребителя с учётом компенсации групповой задержки сигналов. Ввиду этого, значение T_{GD} используется для коррекции шкалы времени GPS только одночастотным потребителем. Двухчастотный потребитель GPS использует транслируемые частотно-временные поправки для перевода шкалы времени навигационного сигнала в ШВСС без дополнительных поправок, при этом он должен в своей аппаратуре рассчитывать ионосферосвободную псевдодальность согласно ИКД GPS. Многочастотные (двухчастотные) потребители сигналов систем Galileo и BeiDou вычисляют ионосферосвободную псевдодальность согласно ИКД Galileo [13-15] и ИКД BeiDou [16-19], используя частоты тех

сигналов, которые указаны в ИКД для использования двухчастотными потребителями в целях исключения влияния ионосферы.

Параметры полиномиальных моделей, передаваемые в навигационных сообщениях сигналов НКА ГЛОНАСС с частотным и кодовым разделением рассчитаны для шкал времени соответствующих сигналов, т.е. для одночастотных потребителей, и не соответствуют ионосферосвободным псевдодальностям. Ввиду этого, время излучения сигнала НКА ГЛОНАСС в шкале времени ионосферосвободной псевдодальности для сигналов НКА ГЛОНАСС с частотным разделением для исключения групповой задержки определяется по формуле (5.3), а для сигналов с кодовым разделением будет определено далее в соответствии с формулой (5.11). Для сигналов с частотным разделением оно также может быть вычислено через время на шкале, переносимой сигналом L1, по формуле

$$t_{L1L2} = t_{L1} + \Delta\tau_{if}. \quad (5.5)$$

Выражение для связи ионосферосвободной шкалы времени со шкалой времени, передаваемой сигналом L2, для сигналов с частотным разделением имеет следующий вид:

$$t_{L1L2} = t_{L2} + \gamma\Delta\tau_{if}. \quad (5.6)$$

Одночастотный потребитель, согласно ИКД ГЛОНАСС [1-5], как для сигнала L1, так и для сигнала L2, использует одну и ту же формулу перехода от шкалы времени, переносимой излучаемым сигналом, к ШВСС или UTC(SU). На основании этого в СВО ЭВИ принято, что эта формула справедлива и для времени, исчисляемого в ионосферосвободной шкале времени двухчастотного потребителя.

Для перехода в ШВСС ГЛОНАСС с использованием ассистирующих данных реального времени СВО ЭВИ двухчастотному потребителю необходимо использовать формулу

$$t_{nШВСС} = t_{nL1L2(ГЛ)} + \tau_n(t_b) - \gamma_n(t_b) \cdot (t_{nL1L2(ГЛ)} - t_b) + \Delta t_{nSSR}, \quad (5.7)$$

где $t_{nL1L2(ГЛ)}$ – время излучения сигнала n-м НКА ГЛОНАСС, определённое по формуле (5.3);

$\tau_n(t_b)$ – сдвиг шкалы времени n-го НКА (t_n) относительно ШВСС, равный смещению по фазе ПСП излучаемого навигационного радиосигнала n-го НКА

относительно системного опорного сигнала на момент времени t_b , выраженный в единицах времени;

t_b – время, соответствующее порядковому номеру временного интервала внутри текущих суток по шкале системного времени ГЛОНАСС, к середине которого относится передаваемая в кадре оперативная информация [1, 5];

$\gamma_n(t_b)$ – относительное отклонение прогнозируемого значения несущей частоты моделируемого навигационного радиосигнала n -го НКА от номинального значения на момент времени t_b ;

Δt_{SSR} – поправка к частотно-временным поправкам бортовой шкалы времени текущего навигационного кадра НКА, вычисляемая в СВО ЭВИ.

Значения $\tau_n(t_b)$, t_b , $\gamma_n(t_b)$ потребитель использует из принимаемой от НКА ГЛОНАСС навигационной информации.

В навигационном сообщении каждого из навигационных радиосигналов ГЛОНАСС с кодовым разделением [5] сообщаются оценки параметров квадратичной полиномиальной модели смещения бортовой ШВ, передаваемой этим сигналом относительно ШВСС, а также смещение пилотной компоненты данного сигнала относительно ее информационной компоненты. Таким образом, ИКД ГЛОНАСС для кодовых сигналов [5] описывает взаимодействие с потребителями, оснащёнными одночастотной аппаратурой. Вместе с тем, двухчастотный потребитель при переводе времени излучаемых кодовых сигналов НКА ГЛОНАСС в шкалу времени системы ГЛОНАСС (ШВСС ГЛОНАСС) должен использовать ионосверсвободную комбинацию сигналов на частотах L1 и L2. Согласно [5] при работе с сигналами с кодовым разделением одночастотный потребитель для каждого НКА и каждого сигнала в отдельности должен использовать следующую формулу:

$$t_{nШВСС} = t_{nНКА(ГЛ)} + \tau_n(t_b) - \gamma_n(t_b) \cdot (t_{nНКА(ГЛ)} - t_b) - \beta_n(t_b) \cdot (t_{nНКА(ГЛ)} - t_b)^2, \quad (5.8)$$

где $t_{nНКА(ГЛ)}$ – время излучения сигнала n -м НКА ГЛОНАСС;

$\beta_n(t_b)$ – квадратичное отклонение прогнозируемого значения несущей частоты моделируемого навигационного радиосигнала n -го НКА от номинального значения на момент времени t_b .

В связи с тем, что ИКД ГЛОНАСС для кодовых сигналов [2-5] не описывают работу многочастотного потребителя с учётом групповой задержки сигнала, а частотно-временные поправки в навигационном сообщении не

предусмотрены для комбинации сигналов, то двухчастотный потребитель кодовых сигналов ГЛОНАСС может определить комбинированную шкалу времени для ионосферосвободной псевдодальности только путём совместного учёта шкал навигационных сигналов и частотно-временных поправок к ним. В таком случае для комбинированной шкалы необходимо в качестве компонент формулы (5.3) использовать времена сигналов на частотах L1 и L2 в следующем виде:

$$t'_{nL1} = t_{nL1HKA(ГЛ)} + \tau_{nL1}(t_b) - \gamma_{nL1}(t_b) \cdot (t_{nL1HKA(ГЛ)} - t_b) - \beta_{nL1}(t_b) \cdot (t_{nL1HKA(ГЛ)} - t_b)^2, \quad (5.9)$$

$$t'_{nL2} = t_{nL2HKA(ГЛ)} + \tau_{nL2}(t_b) - \gamma_{nL2}(t_b) \cdot (t_{nL2HKA(ГЛ)} - t_b) - \beta_{nL2}(t_b) \cdot (t_{nL2HKA(ГЛ)} - t_b)^2, \quad (5.10)$$

так как при работе с кодовыми сигналами использовать формулы (5.3-5.6) не корректно. С учётом выражений (5.9, 5.10) для кодовых сигналов формула (5.3) принимает следующий вид:

$$t'_{nL1L2} = \frac{t_{nL2} - \mathcal{N}_{nL1}}{1 - \gamma} + \Delta t_{nHKA(ГЛ)}, \quad (5.11)$$

где $\Delta t_{nHKA(ГЛ)} = \frac{\Delta t_{nL2} - \gamma \Delta t_{nL1}}{1 - \gamma}$ - поправка, описывающая частотную комбинацию полиномиальных моделей перехода со шкалы времени навигационного сигнала (ШВНС) НКА ГЛОНАСС на шкалу времени навигационной системы ГЛОНАСС (ШВСС ГЛОНАСС), и являющаяся аналогом полиномиальных моделей зарубежных ГНСС;

$$\Delta t_{nL2} = \tau_{nL2}(t_b) - \gamma_{nL2}(t_b) \cdot (t_{nL2HKA(ГЛ)} - t_b) - \beta_{nL2}(t_b) \cdot (t_{nL2HKA(ГЛ)} - t_b)^2;$$

$$\Delta t_{nL1} = \tau_{nL1}(t_b) - \gamma_{nL1}(t_b) \cdot (t_{nL1HKA(ГЛ)} - t_b) - \beta_{nL1}(t_b) \cdot (t_{nL1HKA(ГЛ)} - t_b)^2.$$

В этой связи, при работе по сигналам НКА ГЛОНАСС с кодовым разделением время излучения сигнала по ШВСС ГЛОНАСС с использованием данных реального времени СВО ЭВИ двухчастотному потребителю необходимо вычислять по формуле

$$t_{nШВСС} = t_{nL1L2(ГЛ)} + \Delta t_{nHKA(ГЛ)} + \Delta t_{nSSR}, \quad (5.12)$$

где $t_{nL1L2(ГЛ)}$ - время излучения сигнала НКА ГЛОНАСС на шкале времени, определённой по формуле (5.3).

Смещение показаний часов ионосферосвободной шкалы времени t'_{nL1L2} относительно шкалы времени сигнала L1 – $\Delta \tau'_{if}$ для кодовых сигналов ГЛОНАСС

изменится по сравнению с формулой (5.4) для сигналов с частотным разделением. Оно определяется в соответствии с формулой

$$\Delta' \tau_{if} = \Delta \tau_{if} + \delta \tau_{if}, \quad (5.13)$$

где $\delta \tau_{if} = \frac{\Delta t_{nL2} - \Delta t_{nL1}}{1 - \gamma}$ - дополнительное смещение за счёт поправки $\Delta t_{nHKA(ГЛ)}$.

Для двухчастотных потребителей НКА зарубежных ГНСС (GPS, Galileo и BeiDou), использующих в навигационных сообщениях шкалу, в которой групповая задержка сигналов компенсирована, применение поправок реального времени СВО ЭВИ (Δt_{SSR}) осуществляется в соответствии с формулой

$$t_{ШВСС} = t_{ШВНС} - \Delta t_{HKA(ГНСС)} + \Delta t_{SSR}, \quad (5.14)$$

где $t_{ШВНС}$ - время излучения сигнала НКА зарубежных ГНСС, учитывающее групповую задержку сигналов согласно ИКД ГНСС [6-19];

$\Delta t_{HKA(ГНСС)}$ - поправка, вычисленная по данным навигационной информации НКА ГНСС и имеющая вид полиномиальной модели согласно ИКД ГНСС для каждой навигационной системы [6-19].

Для системы ГЛОНАСС поправки реального времени к частотно-временным поправкам навигационного кадра рассчитываются с учетом релятивистской составляющей, так как релятивистская составляющая учитывается в полиномиальной модели, передаваемой сигналом НКА ГЛОНАСС.

Для зарубежных ГНСС учёт релятивистской составляющей в поправках реального времени к частотно-временным поправкам, передаваемым в навигационном кадре, осуществляется согласно ИКД этих ГНСС [6-19].

Прогнозирование эфемерид и ухода шкалы времени на заданные моменты времени производится для НКА ГЛОНАСС согласно ИКД ГЛОНАСС [1-5], для зарубежных ГНСС – согласно ИКД ГНСС [6-19]. Прогнозирование эфемерид НКА ГЛОНАСС в навигационной аппаратуре потребителя осуществляется согласно подразделу 5.3.

5.2 Геодезическая привязка ассистирующих данных реального времени

Ассистирующая информация реального времени (высокоточные поправки к бортовым эфемеридам НКА ГНСС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou и частотно-временным поправкам к бортовым шкалам времени), рассчитанная в СВО ЭВИ, формируется в единой Международной земной системе координат (ITRS), реализуемой Международной земной системой отсчета ITRF-2014 на текущую эпоху [20].

5.3 Алгоритм применения АИ реального времени в НАП СВО ЭВИ

При абсолютном высокоточном позиционировании (АВП) в режиме реального времени ассистирующая информация СВО ЭВИ используется в НАП СВО ЭВИ совместно с цифровой ЭВИ, принимаемой в составе навигационных сообщений.

На произвольные (требуемые) моменты времени (t) ШВСС потребитель по данным навигационного кадра получает вектор прогнозируемых эфемерид (Q_{HKprog}) для НКА ГЛОНАСС согласно упрощённому алгоритму ИКД ГЛОНАСС (Приложение 3 (П. 3.1.2) к ИКД ГЛОНАСС [1], Приложение К (К.2)) к ИКД ГЛОНАСС [10]), для НКА ГНСС – согласно ИКД ГНСС [6-19]. Текущие значения поправок к вектору эфемерид (δQ) на эти моменты времени рассчитываются в ITRF-2014 с использованием ассистирующей информации (SSR-сообщений [23]) СВО ЭВИ (Приложение А), которые учитывают вращение связанной с НКА системы координат в процессе его движения, обусловленное отслеживанием направления на Землю и Солнце.

Скорректированный вектор эфемерид $Q_{тек}$ на заданный момент времени вычисляется по формуле

$$Q_{тек} = Q_{HKprog} - \delta Q, \quad (5.15)$$

где δQ – вектор поправок к текущим эфемеридам Q_{HKprog} ;

Q_{HKprog} – вектор прогнозируемых эфемерид.

Поправки к текущим значениям эфемерид потребитель вычисляет с использованием вектора поправок СВО ЭВИ ($\delta\mathbf{O}$) в соответствии с формулой (5.16):

$$\delta\mathbf{Q} = [\mathbf{e}_{radial}, \mathbf{e}_{along}, \mathbf{e}_{cross}] \delta\mathbf{O}, \quad (5.16)$$

где $\mathbf{e}_{radial}, \mathbf{e}_{along}, \mathbf{e}_{cross}$ - единичные векторы текущего положения НКА, соответствующие эфемеридам $\mathbf{Q}_{НКпог}$, по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите в заданный момент времени по ШВСС;

$$\delta\mathbf{O} = \begin{bmatrix} \delta\mathbf{O}_{radial} \\ \delta\mathbf{O}_{along} \\ \delta\mathbf{O}_{cross} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\delta\mathbf{O}}_{radial} \\ \dot{\delta\mathbf{O}}_{along} \\ \dot{\delta\mathbf{O}}_{cross} \end{bmatrix} (t - t_i), \quad (5.17)$$

где $\delta\mathbf{O}_{radial}, \delta\mathbf{O}_{aongl}, \delta\mathbf{O}_{cross}, \dot{\delta\mathbf{O}}_{radial}, \dot{\delta\mathbf{O}}_{along}, \dot{\delta\mathbf{O}}_{cross}$ – поправки СВО ЭВИ к проекциям эфемерид в радиальном направлении, вдоль орбиты и по нормали к орбите, рассчитанные на момент времени t_i в ШВСС с использованием следующих формул:

$$\mathbf{e}_{along} = \frac{\dot{\mathbf{r}}}{|\dot{\mathbf{r}}|}, \quad (5.18)$$

$$\mathbf{e}_{cross} = \frac{\mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}}{|\mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}|}, \quad (5.19)$$

$$\mathbf{e}_{radial} = \mathbf{e}_{along} \times \mathbf{e}_{cross}, \quad (5.20)$$

где $\mathbf{r}, \dot{\mathbf{r}}$ – соответственно радиус-вектор положения и вектор скорости НКА, соответствующие эфемеридам $\mathbf{Q}_{НКпог}$ (см. рис. 5.1).

