
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
(проект,
окончательная
редакция)

Система радионавигационная «Чайка»
ФОРМАТ ПЕРЕДАЧИ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ
ИНФОРМАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ГЛОБАЛЬНЫХ
НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Общие технические требования

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Стандартинформ
2021

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 "Межгосударственная система стандартизации. Основные положения" и ГОСТ 1.2 "Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены.

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией дополнительного профессионального образования «Учебный центр «ВНИИС» (АНО ДПО «Учебный центр «ВНИИС») и Акционерным обществом «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация» (АО «НТЦ «Интернавигация»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по результатам голосования (протокол от _____ 20__ г. № ____)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ 20__ г. № ____-ст межгосударственный стандарт ГОСТ _____ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____ 20__ г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация также будет опубликована в сети Интернет на сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге "Межгосударственные стандарты".

В Российской Федерации информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты", а текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемых информационных указателях "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru)

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ № _____ -ст национальный стандарт ГОСТ Р 53169–2008 отменен с _____ 2021 г.

© Стандартиформ, 2021

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации

Содержание

- 1 Область применения
 - 2 Термины, определения и сокращения
 - 3 Формат передачи контрольно-корректирующей информации
 - 4 Условия применения альтернативных технологий передачи контрольно-корректирующей информации по радиоканалу ИФРНС «Чайка»
- Приложение А
Приложение Б
Библиография

Введение

Точность и целостность глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) могут быть значительно улучшены путем передачи дифференциальных поправок и других данных.

С этой целью могут быть задействованы радионавигационные тракты импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС).

Международный союз электросвязи (МСЭ, ITU) рекомендует [1] использовать при передаче дифференциальных поправок по радионавигационному тракту ИФРНС формат сигнала системы «Еврофикс» (EUROFIX) [2].

Применение технологии «Еврофикс» или альтернативных технологий в отечественной ИФРНС «Чайка» и аналогичной зарубежной системе Loran-C обеспечивает передачу контрольно-корректирующей информации (ККИ) для дифференциальных подсистем ГНСС на расстояние до 600–1000 км, а также иных информационных сообщений – не менее 2000 км.

Соответствующая модуляция радиосигналов ИФРНС «Чайка» и Loran-C позволяет этим системам передавать информационные сообщения без снижения эффективности навигационной функции по основному назначению.

Данная возможность создает основу для построения региональных дифференциальных подсистем ГНСС на базе передающих станций ИФРНС «Чайка» и контрольно-корректирующих станций (ККС) дифференциальной подсистемы ГНСС.

В государствах - участниках Содружества Независимых Государств (СНГ) и других странах мира происходит значительное расширение круга производителей и потребителей аппаратуры, заинтересованных в развитии навигационных сервисов на базе модернизированных ИФРНС «Чайка» и Loran-C.

Разработка межгосударственного стандарта на формат передачи ККИ, поставляемой потребителям ГНСС посредством информационного канала ИФРНС «Чайка», призвана обеспечить согласованное развитие радионавигационных систем государств – участников СНГ.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Система радионавигационная «Чайка»
ФОРМАТ ПЕРЕДАЧИ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ
ИНФОРМАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ
Общие технические требования

Chayka radionavigation system.

Format of reference data transmission for global navigational satellite systems users.

General technical requirements

Дата введения—20xx—xx—xx

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на формат передачи контрольно-корректирующей информации (ККИ), транслируемой потребителям ГНСС в составе навигационного сигнала ИФРНС «Чайка», и устанавливает условия использования навигационного сигнала ИФРНС «Чайка» в целях передачи ККИ.

2 Термины, определения и сокращения

2.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

2.1.1 радионавигационная **система «Чайка»**; РНС «Чайка»: Наземная импульсно-фазовая разностно-дальномерная радиосистема дальней навигации, функционирующая в НЧ диапазоне на частоте, определенной международными соглашениями, имеющая в составе наземные средства формирования радионавигационного поля, пункты контроля и управления, а также навигационную аппаратуру потребителей, обеспечивающие на борту объекта навигации определение местоположения и времени.

2.1.2 **радионавигационная система**; РНС (Radio navigation system; RNS): Радиотехнический комплекс, имеющий в составе средства формирования радионавигационного поля, размещенные в радионавигационных точках, и навигационную аппаратуру потребителей, обеспечивающие на борту объекта навигации получение навигационной информации в границах объявленной зоны обслуживания.

2.1.3 **радионавигационное поле**; (Radio navigation field; RNF): Электромагнитное поле, создаваемое совокупностью радионавигационных сигналов в обслуживаемом радионавигационной системой пространстве,

позволяющее проводить измерения навигационных параметров и определение местоположения, составляющих вектора скорости и времени.

2.1.4 радионавигационная точка; РНТ (Radio navigation point; RNP): Пункт с известными координатами, находящийся на поверхности Земли, в приземном или космическом пространстве, в котором размещена радиотехническая аппаратура, излучающая или принимающая сигналы, относительно которого определяются элементы движения и положения подвижного объекта.