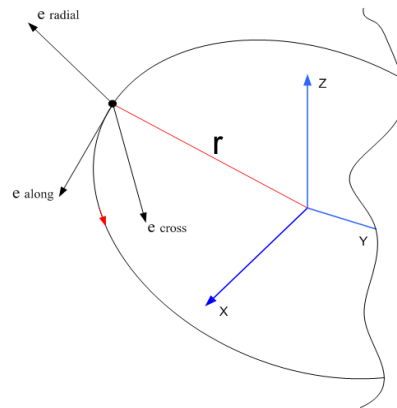


Рис. 5.1 – Единичные векторы, определяющие направление векторов поправок к параметрам орбиты

Поправки к эфемеридам, рассчитанные в СВО ЭВИ, вычитаются из прогнозируемых на заданное время эфемерид по данным навигационного кадра.

Скорректированный ход часов τ_{corr} каждого НКА ГНСС на произвольный момент t определяется по формуле

$$\tau_{corr} = \tau_{прог} + \Delta t_{SSR}, \quad (5.21)$$

где $\tau_{прог}$ – прогнозируемый ход ионосферосвободных часов НКА, рассчитываемый на произвольный момент t для НКА ГЛОНАСС по информации навигационного кадра для сигналов с частотным разделением по формуле

$$\tau_{n\ прог} = \tau_n(t_b) - \gamma_n(t_b) \cdot (t_{nLIL2(ГЛ)} - t_b) \quad (5.22)$$

и для сигналов с кодовым разделением по формуле

$$\tau_{n\ прог} = t_{nLIL2(ГЛ)} + \Delta t_{nHKA(ГЛ)}, \quad (5.23)$$

для НКА ГНСС прогнозируемый ход ионосферосвободных часов НКА рассчитывается согласно ИКД ГНСС [6–19];

$$\Delta t_{SSR} = \frac{\delta C}{c} \text{ - поправка, рассчитываемая СВО ЭВИ;}$$

c – скорость света в вакууме;

δC – текущее значение поправки к ходу часов НКА, определяемое с использованием данных SSR-сообщений для НКА ГНСС на произвольные моменты времени по формуле:

$$\delta C = C_0 + C_1(t - t_j) + C_2(t - t_j)^2, \quad (5.24)$$

где t_j - время j -й временной поправки к ЧВП, выдаваемой СВО ЭВИ в виде SSR-сообщения с шагом 10 секунд, ближайшее к текущему времени t ($t \geq t_j$).

5.4 Рекомендации по совместному использованию сигналов и ассистирующей информации ГНСС

При определениях местоположения в режиме PPP с использованием ассистирующей информации реального времени результаты определений при работе НАП СВО ЭВИ по одной или нескольким ГНСС будут автоматически получены в текущей системе координат ITRF-2014, т.е. без дополнительного применения в процессе обработки измерений преобразований координат, используемых в различных ГНСС.

Пересчет результатов определений в требуемую систему координат осуществляется путём применения матриц трансформирования с учетом модели движения тектонических плит ITRF2014 Plate Motion Model [22].

5.5 Рекомендации по учёту секундных коррекций

При проведении секундных коррекций всемирного координированного времени UTC шкалы времени UTC(SU) и ШВСС ГЛОНАСС корректируются одновременно со шкалой UTC. Данные о моменте и величине коррекции шкалы UTC (UTC(SU)) должны вводиться в память приёмника с пульта или приниматься из соответствующего навигационного сообщения.

6 СОСТАВ И СТРУКТУРА АПОСТЕРИОРНОЙ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ

6.1 Состав апостериорной информации

СВО ЭВИ предоставляет следующую апостериорную информацию:

- 1) высокоточную эфемеридно-временную информацию по навигационным системам ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BeiDou (оперативную, предварительную, окончательную) (1 раз в час, 1 раз в 6 часов, 1 раз в сутки);
- 2) поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BeiDou (оперативные, предварительные, окончательные) (1 раз в час, 1 раз в 6 часов, 1 раз в сутки);
- 3) параметры вращения Земли (оперативные, окончательные) (1 раз в час, 1 раз в сутки);
- 4) информацию о секундных скачках UTC(SU) (по мере обновления);
- 5) фактические индексы солнечной активности и геомагнитной возмущенности (1 раз в сутки);
- 6) технологические данные наземных измерительных средств, данные о параметрах выносов фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций (по мере обновления);
- 7) данные о планируемых операциях с НКА (1 раз в сутки);
- 8) кодовые и фазовые беззапросные ИТНП НКА от собственной сети измерительных средств СВО ЭВИ (суточные файлы);
- 9) обобщенную оперативную навигационную информацию, принятую в составе навигационных сообщений НКА ГНСС (суточные и часовые файлы);
- 10) измерительную информацию квантово-оптических средств (суточные файлы);
- 11) метеоданные, измеренные в окрестности БИС на интервале проведения измерений (суточные и часовые файлы);
- 12) технологические данные по измерительным средствам (по мере обновления).

Окончательные данные выдаются с задержкой не более пяти суток, предварительные данные – с задержкой не более одних суток, оперативные данные с задержкой не более шести часов от момента последнего обработанного

измерения, использованного при формировании данных. Также в апостериорном режиме в виде суточных файлов предоставляется сохранённая ассистирующая информация реального времени.

Данные выдаются потребителям с идентификатором центра обработки информации – svi. Для архивирования данных используется алгоритм LZW (признак сжатия данных – Z).

Доступ к файловой информации осуществляется путём обращения к FTP-серверу СВО ЭВИ. Структура каталогов FTP-сервера приведена в Приложении Б.

6.2 Структуры апостериорной ассистирующей информации

6.2.1 Эфемеридно-временная информация

Эфемериды и частотно-временные поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА выдаются в международном формате SP3-с [25] (Приложение В). Файлы содержат на моменты времени, кратные 15 минутам, на интервале от 0 часов 00 минут до 23 часов 45 минут текущих суток:

- проекции координат и скорости движения центра масс, а также поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА ГЛОНАСС;
- проекции координат и скорости движения центра масс, а также поправки к бортовым шкалам времени НКА ГНСС GPS, Galileo, BeiDou.

Информация выдаётся в ГГСК_{ПЗ90.11} и ITRS_{ITRF}.

Привязка SP3-файлов с апостериорной информацией осуществляется к двум шкалам времени UTC(SU) и GPS (выдаются отдельные файлы).

Именование SP3-файлов с данными СВО ЭВИ в шкале времени UTC(SU) производится в соответствии с маской:

svi<GG><MM><DD>.sp<F>.Z,

где <GG> – две последние цифры года;

<MM> – месяц;

<DD> – день;

<F> – идентификатор данных, $F \in \{u, r, 3\}$.

Именование SP3-файлов с данными СВО ЭВИ в шкале времени GPS производится в соответствии с маской:

svi<WWWW><D>.sp<F>.Z,

где <WWWW> – номер недели от 06.01.1980 года;

<D> – номер дня недели (воскресенье – 0, понедельник – 1);

<F> – идентификатор данных, $F \in \{u, r, 3\}$.

В обоих именах файлов данных символ <F> (идентификатор) соответствует виду предоставляемых данных:

u – оперативные данные;

r – предварительные данные;

3 – окончательные данные.

Данные предоставляются в формате SP3 в архивированном виде.

Именованье суточных файлов в формате SP3 с информацией реального времени, предоставляемых в апостериорном режиме, производится в соответствии с маской:

svi <GG><MM><DD>.sp3rt.Z.

Данные предоставляются в формате SP3 в архивированном виде.

6.2.2 Поправки к шкалам времени

Поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА передаются в файлах формата RINEX-Clock [26] (Приложение Г). Отличие от данных в файлах SP3-с заключается в шаге выдаваемых поправок. Шаг выдачи поправок в файлах формата RINEX-Clock – 5 минут (файлы с расширениями *.clk, *.clk, *.clu) или 30 секунд (файл с расширением *.clk_30s).

Аналогично п. 6.2.1, поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА в файлах формата RINEX-Clock выдаются в двух шкалах времени UTC(SU) и GPS.

Именованье RINEX-Clock-файлов с данными в шкале времени UTC(SU) производится в соответствии с маской:

svi<GG><MM><DD>.cl<F>.Z,

где <GG> – две последние цифры года;

<MM> – месяц;

<DD> – день;

<F> – идентификатор данных, $F \in \{u, r, k\}$.

Именованье RINEX-Clock-файлов с данными в шкале времени GPS производится в соответствии с маской:

svi<WWWW><D>.cl<F>.Z,

где <WWWW> – номер недели от 06.01.1980 года;

<D> – номер дня недели GPS (воскресенье – 0, понедельник – 1);

<F> – идентификатор данных, $F \in \{u, r, k\}$.

В обоих представлениях данных символ <F> – идентификатор соответствует виду представляемых данных:

u – оперативные данные;

r – предварительные данные;

k – окончательные данные.

Данные предоставляются в формате Rinx-Clock в архивированном виде.

6.2.3 Параметры вращения Земли

Параметры вращения Земли предоставляются в виде файлов международного формата Standart EOP finals (Приложение Д).

Данные содержат:

- координаты мгновенного полюса (X_p, Y_p);
- расхождение шкал Всемирного UT1 и Всемирного Координированного времени UTC ($dUT1$).

Именованье файлов производится в соответствии с маской:

svi<GG><MM><DD>.erp,

svi <GG><MM><DD>.erp.Z,

где <GG> – две последние цифры года;

<MM> – месяц;

<DD> – число.

Файлы предоставляются в обычном или архивированном виде.

6.2.4 Информация о секундных «скачках» UTC

Файл имеет следующее наименование: tai-utc.dat.

Данные в файле представляются построчно, каждая строка соответствует очередному «скачку» секунды. Пример строки:

2017 JAN 1 =JD 2457754.5 TAI-UTC= 37.0 S + (MJD - 41317.) X 0.0 S

6.2.5 Фактические индексы солнечной активности (CA) и геомагнитной возмущенности (ГМВ)

Данные предоставляются в международном формате Daily Geomagnetic Data.

Именованье файлов производится в соответствии с маской:

D<T>D_<GG><MM><DD>.isa,

где <GG> – год;

<MM> – месяц;

<DD> – день;

<T> – тип данных (S – индексы СА, G – индексы ГМВ).

6.2.6 Технологические данные наземных измерительных средств, данные о параметрах выносов фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций

Технологические данные наземных измерительных средств, данные о параметрах выносов фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций представляются в международном формате ANTEX (Приложение Е).

Именованье файлов производится в соответствии с масками:

<XXX><GG>_<WWW>.atx,

<XXX><GG>.atx,

<XXX><GG><MM><DD>_<NNN>.atx,

где <XXX> – навигационный центр (svi – для СВО ЭВИ);

<GG> – две последние цифры года;

<WWW> – номер недели от эпохи 06.01.1980 (<WWW> может отсутствовать);

<MM> – двух символьный идентификатор месяца;

<DD> – двух символьный идентификатор числа;

<NNN> – идентификатор навигационной системы (GLO, GPS, GAL, BDT).

6.2.7 Данные о планируемых операциях с НКА

Данные о планируемых операциях НКА ГЛОНАСС предоставляются в виде компьютерного бюллетеня ЦУС ГЛОНАСС.

Именованье файлов производится в соответствии с маской:

<GGGG><MM><DD>_bul_glo.pdf,

где <GGGG> – год;

<MM> – месяц;

<DD> – число.

Подробное описание формата представлено в [27].

Именованье файлов с данными о планируемых операциях НКА GPS производится в соответствии с маской:

current_<GG><MM><DD>.oa1,

где <GG> – год;

<MM> – месяц;

<DD> – день.

Подробное описание формата представлено в [7].

6.2.8 Кодовые и фазовые беззапросные ИТНП НКА ГНСС

Данные предоставляются в международном формате RINEX 2.XX, RINEX 3.XX [28,29] в виде суточных и часовых файлов. Именованье файлов производится в соответствии с маской:

<SSSS><DDD><N>.<GG>d.Z,

<SSSS><DDD><N>.<GG>d – для суточных и часовых файлов,

где <SSSS> – код станции,

<DDD> – номер дня в году,

<N> – тип файла (0 – суточный; a, b, ...x – номер часа),

<GG> – год.

Файлы предоставляются в обычном или архивированном виде.

6.2.9 Оперативная навигационная информация, принятая в составе навигационных сообщений

Данные предоставляются в международном формате RINEX [29] в виде суточных и часовых файлов. Именованье файлов производится в соответствии с маской:

<SSSS><WWW><N>.<GG><T>.Z,

<SSSS><WWW><N>.<GG><T>,

где <SSSS> – код станции;

<WWW> – номер дня в году;

<N> – тип файла (0 – суточный; a, b, ...x – часовой);

<GG> – год;

<T> – тип ГНСС (g – ГЛОНАСС, n – GPS, l – Galileo, c – BeiDou).

Файлы предоставляются в обычном или архивированном виде.

6.2.10 Измерительная информация квантово-оптических средств

Лазерные дальномерные измерения («нормальные точки») предоставляются в международном формате данных CRD.

Именованье файлов производится в соответствии с маской:

- для обобщённых данных:

glonass<...>_<GGGG><MM><DD>.npt,

gps<...>_<GGGG><MM><DD>.npt,

и т.д.;

- для сеансовых данных:

glonass<...>_<GGGG><MM><DD><HH><MI>.npt,

gps<...>_<GGGG><MM><DD><HH><MI>.npt,

и т.д.;

где <...> – порядковый номер НКА (разной длины);

<GGGG> – год;

<MM> – месяц;

<DD> – день;

<HH> – часы;

<MI> – минуты.

6.2.11 Метеоданные, измеренные в окрестности БИС

Данные предоставляются в международном формате RINEX в виде суточных и часовых файлов.

Именованье файлов производится в соответствии с маской:

<SSSS><DDD><N>.<GG>m.Z,

<SSSS><DDD><N>.<GG>m,

где <SSSS> – код станции;

<DDD> – номер дня в году;

<N> – тип файла (0 – суточный; a, b, ...x – часовой);

<GG> – две последние цифры года.

Файлы предоставляются в обычном или архивированном виде.

6.2.12 Координаты и технологические данные измерительных средств

Координаты и технологические данные измерительных средств предоставляются в международном формате SINEX [30]. Именованье файлов производится в соответствии с маской:

<XXX><WWWW><D>.snx.Z,

<XXX><WWWW><D>.snx,

<XXX><GG><MM><DD>.snx.Z,

<XXX><GG><MM><DD>.snx,

где <XXX> – навигационный центр (svi – для СВО ЭВИ);

<WWWW> – номер недели GPS от эпохи 06.01.1980;

<D> – номер дня недели GPS, начиная с 0 (воскресенье – 0, понедельник – 1);

<GG> – год;

<MM> – месяц;

<DD> – день.

Файлы предоставляются в обычном или архивированном виде.

7 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ АЛГОРИТМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПОСТЕРИОРНОЙ АССИСТИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ СВО ЭВИ

7.1 Временная привязка апостериорной ассистирующей информации

В составе апостериорной информации СВО ЭВИ, в отличие от поправок в реальном времени, выдаются уточнённые эфемериды и частотно-временные поправки к бортовым шкалам времени с привязками к шкалам времени UTC(SU) и GPS, учитывающие групповую задержку комбинации сигналов. Вариант привязки временных поправок, рассчитанных в апостериорном режиме, указывается в заголовочной части выходных форматов с поправками к ШВ. Поправки $\Delta t_{\text{ап}}$, рассчитанные в СВО ЭВИ в апостериорном режиме, потребитель, работающий по сигналам НКА ГЛОНАСС с частотным и кодовым разделением должен использовать в соответствии с формулой

$$t_{\text{ШВСС}} = t_{\text{L1L2(ГЛ)}} - \Delta t_{\text{ан(ГЛ)}}. \quad (7.1)$$

При работе по зарубежным ГНСС апостериорные поправки $\Delta t_{\text{ап}}$ потребитель учитывает в соответствии с формулой

$$t_{\text{ШВСС}} = t_{\text{ШВНС}} - \Delta t_{\text{ан(ШВНС)}}. \quad (7.2)$$

При этом описание шкал времени, учитывающих групповую задержку сигналов систем ГНСС, соответствует ИКД ГНСС [6-19].

7.2 Геодезическая привязка апостериорной ассистирующей информации

Апостериорная ассистирующая информация СВО ЭВИ формируется в Международной земной системе координат (ITRS), реализуемой Международной земной системой отсчета ITRF-2014 [20], а также в общеземной Государственной геоцентрической системе координат (ГГСК), реализуемой системой геодезических параметров «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ90.11) [21]).

Формирование апостериорной ЭВИ в ГГСК и в ITRF-2014 позволяет потребителю непосредственно получать высокоточные результаты определений в любой из них (в зависимости от решаемой задачи) без дополнительного использования преобразований координат.

7.3 Алгоритм моделирования движения НКА по эфемеридной информации

Расчет эфемерид центра масс НКА на любой заданный момент времени осуществляется по рассчитанным СВО ЭВИ узловым точкам с использованием интерполяционного полинома. Расчет текущей скорости движения НКА (V_x , V_y , V_z) осуществляется путем дифференцирования интерполяционного полинома.

При использовании эфемерид, выданных в шкале времени UTC(SU), подвергаемой плановым коррекциям, рекомендуется использовать схему Эйткена, позволяющую работать как на равномерной, так и неравномерной сетке узлов [31]. При использовании эфемерид, выданных в некорректируемой системной шкале времени GPS, рекомендуется использовать полином Лагранжа не менее 12-го порядка с равномерной сеткой узлов [31].

Эфемериды, рассчитанные в СВО ЭВИ, характеризуют положение ЦМ НКА. Эфемериды, транслируемые в навигационном кадре НКА ГЛОНАСС с частотным разделением сигналов, определяют положение ФЦ передающей антенны. Для пересчета эфемерид от ЦМ НКА в точку расположения ФЦ передающей антенны необходимо руководствоваться алгоритмом, приведенном в подразделе 7.9.

При использовании данных формата SP3-с, приведенных в шкале национального координированного времени UTC(SU), необходимо учитывать плановые коррекции шкалы координированного времени UTC. При коррекции шкалы национального координированного времени на величину ± 1 с узел на момент 0 час 00 мин соответствует времени по шкале UTC(SU) до коррекции, а следующий узел на 0 час 15 мин соответствует времени по шкале UTC(SU) с учетом коррекции. При интерполяции узлов на интервале коррекции необходимо учитывать то обстоятельство, что они не являются равноотстоящими.

Состав и описание публикуемой эфемеридной информации, приведены в формате SP3-с (Приложение В). Шаг формирования информации в формате SP3-с составляет 15 минут.

7.4 Алгоритм расчета математического аналога псевдодальности

Расчёт математического аналога псевдодальности в многочастотной (двухчастотной) НАП проводится в соответствии с формулой (5.1). Показание спутниковых часов при излучении открытых сигналов на двух частотах

определяется в СВО ЭВИ и потребителем в ионосферосвободной шкале времени в соответствии с формулой (5.3) для сигналов с частотным разделением и в соответствии с формулой (5.11) для сигналов с кодовым разделением.

Расчетный аналог измерения псевдодальности S по фазе кода, модулирующего навигационный сигнал на каждой частоте, для базовой точки потребителя, координаты которой уточняются, определяется выражением:

$$S = D(x_{HKA}(t_1)x_{HAП}(t_{2HAП})) + c(\Delta T_{ШВП} - \Delta T_{ШВНС} + \delta t) + \Delta D_{trop} + \Delta D_{iono} + \Delta D_{rel} + \Delta D_{bias}, \quad (7.3)$$

где D – геометрическая дальность (псевдодальность без учёта поправок) между фазовым центром (ФЦ) антенны НАП и фазовым центром (ФЦ) передающей антенны НКА;

$x_{HKA}(t_1)$ – эфемериды ФЦ передающей антенны НКА на момент излучения сигнала t_1 в ШВНС;

$x_{HAП}(t_{2HAП})$ – координаты ФЦ на момент приема сигнала $t_{2HAП}$ в шкале времени потребителя (ШВП);

c – скорость света в вакууме;

$\Delta T_{ШВП}$ – поправка к ШВ потребителя (определяется потребителем);

$\Delta T_{ШВНС}$ – поправка к ШВНС НКА ($\Delta t_{an(ГЛ)}$, определённая на время t_1), определяемая с использованием данных СВО ЭВИ;

δt – групповая задержка сигнала в навигационной аппаратуре потребителя;

ΔD_{trop} – поправка на задержку распространения сигнала в тропосфере;

ΔD_{iono} – поправка на задержку распространения сигнала в ионосфере;

ΔD_{rel} – релятивистская поправка;

ΔD_{bias} – поправка на вынос ФЦ антенны приёмника относительно базовой точки потребителя, определяемая реализацией НАП.

Геометрическая дальность D на момент времени измерений $t_{2HAП}$ для каждого навигационного сигнала рассчитывается с использованием выражения

$$D = D_{изм} = c \cdot (t_{2HAП} - t_1), \quad (7.4)$$

где $D_{изм}$ – измеренное в НАП значение псевдодальности в момент $t_{2HAП}$;

t_1 - значение времени излучения сигнала НКА в шкале НАП, определяемое по значению $t_{1НКА}$ шкалы ШВНС, переносимой принимаемым сигналом, по данным, передаваемым в навигационной информации НКА, в соответствии с рекомендациями ИКД ГЛОНАСС [1-5] и ИКД ГНСС [6-19]. Для НКА ГЛОНАСС время излучения сигнала НКА t_1 в шкале ШВСС ГЛОНАСС определяется через $t_{1НКА}$ в ШВНС для сигналов с частотным разделением по формулам, приведённым в ИКД ГЛОНАСС [1], а для сигналов с кодовым разделением по формулам, приведённым в ИКД ГЛОНАСС [5].

Поправка $\Delta T_{ШВП}$ вычисляется в НАП при решении навигационной задачи. Поправка $\Delta T_{ШВНС}$ на заданное время рассчитывается по алгоритму, приведенному в п. 7.5. Поправка ΔD_{trop} уточняется в навигационной аппаратуре потребителя.

Ионосферная поправка в двухчастотной специализированной аппаратуре потребителя исключается за счёт применения псевдодальности, свободной от ионосферной рефракции.

Абсолютная величина ионосферной поправки для каждого сигнала на его частоте может быть рассчитана потребителем по формуле

$$\Delta D_{(1,2)iono} = \frac{f_{(2,1)}^2}{f_1^2 - f_2^2} (S_2 - S_1 + \beta) + I_2, \quad (7.5)$$

где f_1, f_2 – значения литерных частот, используемые в двухчастотной аппаратуре потребителя;

S_1, S_2 – измеренные значения псевдодальности в диапазонах частот f_1, f_2 ;

$\beta = \Delta t_n \cdot c$ - для кодовых измерений ($\beta = 0$ – для фазовых измерений), Δt_n – разность аппаратурных задержек НАП на частотах f_1 и f_2 ;

I_2 – остаточная погрешность учёта ионосферы для двухчастотной аппаратуры потребителя, расчёт которой проводится по алгоритму, приведённому в п. 7.8.

Целесообразность учёта β определяется оценкой величины $\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \Delta t_n \cdot c$.

В навигационной аппаратуре потребителя (НАП СВО ЭВИ), использующей ассистирующую информацию СВО ЭВИ, псевдодальность с ионосферной коррекцией вычисляется с использованием соотношения (5.1) раздела 5.

Релятивистская поправка ΔD_{rel} в общем случае рассчитывается по формуле

$$\Delta D_{rel} = -\frac{2\vec{R} \cdot \vec{V}}{c}, \quad (7.6)$$

где \vec{R} – вектор положения НКА в момент передачи сигнала в Государственной геоцентрической системе координат,

\vec{V} – вектор скорости спутника в момент передачи сигнала в Государственной геоцентрической системе координат.

Для НКА ГЛОНАСС релятивистская поправка уже учтена в полиномиальной модели перехода от шкалы времени навигационного сигнала на шкалу времени навигационной системы, ввиду этого она применяется только при формировании АИ реального времени. Для остальных ГНСС релятивистская поправка применяется в соответствии с ИКД этих ГНСС [6-19].

Поправка ΔD_{bias} на вынос ФЦ антенны приёмника относительно базовой точки потребителя рассчитывается на основе данных о положении фазового центра антенны приемника, определяемых производителем антенны.

Для получения расчетного аналога измерения псевдодальности S по фазе несущей частоты каждого навигационного сигнала вместо формулы (7.3) используется более точная модель, определяемая выражением

$$S = D(x_{HKA}(t_1), x_{HAП}(t_2)) + c(\Delta T_{ШВП} - \Delta T_{ШВНС} + \delta t) + \Delta D_{trop} - \Delta D_{iono} + \Delta D_{rel} + \Delta D_{bias} + \Delta D_{wind-up} + n \cdot \lambda_{nc} + \Delta D_{pr}, \quad (7.7)$$

где: $\Delta D_{wind-up}$ – поправка на вращение фазы («wind-up» эффект);

λ_{nc} – длина волны, соответствующая несущей частоте навигационного сигнала;

n – параметр неоднозначности измерения фазовой псевдодальности, вычисляемый в НАП при решении навигационной задачи;

ΔD_{pr} – дополнительные поправки, учитываемые при прецизионных определениях координат базовой точки потребителя (с точностью до 1-3 см).

Остальные составляющие определяются так же, как в выражении (7.3).

Расчёт поправки на вращение фазы $\Delta D_{wind-up}$ производится по алгоритму, приведённому в «Руководстве по использованию данных международной службы ГНСС» [32]. Алгоритм основан на расчёте сдвига фаз излучаемого и принимаемого сигналов (поправки на вращение фазы) в зависимости от изменения взаимной ориентации векторов эффективных диполей антенн НКА и НАП на интервале сохранения непрерывности фазы. Поправка на вращение фазы определяется по соотношению [32]:

$$\Delta\varphi = \text{sign}\zeta \cdot \cos^{-1} \frac{\vec{D}_{HKA} \cdot \vec{D}_{HAP}}{D_{HKA} D_{HAP}} \quad (7.8)$$

где $\Delta\varphi$ – сдвиг фаз, определяемый в радианах;

$$\zeta = \vec{k} \cdot (\vec{D}_{HKA} \times \vec{D}_{HAP});$$

\vec{k} – единичный вектор, направленный от НКА к НАП;

\cdot – знак скалярного произведения;

\times – знак векторного произведения;

$\vec{D}_{HKA}, \vec{D}_{HAP}$ – векторы эффективных диполей антенн НКА и НАП;

D_{HKA}, D_{HAP} – модули векторов эффективных диполей антенн НКА и НАП.

Векторы эффективных диполей антенн НКА и НАП определяются по соотношениям, приведённым в [32].

Расчёт поправки на вращение фазы в псевдодальность по фазе несущей частоты каждого сигнала осуществляется по формуле

$$\Delta D_{wind-up} = \Delta\varphi \cdot \frac{\lambda_{nc}}{2\pi}. \quad (7.9)$$

В состав дополнительных поправок ΔD_{pr} , учитываемых при прецизионных определениях координат наземного потребителя, должны быть включены:

- поправка на деформацию поверхности Земли от временных вариаций в географическом распределении атмосферных масс - атмосферная нагрузка (до 2-3 см);

- поправки на деформацию фигуры Земли от приливов в твёрдом теле Земли и от океанических приливов (до 2 см).

7.5 Алгоритм использования поправок к шкале времени

В СВО ЭВИ в апостериорном режиме формируются поправки к показаниям часов НКА в ионосферосвободной шкале времени, определяемых по формулам (5.3, 5.11) на любой момент времени.

Состав и описание рассчитываемых поправок в формате SP3-с приведены в Приложении В, в формате RINEX-Clock – в Приложении Г. Шаг формирования информации в формате SP3-с составляет 15 мин, в формате RINEX-Clock – 5 мин или 30 с.

Расчет поправок на любой заданный момент времени по рассчитанным таблицам поправок в пределах двух «достоверных» эпох (содержащих значения поправок к ШВ, отличные от 999999.999999) осуществляется с использованием формулы линейной интерполяции

$$Y(t) = Y(t_{i-1}) + \frac{Y(t_i) - Y(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}(t - t_{i-1}), \quad (7.10)$$

где: $Y(t)$ - поправка к ионосферосвободной шкале времени НКА на момент времени t ;

t_i, t_{i-1} - времена узлов формирования информации, между которыми лежит время t .

В случае отсутствия в апостериорных данных двух смежных «достоверных» эпох в пределах заданного шага (пропуск данных) расчет поправок к ионосферосвободной шкале времени на момент времени t осуществляется путём аппроксимации табличных данных полиномом 2-й степени с использованием метода наименьших квадратов (МНК) по следующему алгоритму.

Выбирается интервал обработки с временами начала и конца, удовлетворяющими условию:

$$\begin{aligned} t_n &= t - 24 \text{ ч}; \\ t_k &= t + 24 \text{ ч}. \end{aligned} \quad (7.11)$$

В качестве аппроксимирующего полинома выбирается полином вида

$$\Delta T(t) = \Theta_0 + \Theta_1(t - t_0) + \Theta_2(t - t_0)^2, \quad (7.12)$$

учитывающей возможный дрейф частоты бортовых стандартов времени и частоты, определяющий расхождение ионосферосвободной шкалы времени относительно шкалы времени, с которой синхронизируется потребитель. На интервале обработки $[t_n; t_k]$ по методу наименьших квадратов (МНК) определяются параметры $(\Theta_0, \Theta_1, \Theta_2)$ полиномиальной модели (7.12) расхождения ионосферосвободной шкалы времени НКА относительно UTC(SU) или системной шкалы GPS.

Использование модели (7.12) обеспечивает расчет искомых поправок к ионосферосвободной шкале времени НКА на момент времени t ($Y(t) = \Delta T(t)$) по формуле (7.10).

7.6 Алгоритм использования параметров вращения Земли

Параметры вращения Земли используются при расчете преобразований между инерциальными и относительными земными системами координат. Расчет ПВЗ на любой заданный момент времени t осуществляется с использованием интерполяционного полинома Лагранжа [31]:

$$Y(t) = \sum_{i=k-p/2+1}^{k+p/2} Y(t_i) \prod_{j=k-p/2, j \neq i}^{k+p/2} \frac{(t - t_j)}{(t_i - t_j)}, \quad (7.13)$$

где k – номер текущего узла таблицы ПВЗ,

$$t \in [t_k, t_{k+1}],$$

p – порядок полинома Лагранжа.

При расчете рекомендуется использовать порядок полинома Лагранжа не менее 4. Использование ПВЗ должно производиться в соответствии с указаниями РД 50-25645.325-89 [33].

Состав и описание выдаваемых СВО ЭВИ параметров вращения Земли, приведен в формате Standart EOP finals (Приложение Д).

7.7 Алгоритмы учёта информации о секундных скачках UTC и шкал времени зарубежных ГНСС

UTC, UTC(SU) и ШВСС ГЛОНАСС являются корректируемыми шкалами времени, т.е. не являются непрерывными. Непрерывная равномерная независимая

шкала времени определяется международным атомным временем – International Atomic Time (TAI). Длительности секунд непрерывной шкалы атомного времени TAI и координированной шкалы UTC совпадают, однако при достижении рассогласования всемирного времени UT1 и UTC на определённую величину (более 0.6с) осуществляется коррекция шкалы UTC на величину ± 1 с. Коррекцию проводит Международное бюро мер и весов по рекомендации Международной службы вращения Земли (IERS). Периодичность такой коррекции может составлять от 1 раза в полгода до 1 раза в несколько лет. Коррекция проводится в конце одного из кварталов (обычно 30 июня или 31 декабря). В дни координации при вводе положительной секунды после времени UTC = 23ч 59мин 59с идёт время UTC = 23ч 59мин 60с, а при вводе отрицательной секунды после времени UTC = 23ч 59мин 58с идёт время UTC = 00ч 00мин 00с. На практике отрицательные секунды не вводились. Шкалы времени UTC(SU) и ШВСС ГЛОНАСС корректируются одновременно со шкалой всемирного координированного времени UTC. Предупреждение о моменте и величине коррекции шкал времени заблаговременно (не менее чем за три месяца) сообщается пользователям в соответствующих бюллетенях, извещениях и в навигационном кадре ГЛОНАСС. При указанной коррекции проводится изменение оцифровки последовательности секундных импульсов бортовых часов всех НКА ГЛОНАСС, в результате чего метка времени строки навигационного кадра ГЛОНАСС (передаваемая каждые 2 секунды) изменяет свое положение (на непрерывной шкале времени) для синхронизации с 2-секундной эпохой скорректированной шкалы UTC. Это изменение происходит в 00 часов 00 мин 00 с UTC.

При проведении плановой секундной коррекции UTC(SU) потребитель должен одновременно использовать нескорректированное время $UTC_{old}(SU)$ и скорректированное время до тех пор, пока не будут приняты новые эфемериды всех наблюдаемых в данный момент времени НКА ГЛОНАСС. Приёмник потребителя во время коррекции должен формировать плавно меняющиеся и достоверные измерения псевдодальностей и выполнять повторную синхронизацию с меткой времени строки навигационного кадра без потери слежения сигнала. Старые значения $UTC_{old}(SU)$ должны использоваться вместе со старыми значениями эфемерид, переданными до 00 часов 00 мин 00 с UTC(SU), а

скорректированное время UTC(SU) должно использоваться вместе с новыми эфемеридами, переданными после 00 часов 00 мин 00 с UTC(SU). Данные о моменте и величине коррекции UTC(SU) должны вводиться в память приёмника с пульта или приниматься из соответствующего навигационного сообщения (ГЛОНАСС или GPS). Расхождение UTC(SU) и UTC, начиная с середины 2013 года, находится в пределах ± 10 нс. После коррекции секунды 31 декабря 2016 г. разность TAI и UTC составила плюс 37 секунд.

Определение шкал времени зарубежных спутниковых систем (ШВСС) приведено в соответствующих ИКД GPS [6-12], Galileo [13-15], BeiDou [16-19].

Шкала времени GPS является равномерной, непрерывной и совпадает со шкалой времени UTC на момент времени 00 часов 00 мин 00 с 06.01.1980 г. С этого времени до 1 января 2017 г. секунда добавлялась в сутки 18 раз, ввиду этого на 00 часов 00 мин 00 с UTC 1 января 2017 г. целая часть разности UTC и t_{GPS} составила минус 18 с. Целая часть разности TAI и t_{GPS} составляет, соответственно, +19с.

Для сигналов НКА ГЛОНАСС с кодовым разделением переход от ШВСС ГЛОНАСС на шкалу времени GPS осуществляется с использованием данных оперативной информации навигационного сообщения НКА ГЛОНАСС согласно приложению В к ИКД ГЛОНАСС «Общее описание системы с кодовым разделением сигналов» [5].

Шкала времени Galileo (Galileo System Time – GST) является равномерной, непрерывной шкалой времени с постоянным смещением на целое количество секунд относительно международного атомного времени TAI. Она синхронизируется с TAI на уровне менее 50 нс. Со шкалой времени UTC шкала GST имеет изменяющееся (при добавлении очередной секунды во время UTC) расхождение на целое количество секунд. За начало эпохи GST выбран момент времени на 13 секунд более ранний, чем момент времени UTC 00ч 00мин 00с 22.08.1999 г. Со времени UTC 00ч 00мин 00с 22.08.1999 г. до 1 января 2017 г. секунда добавлялась в сутки 5 раз, ввиду этого на 00ч 00мин 00с UTC 1 января 2017 г. целая часть разности UTC и t_{GST} составила минус 18 с (13с до момента 00ч 00мин 00с 22.08.1999 г. и 5с после этого момента). Таким образом, целая часть разности времён t_{TAI} и t_{GST} составляет, соответственно, плюс 19с, как и у t_{GPS} . Информация о величине расхождения времени в шкале GST относительно

времени в шкалах GPS (п. 5.1.8 [14]) и UTC (п.5.1.7 [14]) включена в навигационное сообщение НКА системы Galileo для передачи потребителям. Дальнейший переход ко времени ГЛОНАСС UTC (SU) и ШВСС осуществляется с использованием ИКД ГЛОНАСС [1, 5].

Шкала времени BeiDou (BeiDou navigation satellite system Time - BDT) является равномерной, непрерывной шкалой времени с началом в 00ч 00мин 00с UTC 1 января 2006 г. Начало шкалы t_{BDT} смещено относительно шкалы TAI ($t_{TAI} - t_{BDT}$) на плюс 33 секунды. Со шкалой времени UTC шкала BDT имеет изменяющееся различие (при добавлении очередной секунды в UTC) в количестве секунд и связана с ней через шкалу времени национального эталона UTC(NTSC). Скачки секунды передаются в навигационном сообщении. На 00ч 00мин 00с UTC 1 января 2017 г. целая часть разности времён t_{UTC} и t_{BDT} составила минус 4 с. В навигационном сообщении BEIDOU передаются параметры перехода ко времени UTC (п. 5.2.4.17 [16]), а также ШВСС GPS (п. 5.2.4.18 [16]), ШВСС Galileo (п. 5.2.4.19 [16]) и ШВСС ГЛОНАСС (п. 5.2.4.20 [16]).

При работе по сигналам НКА зарубежных ГНСС потребитель должен пользоваться соотношениями, приведёнными в соответствующих ИКД ГНСС [6-19].

7.8 Алгоритм расчёта остаточной погрешности учёта ионосферы для двухчастотной аппаратуры потребителя

Расчёт абсолютной величины остаточной погрешности учёта ионосферы для двухчастотной аппаратуры потребителя I_2 производится следующим образом:

$$I_2 = \frac{s}{2 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot (f_1 + f_2)} \quad (7.14)$$

где I_2 - остаточная погрешность, м;

$$s = \frac{e^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot m_e} \cdot \frac{e}{2 \cdot \pi \cdot m_e} \cdot B' \cdot STEC ;$$

$e = 1.6021892 \cdot 10^{-19}$ – заряд электрона, Кл;

$m_e = 9.109534 \cdot 10^{-31}$ – масса электрона, кг;

$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36 \cdot \pi}$ – диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м;

B' – проекция вектора напряженности магнитного поля Земли на направление распространения радиоволны, Тл;

$STEC$ – полное электронное содержание вдоль пути распространения сигнала, $1 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-2}$;

f_1, f_2 – значения двух частот навигационных сигналов, Гц.

Для расчета B' можно воспользоваться следующей формулой:

$$B' = \frac{B_x \cdot (X - X_p) + B_y \cdot (Y - Y_p) + B_z \cdot (Z - Z_p)}{D}, \quad (7.15)$$

где: B_x, B_y, B_z – проекции вектора напряженности магнитного поля Земли в Гринвичской системе координат, определяемые с использованием модели геомагнитного поля IGRF/DGRF, Тл;

X, Y, Z – гринвичские координаты точки пересечения радиолуча с максимумом концентрации электронов в ионосфере (для упрощения высота максимума принимается равной 350 км), км;

X_p, Y_p, Z_p – гринвичские координаты размещения навигационной аппаратуры потребителя, км;

D – расстояние между точками с координатами (X, Y, Z) и (X_p, Y_p, Z_p) , км.

7.9 Алгоритм расчета выноса фазового центра передающей антенны относительно центра масс НКА

Пересчет эфемерид от ЦМ НКА в точку расположения ФЦ передающей антенны и обратно осуществляется путем учёта параметров выноса ФЦ. Поправка к эфемеридам за счет выноса ФЦ определяется в зависимости от типа (конструктивных особенностей) НКА, особенностей функционирования его системы ориентации и стабилизации, а также от смещения центра бортовой системы координат в течение срока активного существования (САС) НКА. Направление осей r, b, n бортовой системы координат НКА ГЛОНАСС связано с требованием постоянной ориентации солнечных батарей на Солнце и определяется единичными ортами e^r, e^b, e^n . Орт оси r (e^r) лежит на прямой, соединяющей центр Земли и НКА, и ориентирован в сторону от Земли. Орт оси b (e^b) лежит в плоскости Солнце - объект (НКА) - Земля (СОЗ), перпендикулярен оси r и направлен в сторону от Солнца. Орт оси n (e^n) дополняет бортовую

систему координат до правой. Панели солнечных батарей НКА ориентируются вдоль оси n бортовой системы и поворачиваются вокруг этой оси в направлении на Солнце.

Пересчет координат $B = (\Delta x_{\phi u}, \Delta y_{\phi u}, \Delta z_{\phi u})^T$ фазового центра антенны из бортовой системы координат (с учётом её смещения) в геоцентрическую прямоугольную пространственную систему координат для НКА ГЛОНАСС производится с использованием следующих соотношений:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\phi.ц.} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ц.м.} - E \times \begin{pmatrix} \Delta x_{\phi u} \\ \Delta y_{\phi u} \\ \Delta z_{\phi u} \end{pmatrix}, \quad (7.16)$$

$$E = [e_r, e_b, e_n] = \begin{pmatrix} e_x^r & e_x^b & e_x^n \\ e_y^r & e_y^b & e_y^n \\ e_z^r & e_z^b & e_z^n \end{pmatrix}, \quad (7.17)$$

$$e_r = (e_x^r, e_y^r, e_z^r)^T = \frac{\vec{r}}{r}, \quad (7.18)$$

$$e_n = (e_x^n, e_y^n, e_z^n)^T = -\frac{e_r \times e_s}{|e_r \times e_s|} = -\frac{e_r \times e_s}{\sqrt{1 - ((e_r)^T e_s)^2}}, \quad (7.19)$$

$$e_b = (e_x^b, e_y^b, e_z^b)^T = e_n \times e_r, \quad (7.20)$$

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (7.21)$$

где:

$e_s = (e_x^s, e_y^s, e_z^s)^T$ - единичный вектор в ГГСК, ориентированный из центра Земли на центр видимого Солнца;

$\vec{r} = (X, Y, Z)^T_{ц.м.}$ - радиус-вектор центра масс НКА ГЛОНАСС в ГГСК, рассчитанный по эфемеридной информации СВО ЭВИ, на момент пересчёта.

Координаты видимого Солнца рассчитываются в соответствии с алгоритмом, приведённым в [5].

Соответствие осей связанной системы координат НКА GPS и НКА ГЛОНАСС представлено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Соответствие осей связанных систем
координат GPS и ГЛОНАСС

GPS		ГЛОНАСС	
Единичный орт	Ось	Единичный орт	Ось
i	X	$-e^b$	$-Y$
j	Y	e^n	Z
k	Z	$-e^r$	$-X$

Пересчет координат $B = (\Delta x_{\phi\psi}, \Delta y_{\phi\psi}, \Delta z_{\phi\psi})^T$ фазового центра антенны из бортовой системы координат (с учётом её смещения) в геоцентрическую прямоугольную пространственную систему координат для НКА GPS производится с использованием следующих соотношений:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\phi.\psi.} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ц.м.} - B \times \begin{pmatrix} \Delta x_{\phi\psi} \\ \Delta y_{\phi\psi} \\ \Delta z_{\phi\psi} \end{pmatrix}, \quad (7.22)$$

$$B = [i, j, k] = \begin{pmatrix} i_x & j_x & k_x \\ i_y & j_y & k_y \\ i_z & j_z & k_z \end{pmatrix}, \quad (7.23)$$

$$i = j \times k, \quad (7.24)$$

$$j = k \times s, \quad (7.25)$$

$$s = \frac{\vec{r}_s - \vec{r}}{|\vec{r}_s - \vec{r}|}, \quad (7.26)$$

$$k = -\frac{\vec{r}}{r}, \quad (7.27)$$

где:

s - единичный вектор в ГГСК, ориентированный из центра масс НКА GPS на центр видимого Солнца;

$\vec{r} = (X, Y, Z)^T_{ц.м.}$ - радиус-вектор центра масс НКА GPS в ГГСК, рассчитанный по эфемеридной информации СВО ЭВИ, на момент пересчёта.

Для вычисления единичных векторов (i, j, k) в формулах (7.23, 7.24, 7.25) можно пользоваться данными таблицы 7.1.

Смещение и вариации фазового центра в миллиметрах для всех спутников систем ГЛОНАСС и GPS могут быть получены из файлов формата ANTEX (ANTenna EXchange) (Приложение Е).

Пересчет координат фазовых центров антенн НКА Galileo и BeiDou из бортовой системы координат в геоцентрическую прямоугольную пространственную систему координат производится с использованием ИКД этих систем.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форматы информации реального времени

Таблица А.1- Структура сообщения типа 1057

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА GPS. Отсчет ведется от начала недели GPS.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА GPS				
PRN			uint6	Номер НКА GPS.
IODE			uint8	Номер набора эфемерид (IOD E), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
Итог: 68 + 135* Количество НКА				

Таблица А.2- Структура сообщения типа 1063

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-86400	1 с	uint17	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА ГЛОНАСС. Отсчет ведется от начала суток.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА ГЛОНАСС				
PRN			uint5	Номер НКА ГЛОНАСС.
IODE			uint8	Номер набора эфемерид (tb), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
Итог: 65 + 134* Количество НКА				

Таблица А.3 - Структура сообщения типа 1058

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА GPS. Отсчет ведется от начала недели GPS.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала обновления корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерируемого сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.

Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА GPS				
PRN			uint6	Номер НКА GPS.
C ₀	±209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	±1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	±1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	
Итог: 67 + 76 * Количество НКА				

Таблица А.4- Структура сообщения типа 1064

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-86400	1 с	uint17	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА ГЛОНАСС. Отсчёт ведется от начала суток.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала обновления корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.

IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерируемого сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА ГЛОНАСС				
PRN			uint5	Номер НКА ГЛОНАСС.
C ₀	±209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	±1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	±1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	
Итог: 64 + 75 * Количество НКА				

Таблица А.5- Структура сообщения типа 1060

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА GPS. Отсчет ведется от начала недели GPS.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями):

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА GPS				
PRN			uint6	Номер НКА GPS
IODE			uint8	Номер набора эфемерид (IODE), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
C_0	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C_1	± 1.048575	10^{-6} м/с	intS21	
C_2	± 1.34217726	$2 \cdot 10^{-8}$ м/с ²	intS27	

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Итог: 68 + 205 * Количество НКА				

Таблица А.6 - Структура сообщения типа 1066

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-86400	1 с	uint17	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА ГЛОНАСС. Отсчет ведется от начала суток.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА ГЛОНАСС				
PRN			uint5	Номер НКА ГЛОНАСС.
IODE			uint8	Номер набора эфемерид (tb), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
C ₀	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	± 1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	± 1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	
Итог: 65 + 204 * Количество НКА				

Таблица А.7- Структура сообщения типа 1240

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА Galileo. Отсчет ведется от начала недели Galileo.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА Galileo				
PRN			uint6	Номер НКА Galileo
IODE			uint10	Номер набора эфемерид и часов (IODnav), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
Итог: 68 + 137 * Количество НКА				

Таблица А.8 - Структура сообщения типа 1241

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА Galileo. Отсчет ведется от начала недели Galileo.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала обновления корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерируемого сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.

Название	Диапазон значений	Цена младшег о разряда	Тип	Описание
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА Galileo				
PRN			uint6	Номер НКА Galileo.
C ₀	±209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	±1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	±1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	
Итог: 67 + 76* Количество НКА				

Таблица А.9 - Структура сообщения типа 1243

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА Galileo. Отсчет ведется от начала недели Galileo.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА Galileo				
PRN			uint6	Номер НКА Galileo.
IODE			uint10	Номер набора эфемерид и часов (IODnav), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП.
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
C_0	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C_1	± 1.048575	10^{-6} м/с	intS21	
C_2	± 1.34217726	$2 \cdot 10^{-8}$ м/с ²	intS27	

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Итог: 68 + 207 * Количество НКА				

Таблица А.10- Структура сообщения типа 1258

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА BeiDou. Отсчет ведется от начала недели BeiDou.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА BeiDou				
PRN			uint6	Номер НКА BeiDou.
BDS Toe Modulo	0-239	1	uint10	Номер набора эфемерид и часов (получаемый из toe), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП: IODE(Toe)=(Toe/720) mod 240.
Резерв			bit(24)	
δO_{radial}	±209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	±209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	±209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	±1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	±1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	±1.048572	4e-6 м/с	intS19	
Итог: 68 + 161* Количество НКА				

Таблица А.11- Структура сообщения типа 1259

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				поправок для НКА BeiDou. Отсчет ведется от начала недели BeiDou.
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала обновления корректирующей информации (см. табл. А.13).
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – значение говорит о том, что данное сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерируемого сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком.
Следующий блок повторяется для каждого НКА BeiDou				
PRN			uint6	Номер НКА BeiDou.
C ₀	±209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	±1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	±1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Итог: 67 + 76* Количество НКА				

Таблица А.12- Структура сообщения типа 1261

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
Номер сообщения	0-4095	1	uint12	Определяет тип передаваемой информации.
T (сек)	0-604799	1 с	uint20	Время передаваемых в сообщении корректирующих поправок для НКА BeiDou. Отсчет ведется от начала недели BeiDou
dT	0-15	1	uint4	Условный номер типовой величины интервала корректирующей информации (см. табл. А.13)
sync			bit(1)	Индикатор передачи сообщения с тем же номером на ту же эпоху в последовательности (в случае, если сообщение передается частями): 0 – сообщение последнее; 1 – за данным сообщением будет передано еще несколько.
Признак опорной СК			bit(1)	0 – ITRF.
IOD SSR	0-15	1	uint4	Признак обновления информативной части сообщения. Используется для указания на изменение конфигурации генерации

Название	Диапазон значений	Цена младшего разряда	Тип	Описание
				сообщения. По умолчанию значение равно нулю.
Provider id	0-65535	1	uint16	Идентификатор поставщика.
Solution id	0-15		uint4	Идентификатор решения.
Количество НКА	0-65	1	uint6	Количество информативных блоков информации за заголовком
Следующий блок повторяется для каждого НКА BeiDou				
PRN			uint6	Номер НКА BeiDou
BDS Toe Modulo	0-239	1	uint10	Номер набора эфемерид и часов (получаемый из toe), которому соответствуют коррекции к параметрам орбиты и коррекции к ЧВП: IODE(Toe)=(Toe/720) mod 240.
Резерв			bit(24)	
δO_{radial}	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Поправки к положению НКА по радиус-вектору, вдоль орбиты и по нормали к орбите и скорости их изменения.
δO_{along}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
δO_{cross}	± 209.7148	0.0004 м	intS20	
$\delta O'_{radial}$	± 1.048575	1e-6 м/с	intS21	
$\delta O'_{along}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
$\delta O'_{cross}$	± 1.048572	4e-6 м/с	intS19	
C ₀	± 209.7151	0.0001 м	intS22	Коэффициенты полинома для расчета поправки к ходу ионосферосвободных часов НКА.
C ₁	± 1.048575	10 ⁻⁶ м/с	intS21	
C ₂	± 1.34217726	2*10 ⁻⁸ м/с ²	intS27	
Итог: 68 + 231* Количество НКА				

Таблица А.13 - Условный номер типовой величины интервала обновления корректирующей информации

Условный номер	Величина интервала, с
0	1
1	2
2	5
3	10
4	15
5	30
6	60
7	120
8	240
9	300
10	600
11	900
12	1800
13	3600
14	7200
15	10800

Примечание. Соответствие указано согласно RTCM Version 3 [23] для параметра DF391.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Структура каталогов FTP-сервера СВО ЭВИ

Таблица Б.1 – Структура каталогов FTP-сервера СВО ЭВИ.

Тип информации	Описание	Расположение файла
Высокоточная эфемеридно-временная информация по навигационным системам	Оперативные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/ULTRA_RAPID/GPS
	Оперативные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/ULTRA_RAPID/UTC
	Предварительные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/RAPID/GPS/
	Предварительные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/RAPID/UTC/
	Окончательные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/FINAL/GPS/
	Окончательные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/SP3/<XXX>/<GGGG>/FINAL/UTC/
	Данные реального времени (ШВ GPS), сформированные в	/PRODUCTS/SP3_RT/<XXX>/<GGGG>/GPS/

Тип информации	Описание	Расположение файла
	апостериорном режиме	
Поправки к шкалам времени НКА	Оперативные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/ULTRA_RAPID/GPS/
	Оперативные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/ULTRA_RAPID/UTC/
	Предварительные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/RAPID/GPS/
	Предварительные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/RAPID/UTC/
	Окончательные данные (ШВ GPS)	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/FINAL/GPS/
	Окончательные данные (ШВ UTC(SU))	/PRODUCTS/CLOCK/RINEX/<XXX>/<GGGG>/FINAL/UTC/
Параметры вращения Земли	Окончательные данные	/PRODUCTS/ERP/<NNN>/<GGGG>/<MM>/
Информация о секундных скачках UTC	Входная информация	/DATA/CLOCK/UTC/CORRECTIONS/
Фактические индексы солнечной активности и геомагнитной возмущенности	Входная информация	/DATA/GEOPHYSICAL/<GGGG>/

Тип информации	Описание	Расположение файла
Номинальные параметры выносов фазовых центров излучающих антенн НКА систем ГЛОНАСС и GPS и их вариации в зависимости от надирного угла излучения сигнала	Входная информация в формате ANTEX	/DATA/INFO/TECHNO/ANTEX/<GGGG>/
Данные о планируемых операциях с НКА ГЛОНАСС и GPS	Входная информация	/DATA/INFO/TECHNO/OPERATIONS/<NNN>/<GGGG>/
Кодовые и фазовые беззапросные ИТНП по НКА ГНСС	Суточные файлы	/DATA/OBS/Daily/<GGGG>/<DDD>/ /DATA/OBS/Daily_v3/<GGGG>/<DDD>/
	Часовые файлы	/DATA/OBS/Hourly/<GGGG>/<DDD>/ /DATA/OBS/ Hourly _v3/<GGGG>/<DDD>/
	15-минутные файлы, предоставляемые в реальном времени	/DATA/OBS_Highrate/Highrate/<GGGG>/<DDD>/ /DATA/OBS_Highrate/Highrate_v3/<GGGG>/<DDD>/
Обобщённая оперативная навигационная информация, принятая в составе навигационных сообщений НКА ГНСС	Суточные файлы	/DATA/NAV/BRDC/Daily/<NNN>/<GGGG>/<DDD>/
	Часовые файлы	/DATA/NAV/BRDC/Hourly/<NNN>/<GGGG>/<DDD>/
Измерительная информация квантово-оптических средств по НКА ГНСС	Суточные файлы	/DATA/ILRS/<aaaaaa...>/<GGGG>/

Тип информации	Описание	Расположение файла
Метеоданные, измеренные в окрестности БИС на интервале проведения измерений	Суточные файлы	/DATA/METEO/RINEX/Daily/<GGGG>/<DDD>/
	Часовые файлы	/DATA/METEO/RINEX/Hourly/<GGGG>/<DDD>/
Технологические данные по измерительным средствам	Входная информация в формате ANTEX	/DATA/INFO/TECHNO/ANTEX/<GGGG>/
	Входная информация в формате SINEX	/DATA/INFO/TECHNO/SINEX/<GGGG>/
	Выходная информация в формате ANTEX	/PRODUCTS/INFO/TECHNO/ANTEX/<GGGG>/<MM>/

Примечание: <XXX> - идентификатор центра, <GGGG> - год, <DDD> - номер дня в году, <NNN> - тип навигационной системы, <aaaaaa...> - именование объекта.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Формат файлов SP3-с

Формат SP3-с [25] является основным международным форматом для хранения информации об эфемеридах и поправках к ионосферосвободной шкале времени НКА. В формируемых файлах SP3-с содержатся только координаты НКА и поправки к ионосферосвободным шкалам времени НКА (колонки 61-79 не формируются).

Таблица В.1 - SP3 строка 1

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Версия формата (символ #с, для ранних версий символ #а или #b)
3	A1	Флаг Р для координат (Pos) и V для координат и скоростей (Vel). Флаг Р показывает, что файл содержит координаты и поправки к бортовым шкалам времени. Флаг V показывает, что файл содержит координаты и скорости НКА, поправки к бортовым шкалам и скорости их изменения.
4-7	I4	Год начала (4 цифры)
8	X	Пробел
9-10	I2	Месяц начала (если одна цифра, то 0 впереди не ставится)
11	X	Пробел
12-13	I2	Число месяца (если одна цифра, то 0 впереди не ставится)
14	X	Пробел
15-16	I2	Час начала (если одна цифра, то 0 впереди не ставится)
17	X	Пробел
18-19	I2	Минуты начала (если одна цифра, то 0 впереди не ставится)
20	X	Пробел
21-31	F11.8	Секунды начала
32	X	Пробел
33-39	I7	Число эпох
40	X	Пробел
41-45	A5	Используемые исходные данные
46	X	Пробел
47-51	A5	Система координат
52	X	Пробел
53-55	A3	Тип орбиты
56	X	Пробел
57-60	A4	Центр обработки (если меньше цифр, то впереди ставятся пробелы)

Таблица В.2 - SP3 строка 2

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы ##
3	X	Пробел
4-7	I4	Неделя GPS (от 06.01.1980 года)
8	X	Пробел
9-23	F15.8	Секунды недели
24	X	Пробел
25-38	F14.8	Шаг расчета в секундах
39	X	Пробел
40-44	I5	Модифицированная юлианская дата начала
45	X	Пробел
46-60	F15.13	Часть суток начала данных

Таблица В.3 - SP3 строка 3

Колонка	Формат	Описание
1-2	A1,X	Символы + и пробел
3-4	X2	Два пробела
5-6	I2	Число НКА
7-9	X3	Три пробела
10-60	17×(A1,I2)	Принадлежность к ГНСС ("R"- ГЛОНАСС, "G" – GPS, «E» - Galileo, «C» - BeiDou, «J» - QZSS) и номер НКА, либо "0"

Таблица В.4 - SP3 строки начиная с 4-й с символами + и пробел в колонках 1-2

Колонка	Формат	Описание
1-2	A1,X	Символы + и пробел
3-9	X7	Пробел
10-60	17×(A1,I2)	Принадлежность к ГНСС ("R"- ГЛОНАСС, "G" – GPS, «E» - Galileo, «C» - BeiDou, «J» - QZSS) и номер НКА, либо "0"

Таблица В.5 - SP3 строки с символами ++ в колонках 1-2

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы ++
3-9	X7	Пробел
10-60	17×I3	Показатель точности орбиты НКА, либо "0"

Таблица В.6 - SP3 строка 13 или 1-я строка с символами %с при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы %с
3	X	Пробел
4-5	A1,X	Тип файла (указывает по каким ГНСС представлены файлы: “М” – по нескольким ГНСС, “G” – по GPS, “R” - по ГЛОНАСС, «Е» - по Galileo, «С» - по BeiDou, «J» - по QZSS)
6	X	Пробел
7-8	A2	Символы сс
9	X	Пробел
10-12	A3	Идентификатор шкалы времени “UTC”; системного времени: для GPS – «GPS», для ГЛОНАСС – «GLO», для Galileo – «GAL», для BeiDou – «BDT», для QZSS – «QZS», для международного атомного времени – «TAI»
13	X	Пробел
14-16	A3	Символы ссс
17-36	(X,A4) ×4	Символы сsss
37-60	(X,A5) ×4	Символы sssss

Таблица В.7 - SP3 строка 14 или 2-я строка с символами %с при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы %с
3-8	(X,A2) ×2	Символы сс
9-16	(X,A2) ×2	Символы ссс
17-36	(X,A4) ×4	Символы сsss
37-60	(X,A5) ×4	Символы sssss

Таблица В.8 - SP3 строка 15 или 1-я строка с символами %f при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символ %f
3	X	Пробел
4-13	F10.7	Базовое число для координат/скоростей (мм или 10^{-4} мм/сек)
14	X	Пробел
15-26	F12.9	Базовое число для поправки часов/показателя изменения поправки часов (пс или 10^{-4} пс/сек)
27	X	Пробел
28-41	F14.11	14-символьное вещественное число (_0.000000000000)
42	X	Пробел
43-60	F18.15	18- символьное вещественное число (_0.0000000000000000)

Таблица В.9 - SP3 строка 16 или 2-я строка с символами %f при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы %f
3	X	Пробел
4-13	F10.7	10- символьное вещественное число
14	X	Пробел
15-26	F12.9	12- символьное вещественное число
27	X	Пробел
28-41	F14.11	14- символьное вещественное число
42	X	Пробел
43-60	F18.15	18- символьное вещественное число

Таблица В.10 - SP3 строки 17-18 или строки с символами %i при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы %i
3-22	(X,I4) ×4	4- символьное целое число
23-50	(X,I6) ×4	6- символьное целое число
51	X	Пробел
52-60	I9	9- символьное целое число

Таблица В.11 - SP3 строки 19-22 или строки с символами %i при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1-2	A2	Символы /*
3	X	Пробел
4-60	A55	Комментарий

Таблица В.12 - SP3 строка 23 (заголовок эпохи) или строка с символом * при представлении данных по нескольким ГНСС

Колонка	Формат	Описание
1	A1	Символ *
2-3	X2	Пробел
4-7	I4	Год
8	X	Пробел
9-10	I2	Месяц
11	X	Пробел
12-13	I2	Число месяца
14	X	Пробел
15-16	I2	Часы
17	X	Пробел
18-19	I2	минуты
20	X	Пробел
21-31	F11.9	Секунды

Таблица В.13 - SP3 строка 24 (Положения и поправки часов) (см. Примеры) и последующие строки

Колонка	Формат	Описание
1	A1	Символ Р
2-4	A1,I2	Идентификатор НКА
5-18	F14.6	X-координата(км)
19-32	F14.6	Y-координата(км)
33-46	F14.6	Z-координата(км)
47-60	F14.6	Поправка к часам (мкс)
61	X	Пробел
62-63	I2	Показатель точности координаты X
64	X	Пробел
65-66	I2	Показатель точности координаты Y
67	X	Пробел
68-69	I2	Показатель точности координаты Z
70	X	Пробел
71-73	I3	Показатель точности поправки часов
74	X	Пробел
75	A1	Флаг события часов (E)
76	A1	Флаг прогнозируемых поправок к ШВ (P)
77-78	X2	Пробелы
79	A1	Флаг проведения орбитального маневра НКА (M)
80	A1	Флаг прогнозных данных положения НКА (P)

Дополнительные сведения формата SP3 версии «с» о точности координат и часов с признаком EP в колонках 1-2 (строка 25), скоростях и скорости изменения часов с признаком V (строка 26), точности скоростей и изменения часов с признаком EV (строка 27) СВО ЭВИ не выдаёт.

Таблица В.14 - SP3 заключительная строка формата (строка 22+(Число эпох)*(ЧислоКА+1)+1)

Колонка	Формат	Описание
1-3	A3	Символы EOF – признак окончания файла

В первой строке во втором столбце находится идентификатор формата (буквенное обозначение в алфавитном порядке), для данного формата – «с». Строка содержит Григорианскую дату и время суток первой эпохи данных, число эпох в файле (до 10 млн), описатель используемых исходных данных, тип орбиты, описатель навигационного центра.

Варианты для описателя используемых для расчёта исходных данных:

u - непосредственные фазовые измерения,
 du – изменение u во времени,
 s – первые разности фазовых измерений (2 приёмника, 1 НКА),
 ds - изменение s во времени,
 d – вторые разности фазовых измерений (2 приёмника, 2 НКА),
 dd - изменение d во времени,
 U - непосредственные кодовые измерения,
 dU – изменение U во времени,
 S – первые разности кодовых измерений (2 приёмника, 1 НКА),
 dS - изменение S во времени,
 D – вторые разности кодовых измерений (2 приёмника, 2 НКА),
 dD - изменение D во времени,
 + - разделитель типов

При использовании комбинации из орбит различных центров допускается вместо этих обозначений использовать слово ORBIT.

В выходных файлах СВО ЭВИ описатель исходных данных имеет вид "u+U" или "d" (в зависимости от варианта расчета).

Данные в 47-51 колонках 1-й строки (система координат) могут содержать признак GSK, означающий Государственную геоцентрическую систему координат (ПЗ90.11), или признак ITRF, означающий Международную Земную систему координат ITRF2014.

Тип орбиты задается 3-символьным описателем. К настоящему времени определены типы: FIT (на интервале уточнения), EXT (экстраполяция или прогноз), BCT (прогноз) и HML (преобразование Гельмерта). В выходных файлах СВО ЭВИ используется тип FIT.

Описатель навигационного центра может содержать до 4-х символов. В качестве описателя навигационного центра для СВО ЭВИ используется SPN.

Данные второй строки содержат:

- номер недели GPS, счет недель ведется от воскресенья 06.01.1980 года (начало нулевой недели GPS) до 1023, после чего счет недель снова ведется от 0 до 1023 и т.д.;
- эпоху первой точки (порции данных) в секундах от начала недели, диапазон изменения от 0 до 604800;
- шаг данных – разность между соседними эпохами данных в файле в секундах, диапазон изменения от 0 до 100000;
- модифицированная юлианская дата (MJD) начала данных (MJD=44244 – модифицированная юлианская дата, соответствующая началу отсчета – 6 января 1980);
- дробная часть суток для эпохи первой точки (порции данных), диапазон изменения от 0 до 1.

В строках с 3 по 7 с признаком «+» приводятся обозначения НКА («R» – ГЛОНАСС, «G» – GPS, «E» – Galileo, «C» – BeiDou, «J» – QZSS) и их идентификаторы (01, 02, ..., 40). Идентификаторы идут без пропусков и продолжаются в последующих строках с признаком «+» при необходимости.

Идентификаторы НКА могут перечисляться по возрастанию. После перечисления всех идентификаторов на оставшихся позициях строк отображаются нули.

В строках с 8 по 12 и во всех остальных строках с признаком «++» находятся характеристики точности орбиты. Величина 0 трактуется как неизвестная точность. Показатели точности орбиты находятся в тех же столбцах в строках 8-12 и с признаком «++», что и идентификаторы НКА в строках 3-7 и с признаком «+». Точность орбиты рассчитывается через степень 2. Например, если показатель точности равен 13, то точность орбиты равна 2^{13} мм или 8 м. Показатель соответствует 1 СКО, рассчитанному для данного НКА по всему файлу.

Строка 13 или 1-я строка с символами %с (при представлении данных по нескольким ГНСС) имеет вид:

%с ft сс XXX ссс сsss сsss сsss сsss сsss сsss сsss сsss ,

где:

ft - 2-символьном поле, в которое помещается один символ с левым выравниванием, обозначаемый как:

M - для файлов, содержащих данные по нескольким ГНСС,

G - только данные по GPS,

R - только данные по ГЛОНАСС,

E – только данные по Galileo,

C – только данные по BeiDou,

J – только данные по QZSS,

XXX – вариант временной привязки данных в файле:

UTC - к шкале времени UTC(SU),

GPS - к шкале времени GPS,

GLO - к шкале времени ГЛОНАСС,

GAL - к шкале времени Galileo,

BDT – к шкале BeiDou,

QZS – к шкале QZSS,

TAI – к шкале международного атомного времени.

СВО ЭВИ выдаёт файлы с привязкой к шкале UTC(SU) или GPS.

Строка 14 или 2-я строка с символами %с (при представлении данных по нескольким ГНСС) имеет вид:

%с сс сс ссс ссс сsss сsss сsss сsss сsss сsss сsss сsss .

Строка 15 или 1-я строка с символами %f при представлении данных по нескольким ГНСС содержит базовые числа для расчета СКО координат, скорости, поправки часов и показателя изменения поправки часов НКА. Для повышения точности расчета параметров орбиты используется степень числа 1,25. Например, если показатель точности для координаты X равен 18, то точность данной координаты будет равна $1,25^{18}$ мм или 0,055 м. Для определения точности поправки часов используется степень 1,025. Например, если показатель точности равен 219, то точность поправки часов равна $1,025^{219} = 223$ пс. Показатели точности располагаются в колонках с 62 по 73 строк, в которых приведены уточнённые координаты или скорости НКА (строка 24).

Строка 16 или 2-я строка с символами %f при представлении данных по нескольким ГНСС содержат нулевые вещественные числа.

Строки 17-18 или строки с символами %i при представлении данных по нескольким ГНСС содержат нулевые целые числа.

В строках 19-22 или в строках с символами %i при представлении данных по нескольким ГНСС содержатся комментарии в свободном формате. При выдаче данных по НКА ГЛОНАСС в строках комментариев помимо общей текстовой информации, раскрывающей общую смысловую нагрузку данных, выдаются выносы фазового центра передающей антенны беззапросного источника навигационного сигнала НКА ГЛОНАСС:

- X-OFFSET (M) – вынос по оси X связанной с НКА системы координат, м;
- Y-OFFSET (M) – вынос по оси Y связанной с НКА системы координат, м.

В строке 23 (заголовок эпохи) или строка с символом * при представлении данных по нескольким ГНСС содержится заголовок первой эпохи.

В строке 24 и последующих строках содержатся координаты, поправка часов НКА, показатели точности соответственно координат и поправки часов, и флаги, характеризующие представленные данные. Первый символ «Р» означает, что это строка, содержащая координаты. Точность представления орбитальных данных составляет 1 мм. Все данные в км. Поправки часов даются в мкс с точностью до 1 пс. Недостоверные или отсутствующие данные координат записываются как 0.000000. Недостоверные или отсутствующие поправки часов записываются как 999999.999999. Ввиду того, что СВО ЭВИ показатели точности не рассчитываются, колонки с 62-й по 73-ю заполняются пробелами.

В случае нарушения непрерывности частотно-временных данных, вызванного переключением БСУ на борту НКА, фразировками БШВ и другими событиями, используется флаг - E. Данный флаг означает, что событие произошло между предшествующей эпохой и текущей, или в текущей эпохе. Пробел вместо флага означает непрерывность частотно-временных данных.

В случае выдачи прогнозных частотно-временных данных, предусмотрено использование флага – Р, пробел вместо флага означает действительные данные.

Также предусмотрен флаг, указывающий на проведение орбитального маневра данным НКА. Флаг М означает, что маневр проводился между предшествующей эпохой и текущей, или в текущей эпохе. Иначе данная область заполняется пробелом.

В случае выдачи прогнозных данных положения НКА, предусмотрено использование флага – Р, пробел означает данные полученные по наблюдениям.

Ниже приведены: пример выходного файла с эфемеридно-временными данными по GPS и ГЛОНАСС, а также пример заголовочной части файла при выдаче данных по системам GPS, ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo.

Пример выходного файла с эфемеридно-временными данными по GPS и ГЛОНАСС.

```

#cP2019 1 10 0 0 0.00000000 96 d GSK FIT SPN
## 2035 345600.00000000 900.00000000 58493 0.00000000000000
+ 54 G01G02G03G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17G18
+ G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30G32R01R02R03R04
+ R05R06R07R08R09R10R11R12R13R14R15R16R17R18R19R20R21
+ R22R23R24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
% c M cc GPS ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
% c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%f 0.0000000 0.000000000 0.00000000000 0.000000000000000
%f 0.0000000 0.000000000 0.00000000000 0.000000000000000
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/*CLK ANT X-OFFSET(M) : 14F113 -2.083
/*CLK ANT Y-OFFSET(M) : 14F113 0.545
/*
/*
* 2019 1 10 0 0 0.00000000
PG 1 6546.167255 -18319.579341 -18108.245242 -142.735905
PG 2 -21674.970295 15145.645765 30.802938 -108.905137
PG 3 -3993.874141 -17648.259867 -19504.107261 176.126553
PG 5 -16485.259086 7219.898655 19476.186186 0.751555
PG 6 -23204.037919 4670.548206 -12035.479906 300.008067
PG 7 -9092.364981 -12519.994644 21843.960277 54.641467
PG 8 6658.762618 -23156.854771 11016.294463 -128.524564
PG 9 -8313.129909 -22952.619667 10408.633880 473.613160
PG10 24217.251343 10744.305928 -2966.949465 138.241490
PG11 6618.250226 -24054.245943 -9966.434885 -677.496212
PG12 319.964084 16650.132170 -20933.832679 277.642075
PG13 -12501.867604 17313.874606 15652.384467 -78.843852
PG14 15123.067266 -1123.270001 -21494.461345 -93.403438
PG15 -3216.693732 24801.523909 8079.339762 -332.884469
PG16 16645.303453 -4966.681781 20056.924779 -11.771833
PG17 -13341.089295 -9715.830600 -20426.603316 -6.939311
PG18 15072.160645 -19297.253152 -10581.487917 14.203600
PG19 -14977.701773 1184.114388 -22199.425417 -365.017380
PG20 21399.508715 14183.610271 6956.363130 520.941008
PG21 12126.023579 10740.781435 21848.428267 -271.985205
PG22 4164.455259 -15427.781508 -20985.367352 -619.096687
PG23 -1974.062499 -26244.961178 1168.692627 -201.010911
PG24 -10225.161998 19719.110077 -14463.516828 -60.582217
PG25 12217.072926 18433.743390 -15089.639554 -703.644332
PG26 22847.527650 861.486430 13650.718025 91.974506
PG27 11813.517489 -15097.878269 18172.743629 -46.322548
PG28 -22396.065865 -14094.088896 -1001.937843 761.443720
PG29 4213.602599 25040.261131 7769.805359 296.786463
PG30 -18935.373771 -4631.293970 18129.539075 -33.352329
PG32 14982.121626 6526.725595 -20918.625066 -281.835120

```



```

PR 1  -4160.954047 -19402.372278 -16041.883364 37.698717
PR 2  -15381.811946 -20078.522413 3116.763878 348.613011
PR 3  -15939.353408 -7885.907537 18299.016308 154.079957
PR 4  -6822.776158 9266.931320 22775.207529 290.714757
PR 5  5701.933098 20302.610811 14370.300930 19.615545
PR 6  16065.872321 19437.032945 -3956.707963 999999.999999
PR 7  15826.065363 7574.463470 -18505.148763 -55.521496
PR 8  7332.340346 -8580.464266 -22830.215995 19.638904
PR 9  17381.581453 7168.921009 -17192.242436 48.177884
PR10  25281.596303 -118.587051 -3098.480621 39.295625
PR11  19290.571105 -8300.367890 14465.452777 -53.004612
PR12  4913.805278 -11007.225161 22484.042869 999999.999999
PR13  -16556.358849 -7135.102043 18028.014945 -18.841398
PR14  -25327.887720 292.689229 3056.752063 34.773624
PR15  -19960.327463 7876.532235 -13763.558961 99.234146
PR16  -2923.122843 11190.422110 -22745.609819 999999.999999
PR17  -12768.005570 3256.414874 -21817.541135 194.889710
PR18  -14324.659722 18284.349226 -10587.767411 29.588810
PR19  -8632.417300 23108.986697 6491.952816 -62.297748
PR20  3383.211851 14053.473376 21042.966430 -365.101114
PR21  12900.502642 -3885.360627 21672.816256 -24.680849
PR22  13917.505160 -19590.069074 8382.062444 -64.324937
PR23  5497.316195 -22361.710653 -10973.597886 202.236586
PR24  -4619.197130 -12729.274877 -21631.261214 -175.870247

```

EOF

Пример заголовочной части файла при выдаче данных по системам GPS, ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo.

```

#сP2019 7 11 0 0 0.00000000 96 u+U GSK FIT SPN
## 2061 345600.00000000 900.00000000 58675 0.000000000
+ 88 G01G02G03G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17G18
+ G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30G31G32R01R02R03
+ R04R05R07R08R09R10R11R12R13R14R15R16R17R18R19R20R21
+ R22R23R24C01C02C03C04C05C06C07C09C10C11C12C13C14E01
+ E02E03E04E05E07E08E09E11E12E13E14E15E18E19E24E26E30
+ E31E33E36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 4 4 4 4 4 4 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4
++ 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 4 4 4 4 4
++ 4 4 4 4 4 4 3 4 4 4 3 4 4 4 4 4
++ 4 3 4 7 7 7 7 4 4 4 5 4 5 4 4 3
++ 3 3 3 3 4 3 3 3 3 3 3 4 3 3 3 3
++ 3 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%с M cc UTC ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc

```

```

%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%f 1.2500000 1.025000000 0.000000000000 0.0000000000000000
%f 0.0000000 0.000000000 0.00000000000 0.0000000000000000
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/*CLK ANT X-OFFSET(M): 14F113 -2.083
/*CLK ANT Y-OFFSET(M): 14F113 0.545
/*
/*
* 2019 7 11 0 0 0.00000000
PG01 -9819.994323 19956.883403 -14460.054788 -63.885623
-----
PR01 17928.855083 17648.314105 4277.576755 46.524252
-----
PC01 -32231.642015 27152.310345 962.397036 821.306995
-----
PE01 -20102.547726 -12644.053205 -17662.027160 -644.430874
-----
* 2019 7 11 0 15 0.00000000
-----

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Формат файлов RINEX-Clock

Формат RINEX-Clock является международным специализированным форматом для передачи поправок к бортовым шкалам времени, переносимым навигационными сигналами НКА. Информация в файле выдается с шагом 30с или 5 минут.

Заголовок файла формата RINEX-Clock содержит: версию RINEX формата, название программы и навигационного центра, создавшего текущий файл, дату его создания, блок комментариев, аббревиатуру центр анализа (3-х символьный указатель) и его полное название, количество бортовых и наземных часов, принявших участие в анализе, эпохи начала и конца анализируемых данных, список фиксируемых в процессе анализа часов и др.

За заголовком следует массив строк (записей), содержащих представляемые поправки к часам с шагом 5 минут (30 секунд). Сегмент представляемых данных содержит: тип данных (AR, AS), имя приемника или спутника (приемник – 4-х символьный указатель, спутник – 3-х символьная строка (Nn, Rnn)), время по шкале UTC(SU) или системной шкале GPS в формате: YYYY MM DD hh mm s.ssssss, число столбцов данных, оценки смещения часов в секундах.

Дополнительно (функционально) могут представляться: СКО оценок смещения часов (в секундах), нормы оценок смещения часов (б/р), нормы СКО оценок смещения часов (б/р), дрейф часов (за секунду), СКО дрейфа часов (за секунду).

Подробное описание представляемых данных в файлах RINEX-Clock и форматы их представления приведены в таблицах Г.1 и Г.2.

Таблица Г.1 – Заголовок файла формата RINEX-Clock

ЗАГОЛОВОК			
Метка заголовка (колонки 61-80)	Описание	Формат	
RINEX VERSION / TYPE	Версия формата (2.00)	F9.2,11X,	
	Тип файла ("C" – данные часов)	A1,39X	
PGM / RUN BY / DATE	Программа – создатель файла	A20	
	Агентство – создатель файла	A20	
	Дата создания	A20	

* COMMENT	Строка (строки) комментариев.	A60	*
	В строках комментариев помимо общей		
	текстовой информации, раскрывающей		
	общую смысловую нагрузку данных, выдаются		
	выносы фазового центра передающей антенны		
	беззапросного источника навигационного		
	сигнала для разных типов НКА ГНСС		
	ГЛОНАСС:		
	- X-OFFSET (M) - вынос по оси X связанной		
	с НКА системы координат, м;		
	- Y-OFFSET (M) - вынос по оси Y связанной		
	с НКА системы координат, м;		
* LEAP SECONDS	Количество "скачущих секунд", начиная с	I6	*
	6 января 1980 года (для перехода		
	к ШВ UTC)		
# / TYPES OF DATA	Количество различных типов данных,	I6	
	представленных в файле		
	Список типов данных	5 (4X, A2)	
	В файлах СПН МО передаются следующие		
	типы данных, определенные в RINEX		
	(версия 2):		
	"AR": поправки к ШВ приемников,		
	относительно фиксируемой ШВ;		
	"AS": поправки к ШВ спутников,		
	относительно фиксируемой ШВ.		
ANALYSIS CENTER	Центр анализа данных:		
	- 3-х символный идентификатор;	A3, 2X	
	- полное наименование.	A55	
# OF CLK REF	Количество фиксируемых часов	I6, 1X	
	(или спутниковых, или часов приемников),		
	перечисленных в "ANALYSIS CLK REF"		
	- начальная эпоха:		
	год (4 цифры), месяц, день, часы, минуты,	I4, 4I3,	
	секунды;	F10.6, 1X	
	- конечная эпоха:		
	год (4 цифры), месяц, день, часы, минуты,	I4, 4I3,	
	секунды.	F10.6	
ANALYSIS CLK REF	Список фиксируемых часов (ШВ)		
	(для перечисленных в предыдущей записи):		
	- имя приемника или спутника, часы	A4, 1X	
	которого фиксируются;		
	уникальный идентификатор	A20, 15X,	

	фиксируемых часов (преимущественно DOME\$-номер для приемников).	
	Дополнительно: ненулевое расхождение ШВ фиксируемых часов и базовой ШВ (в секундах)	E19.12,1X
+-----+-----+-----+		
# OF SOLN STA / TRF	Количество приемников, представленных в блоке данных (включая фиксируемый, если поправка к его ШВ имеет ненулевое значение)	I6,4X,
	Реализация земной референцной СК	A50
+-----+-----+-----+		
SOLN STA NAME / NUM	Для каждой станции (приемника) включена одна запись, содержащая:	
	- 4-х символьное имя станции (приемника);	A4,1X,
	- уникальный идентификатор станции (приемника), преимущественно DOME\$-номер;	A20,15X,
	- геоцентрические координаты станций (в мм).	I11,X,
		I11,X,
+-----+-----+-----+		
# OF SOLN SATS	Количество спутников, представленных в блоке данных, следующем за заголовком	I6,54X
+-----+-----+-----+		
PRN LIST	Список всех спутников в файле. Имя каждого спутника представляется 3-х символьной строкой:	15 (A1,I2,1X)
	- "Gnn", где nn - это PRN номер для GPS спутников;	
	- "Rnn", где nn - это номер в альманахе (номер системной точки) для спутников ГЛОНАСС.	
+-----+-----+-----+		
END OF HEADER	Конец заголовка	60X
+-----+-----+-----+		

Записи, помеченные символом *, являются дополнительными (необязательными).

Таблица Г.2 – Блок данных файла формата RINEX-Clock

+-----+-----+-----+		
	БЛОК ДАННЫХ	
+-----+-----+-----+		
Запись	Описание	Формат
+-----+-----+-----+		
TYPEPOCH/CLK	Тип данных (AR, AS)	A2,1X,
	Имя приемника или спутника	A4,1X,
	(Приемник - 4-х символьный идентификатор, спутник - 3-х символьный идентификатор, см. секцию "PRN LIST" заголовка)	
	Эпоха данных:	
	год (4 цифры), месяц, день, часы, минуты, секунды.	I4,4I3,
		F10.6,

		Количество столбцов с данными		I3,3X,	
		Данные, которые могут содержать:			
		- поправку к часам (сек);		E19.12,X	
		- СКО поправки к часам [функционально] (сек).		E19.12	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
	TYP/EPOCH/CLK	Ход часов [функционально] (б/р)		E19.12,X,	
	(CONT)	СКО хода часов [функционально] (б/р)		E19.12,X,	
		Ускорение часов [функционально] (1/сек)		E19.12,X,	
		СКО ускорения часов [функционально] (1/сек)		E19.12	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					

```

+-----+
|                                     ПРИМЕР                                     |
+-----+

```

```

2.00          CLOCK DATA          RINEX VERSION / TYPE
          SVI          12/02/2020 13:38      PGM / RUN BY / DATE
CLK ANT X-OFFSET(M): 11F654 -1.620; 14F113 -2.083      COMMENT
CLK ANT Y-OFFSET(M): 11F654 0.000; 14F113 0.545      COMMENT
THE GLONASS CLOCKS ARE ALIGNED TO GLONASS TIME      COMMENT
18          LEAP SECONDS
1      AS      # / TYPES OF DATA
SVI          ANALYSIS CENTER
1 2020 02 07 0 0 0.000000 2020 02 07 23 55 0.000000# OF CLK REF
WTRZ          ANALYSIS CLK REF
52          # OF SOLN SATS
G01 G02 G03 G05 G06 G07 G08 G09 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 PRN LIST
G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25 G26 G27 G28 G29 G30 G31 PRN LIST
G32 R01 R02 R03 R04 R05 R07 R08 R09 R11 R12 R13 R14 R15 R16 PRN LIST
R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23      PRN LIST
          END OF HEADER

AS G01 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.286776896206E-03
AS G02 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.400091625225E-03
AS G03 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.887188010933E-04
AS G05 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.720812899770E-05
AS G06 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.202033555958E-03
AS G07 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.208839828007E-03
AS G08 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.228684120172E-04
AS G09 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.149831338054E-03
AS G10 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.236280627989E-03
AS G11 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.368460714574E-03
AS G12 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .154064973550E-03
AS G13 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.146707914419E-04
AS G14 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.340741842921E-04
AS G15 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.253342041860E-03
AS G16 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.121715775677E-03
AS G17 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .211721978773E-03
AS G18 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .125907303918E-05
AS G19 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.202170498222E-03
AS G20 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .527846095285E-03
AS G21 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.447415912512E-04
AS G22 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.784060773616E-03
AS G23 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.138074758886E-03
AS G24 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.868121906007E-05
AS G25 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.140163511391E-04
AS G26 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .143105307071E-03
AS G27 2020 02 07 00 00 0.000000 1 -.203634603522E-03
AS G28 2020 02 07 00 00 0.000000 1 .740802108762E-03

```

AS G29	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.266453242518E-04
AS G30	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.147109026829E-03
AS G31	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.215338107546E-04
AS G32	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.205605564584E-03
AS R01	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.567179743689E-04
AS R02	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.410647459418E-03
AS R03	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.960006894784E-05
AS R04	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.379175445357E-04
AS R05	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.445552884942E-04
AS R07	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.328860301342E-04
AS R08	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.503655767802E-04
AS R09	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.115474623705E-03
AS R11	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.125989952916E-04
AS R12	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.103506813534E-03
AS R13	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.344665055865E-04
AS R14	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.478703356237E-04
AS R15	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.105877705024E-03
AS R16	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.134711677143E-05
AS R17	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.298835572407E-03
AS R18	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.242257819324E-04
AS R19	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.778103704797E-04
AS R20	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.403430003209E-03
AS R21	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.103220674145E-03
AS R22	2020 02 07 00 00	0.000000	1	-.129536022939E-04
AS R23	2020 02 07 00 00	0.000000	1	.284745579955E-03

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Формат файлов ПВЗ

Формат Standart EOP finals является международным специализированным форматом для передачи параметров вращения Земли. Информация в файле представляет собой строки, каждая из которых содержит 185 колонок. Описание структуры строк приведено в таблице Д.1.

Таблица Д.1– Структура строк формата Standart EOP finals

Колонка	Формат	Описание
1-2	I2	Две последние цифры года
3-4	I2	Месяц
5-6	I2	День
7	X	Пробел
8-15	F8.2	MJD – модифицированная юлианская дата
16	X	Пробел
17	A1	Признак расчетных (S) или прогнозных (P) предварительных значений координат полюса
18	X	Пробел
19-27	F9.6	Предварительные значения координаты полюса Xp (угл. секунды)
28-36	F9.6	Ошибка Xp (угл. секунды)
37	X	Пробел
38-46	F9.6	Предварительные значения координаты полюса Yp (угл. секунды)
47-55	F9.6	Ошибка Yp (угл. секунды)
56-57	2X	Пробел
58	A1	Признак расчетных (S) или прогнозных (P) предварительных значений UT1-UTC (SU)
59-68	F10.7	Предварительные значения UT1-UTC (SU) (секунды)
69-78	F10.7	Ошибка предварительных значений UT1-UTC (SU) (секунды)
79	X	Пробел
80-86	F7.4	LOD (миллисекунды) – заполняется только при признаке (S)

Колонка	Формат	Описание
87-93	F7.4	Ошибка LOD (миллисекунды) – заполняется только при признаке (S)
94-95	2X	Пробел
96	A1	Признак расчетных (S) или прогнозных (P) предварительных значений нутации
97	X	Пробел
98-106	F9.3	Предварительные значения dPSI (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда (при признаке (S) и отсутствии данных выставляется (.0))
107-115	F9.3	Ошибка dPSI (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда (при признаке (S) и отсутствии данных выставляется (.0))
116	X	пробел
117-125	F9.3	Предварительные значения dEPSILON (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда (при признаке (S) и отсутствии данных выставляется (.0))
126-134	F9.3	Ошибка dPSI (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда (при признаке (S) и отсутствии данных выставляется (.0))
135-144	F10.6	Апостериорные значения координаты полюса Xp (угл. секунды)
145-154	F10.6	Апостериорные значения координаты полюса Yp (угл. секунды)
155-165	F11.7	Апостериорные значения UT1-UTC (SU) (секунды)
166-175	F10.3	Апостериорные значения dPSI (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда
176-185	F10.3	Апостериорные значения dEPSILON (угл. миллисекунды) – заполняется не всегда

Пример – строка файла формата Standart EOP finals

```
4 113 53748.00 S .048464 .000026 .380579 .000060 S .3337607 .0000067 -
0.2739 0.0045 S 0.091 0.081 -0.368 0.340 .048540 .380360
.3337680 0.039 -0.346
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Формат файлов ATX

Технологические данные измерительных средств и данные о параметрах выносов фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций

Для обмена технологическими данными измерительных средств, и данными по выносам фазовых центров излучающих антенн НКА и их вариаций используется универсальный международный формат ANTEX. Описание формата ANTEX-файлов приведено в таблице Е.1.

Таблица Е.1 - Технологические данные по НКА и ИС (формат строк файла)

Метка заголовка (Столбцы 61-80)	Описание	Формат
ANTEX VERSION / SYST	Версия формата файла. Тип спутниковой системы в файле: «G» – GPS; «R» – ГЛОНАСС; «E» – Galileo; «C» – BeiDou; «S» – SBAS; «M» – смешанная.	F8.1,12X, A1,39X
PCV TYPE / RE7FANT	Вид поправок к координатам фазовых центров антенн в файле: «A» – абсолютные значения; «R» – относительные значения. Тип опорной антенны для относительных значений поправок к координатам фазовых центров антенн (может отсутствовать). Серийный номер опорной антенны (может отсутствовать).	A1,19X, A20, A20
COMMENT(*)	Комментарии	A60
END OF HEADER	Конец заголовка	60X
START OF ANTENNA	Начало блока данных по антенне	60X
TYPE / SERIAL NO	Для антенны наземной станции: – тип антенны, определенный IGS и шифр обтекателя антенны; – серийный номер; – набор пробелов; – набор пробелов. Для антенны НКА: – тип антенны, определенный IGS;	A20, A20, A10, A10 A20,

Метка заголовка (Столбцы 61-80)	Описание	Формат
	<p>– шифр НКА <sNN>: s – флаг принадлежности к определенной системе («G» – GPS, «R» – ГЛОНАСС, «E» – Galileo, «C» – BeiDou, «S» – SBAS); NN – номер PRN для GPS и BeiDou, системный номер для ГЛОНАСС, номер SVID для Galileo, номер (PRN – 100) для SBAS;</p> <p>– шифр НКА <sNNN> (могут быть пробелы): s – флаг принадлежности к определенной системе («G» – GPS, «R» – ГЛОНАСС, «E» – Galileo, «C» – BeiDou, «S» – SBAS); NNN – номер SVN для GPS, условный номер для ГЛОНАСС, номер GSAT для Galileo, пробелы для BeiDou и SBAS;</p> <p>– международный номер НКА <YYYY–XXA> (могут быть пробелы): YYYY – год запуска космического аппарата; XXX – сквозной номер запуска в году; A – буквенный, последовательный идентификатор НКА внутри одного запуска.</p>	<p>A20,</p> <p>A10,</p> <p>A10</p>
METH / BY / # / DATE	<p>Метод калибровки (или пробелы). Имя центра. Количество индивидуальных калибровочных антенн. Дата.</p>	<p>A20,</p> <p>A20,</p> <p>I6,4X,</p> <p>A10</p>
DAZI	<p>Шаг по азимуту (градусы):</p> <p>– при независимости поправок к координатам фазового центра антенны от азимута, значение равно «0.0»;</p> <p>– при значении поля отличного от «0.0», интервал выдачи поправок от 0 до 360 градусов с шагом равным значению поля.</p>	<p>2X,F6.1, 52X</p>
ZEN1 / ZEN2 / DZEN	<p>Для антенны наземной станции:</p> <p>– объявление сетки по вертикальному углу: интервал от значения ZEN1 до</p>	<p>2X,3F6.1, 40X</p>

Метка заголовка (Столбцы 61-80)	Описание	Формат
	<p>значения ZEN2 с шагом DZEN (в градусах). Значение DZEN > 0.0. Значение ZEN2 > значение ZEN1. Значения ZEN1 и ZEN2 всегда кратны значению DZEN (обычно DZEN = 5.0 градусов).</p> <p>Для антенны НКА:</p> <p>– объявление сетки по углу надира: интервал от значения ZEN1 до значения ZEN2 с шагом DZEN (в градусах). Значение DZEN > 0.0. Значение ZEN2 > значение ZEN1. Значения ZEN1 и ZEN2 всегда кратны значению DZEN (обычно DZEN = 1.0 градус).</p>	2X,3F6.1, 40X
# OF FREQUENCIES	Количество частот, по которым приведены поправки к координатам фазового центра в блоке данной антенны.	I6,54X
VALID FROM(*)	Начало срока действия (работы) приведенных данных в шкале времени GPS (4 – цифры года, месяц, день, часы, минуты, секунды).	5I6,F13.7, 17X
VALID UNTIL(*)	Окончание срока действия (работы) приведенных данных в шкале времени GPS (4 – цифры года, месяц, день, часы, минуты, секунды).	5I6,F13.7, 17X
SINEX CODE(*)	Имя калибровочной модели, используемой в SINEX формате (предназначается опорной антенне).	A10,50X
COMMENT(*)	Комментарии	A60
START OF FREQUENCY	<p>Начало новой секции данных по частоте излучения сигнала:</p> <p>для GPS: «G01» – L1, «G02» – L2, «G05» – L5;</p> <p>для ГЛОНАСС: «R01» – G1, «R02» – G2;</p> <p>для Galileo: «E01» – E1, «E05» – E5a, «E07» – E5b, «E08» – E5 (E5a+ E5b), «E06» – E6;</p> <p>для BeiDou: «C01» – E1, «C02» – E2, «C07» – E5b, «C06» – E6;</p> <p>для SBAS: «S01» – L1, «S02» – L2.</p> <p>Секция данных по частоте излучения</p>	3X,A1, I2,54X

Метка заголовка (Столбцы 61-80)	Описание	Формат
	<p>сигнала содержит отклонения от среднего значения фазового центра антенны и модельных значений.</p> <p>Никакие другие типы записей или комментарии не могут встречаться в секции данных по частоте излучения сигнала.</p>	
NORTH / EAST / UP	<p>Для антенны наземной станции:</p> <p>– отклонения от среднего значения фазового центра антенны относительно опорной точки антенны (в направлениях «север», «восток», «высота» [миллиметры]).</p> <p>Для антенны НКА:</p> <p>– средние значения отклонения фазового центра антенны относительно центра масс НКА (в направлениях «Yсв», «Zсв», «Xсв» [миллиметры]).</p>	<p>3F10.2, 30X</p> <p>3F10.2, 30X</p>
(Значения модели, независимой от угла азимута)	<p>Флаг «NOAZI» сигнализирует о наличии в данной строке значений модели, независимой от угла азимута, для блока указанной частоты (присутствует и в случае объявления DAZI > 0.0).</p> <p>Значения модели приведены в миллиметрах от значения угла ZEN1 до ZEN2 с шагом DZEN.</p> <p>Всегда одна строка.</p>	3X,A5, mF8.2
(Значения модели, зависящей от угла азимута)(*)	<p>Присутствует в случае объявления DAZI > 0.0.</p> <p>Первое значение в каждой строке – значения угла азимута. Далее следует значения модели в миллиметрах от значения угла ZEN1 до ZEN2 с шагом DZEN.</p> <p>Все значения модели для одного угла азимута приведены в одной строке.</p>	F8.1, mF8.2
END OF FREQUENCY	Конец очередной секции данных по частоте излучения сигнала.	3X,A1,I2, 54X
START OF FREQ RMS(*)	<p>Начало новой секции данных RMS, связанных с определенной выше частотой излучения сигнала.</p> <p>Секция данных содержит RMS значения</p>	3X,A1,I2, 54X

Метка заголовка (Столбцы 61-80)	Описание	Формат
	отклонений от среднего значения фазового центра антенны и модельных значений. Никакие другие типы записей или комментарии не могут встречаться в данной секции.	
NORTH / EAST / UP(*)	RMS отклонений (в миллиметрах).	3F10.2, 30X
(RMS значения модели, независимой от угла азимута)(*)	Флаг «NOAZI» сигнализирует о наличии в данной строке RMS значений модели, независимой от угла азимута, для блока указанной частоты. Значения приведены в миллиметрах от значения угла ZEN1 до ZEN2 с шагом DZEN. Всегда одна строка.	3X,A5, mF8.2
(RMS значения модели, зависящей от угла азимута)(*)	Присутствует в случае объявления DAZI> 0.0. Первое значение в каждой строке – значения угла азимута. Далее следуют RMS значения модели в миллиметрах от значения угла ZEN1 до ZEN2 с шагом DZEN. Все RMS значения модели для одного угла азимута приведены в одной строке.	F8.1, mF8.2
END OF FREQ RMS(*)	Запись, сигнализирующая об окончании очередной секции данных RMS по частоте излучения сигнала.	3X,A1,I2, 54X
END OF ANTENNA	Запись, сигнализирующая об окончании блока данных по антенне.	60X

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный сигнал в диапазонах L1, L2 (Редакция 5.1). - Москва, 2008.
2. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L1. Редакция 1.0. – Москва, 2016.
3. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L2. Редакция 1.0. – Москва, 2016.
4. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L3. Редакция 1.0. – Москва, 2016.
5. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Общее описание системы с кодовым разделением сигналов. Редакция 1.0. – Москва, 2016.
6. Interface Control Document: NAVSTAR GPS Space Segment/Navigation User Interfaces (ICD-GPS-200C), US DOD, IRN -200c-005R1, 14 Jan, 2003.
7. NAVSTAR GLOBAL POSITIONING SYSTEM. INTERFACE SPECIFICATION. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces. IS-GPS-200 Revision D, 7 December 2004.
8. NAVSTAR GLOBAL POSITIONING SYSTEM. INTERFACE SPECIFICATION, IS-GPS-200, Revision D, IRN-200D-001, 7 March 2006. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces.
9. GLOBAL POSITIONING SYSTEM DIRECTORATE SYSTEMS ENGINEERING & INTEGRATION. INTERFACE SPECIFICATION IS-GPS-200G. Navstar GPS Space Segment / Navigation User Segment Interfaces. 5-SEP-2012.
10. GLOBAL POSITIONING SYSTEM DIRECTORATE. SISTEMS ENGINEERING & INTEGRATION. INTERFACE SPECIFICATION IS-GPS-200. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces. IS-GPS-200H, 24-Sep-2013.
11. GLOBAL POSITIONING SYSTEM DIRECTORATE. SISTEMS ENGINEERING & INTEGRATION. INTERFACE SPECIFICATION IS-GPS-705. Navstar GPS Space Segment/User Segment L5 Interface. IS-GPS-705D, 24-Sep-2013.

12. GLOBAL POSITIONING SYSTEM DIRECTORATE. SYSTEMS ENGINEERING & INTEGRATION. INTERFACE SPECIFICATION. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment Interfaces. IS-GPS-200K, 4-MAR-2019.

13. European GNSS (Galileo) Open Service. Signal In Space. Interface Control Document. Navigation solutions powered by Europe. OS SIS ICD, Issue 1.2, European Union, 2014.

14. European GNSS (Galileo) Open Service. Signal In Space. Interface Control Document. Navigation solutions powered by Europe. OS SIS ICD, Issue 1.3, European Union, 2016.

15. EUROPEAN GNSS (GALILEO) OPEN SERVICE. SIGNAL-IN-SPACE. OPERATIONAL STATUS DEFINITION. ISSUE 1.1. JULY 2016.

16. BeiDou Navigation Satellite System. Signal In Space. Interface Control Document. Open Service Signal (Version 2.1). China Satellite Navigation Office. November 2016.

17. BeiDou Navigation Satellite System. Signal In Space. Interface Control Document. Open Service Signal B1C (Version 1.0) . China Satellite Navigation Office. December 2017.

18. BeiDou Navigation Satellite System. Signal In Space. Interface Control Document. Open Service Signal B2a (Version 1.0) . China Satellite Navigation Office. December 2017.

19. BeiDou Navigation Satellite System. Signal In Space. Interface Control Document. Open Service Signal B3I (Version 1.0) . China Satellite Navigation Office. February 2018.

20. International Terrestrial Reference frame. – <https://itrf.ensg.ign.fr>

21. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ. – М.: ВТУ ГИИ ВС РФ, 2014.

22. Z. Altamimi, L. Metivier, P. Rebischung, H. Rouby, X. Collilieux. ITRF2014 Plate Motion Model. Geophysical Journal International 209(3), March 2017.

23. RTCM STANDARD 10403.3. DIFFERENTIAL GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS) SERVICES - VERSION 3, RTCM SPECIAL COMMITTEE NO. 104. OCTOBER 7, 2016.

24. RTCM STANDARD 10410.1. NETWORKED TRANSPORT OF RTCM via INTERNET PROTOCOL (Ntrip) - Version 2.0, RTCM SPECIAL COMMITTEE NO. 104, 2011.

25. Standard Product #3 ASCII SP3 Format.
https://ngs.noaa.gov/orbits/SP3_format.html
26. RINEX Extensions to Handle Clock Information. Jim Ray, US Naval Observatory, Werner Gurtner, University of Berne (Initial version, 27 August 1998).
27. Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП). Интерфейсный контрольный документ (редакция 3.0). – М.: ОАО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения», 2011.
28. Аппаратнонезависимый формат обмена навигационными данными версия 2.11 Вернер Гуртнер (Werner Gurtner) Астрономический институт, Университет Берна, Лоу Исти (Lou Estey) "UNAVCO", Боулдер, Колорадо. 10 декабря 2007 г. Перевод на русский язык: Чукин В. В., Кононова Е. А. Российский государственный гидрометеорологический университет. 27 октября 2008.
29. RINEX. The Receiver Independent Exchange Format. Version 3.04. International GNSS Service (IGS), RINEX Working Group and Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104 (RTCM-SC104), November 23, 2018.
30. SINEX Solution (Software/technique) Independent Exchange format Version 2/02 (December 01, 2006). IERS Message №103 December 4, 2006.
31. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов, Москва, Наука, 1986.
32. Kouba J. A GUIDE TO USING INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) PRODUCTS. [РУКОВОДСТВО ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДАННЫХ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЛУЖБЫ ГНСС (IGS)].
<https://acc.org/UsingIGSProductsVer2.1.pdf>
33. Методические указания. Спутники Земли искусственные. Основные системы координат для баллистического обеспечения полетов и методика расчета звездного времени. РД 50-25645.325-89. Москва, Изд. Стандартов, 1990.
34. WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS84). –
<https://confluence.gps.nl/qinsy/en/world-geodetic-system-1984-wgs84-29855173.html>

[illegible]