2.1.5 радионавигационный сигнал (Radio navigation signal): Радиосигнал, излучаемый передающей станцией РНС и несущий навигационную информацию или информацию о радионавигационном параметре.

2.1.6 радионавигационный параметр; РНП (Radio navigation parameter; RNP): Параметр или соотношение параметров радионавигационного поля, используемые для определения навигационного параметра радионавигационной системы, связанные с последним известной функциональной зависимостью.

2.1.7 навигационный параметр; НП (Navigation parameter; NP): величина, являющаяся функцией координат объекта навигации и обозначающая взаимное расположение объекта навигации и опорного средства системы (ориентира), которую измеряют для определения местоположения.

Примечание – Навигационными параметрами в РСДН являются расстояние или разность расстояний относительно радионавигационных точек.

2.1.8 импульсно-фазовая РНС; ИФРНС (Pulse-phase RNS): Радионавигационная система, в которой для определения радионавигационных параметров используются огибающие радиоимпульсов и фаза (разность фаз) высокочастотного заполнения радиоимпульсов.

2.1.9 разностно-дальномерная РНС; гиперболическая РНС (Hyperbolic RNC): Радионавигационная система, навигационным параметром в которой является разность расстояний от объекта навигации до двух разнесенных в пространстве радионавигационных точек.

2.1.10 объект навигации: Материальный объект, на котором решается задача перемещения из одной точки пространства в другую в заданное время по траектории, обусловленной характером задачи и условиями ее выполнения.

Примечание – Под объектами навигации в данном стандарте подразумеваются воздушные, морские и наземные транспортные средства, оснащенные бортовыми радионавигационными средствами.

2.1.11 навигационная информация: Сведения прямо или косвенно используемые для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения и поправки показаний часов потребителя.

2.1.12 дифференциальная поправка: Поправка к пространственным координатам потребителя навигационной системы, передаваемая в виде дополнения к навигационной информации для повышения точности определения его местоположения.

2.1.13 корректирующая информация; КИ: Данные, содержащие дифференциальные поправки к измеряемым навигационным параметрам и другие сообщения, используемые в навигационной аппаратуре потребителя для повышения точности и надежности навигационных определений.

2.1.14 целостность радионавигационной системы: Способность РНС за заданный интервал времени и с заданной вероятностью обеспечивать потребителей РНС сигналами тревоги о недостоверности навигационных сигналов РНС.

2.1.15 контрольно-корректирующая информация; ККИ: Данные, содержащие корректирующую информацию, признаки ее качества и параметры контроля качества функционирования ГНСС в объявленной рабочей зоне.

2.1.16 контрольно-корректирующая станция дифференциальной подсистемы ГНСС: Комплекс радиоэлектронных и технических средств, расположенный в точке с известными координатами, предназначенный для приема и обработки навигационных сигналов ГНСС, вычисления поправок к пространственным координатам точки и передачи их по каналам связи потребителю ГНСС для повышения точности определения его пространственных координат при нахождении потребителя ГНСС в радиусе действия дифференциальных поправок.

2.1.17 опорная наземная передающая станция РНС; Наземная передающая станция радионавигационной системы, обеспечивающая всенаправленное излучение сигналов, которое синхронизовано с излучением сигналов другими опорными станциями системы — по ГОСТ 21535.

2.1.18 региональная дифференциальная подсистема ГНСС: Дифференциальная подсистема ГНСС, в которой дифференциальные поправки используют на территории площадью от 400 до 2000 км, при этом для формирования дифференциальных корректирующих поправок используется сеть станций сбора измерений навигационных сигналов ГНСС от навигационных космических аппаратов ГНСС.

2.1.19 псевдодальность до НКА ГНСС: Разность между моментом приема фрагмента навигационного сигнала ГНСС, отсчитанным по шкале времени приемника потребителя ГНСС, и моментом излучения его навигационным космическим аппаратом ГНСС, отсчитанным по шкале времени навигационного космического аппарата ГНСС, умноженная на значение скорости света.

2.1.20 геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС в пространстве; PDOP: Коэффициент точности определения пространственных координат потребителя ГНСС.

2.1.21 геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС по горизонтали; HDOP: Коэффициент пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения горизонтальных координат потребителя ГНСС и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до навигационного космического аппарата ГНСС.

2.1.22 эфемериды НКА ГНСС: Система пространственных координат навигационного космического аппарата ГНСС, формируемая в функциональной зависимости от времени; параметры модели движения навигационного космического аппарата ГНСС, передаваемые в эфемеридной информации, позволяющие потребителю ГНСС вычислять пространственные координаты навигационного космического аппарата ГНСС, составляющие его вектора скорости движения на любой момент времени по шкале времени потребителя ГНСС.

2.1.23 эфемеридная информация ГНСС: Совокупность данных навигационного сообщения ГНСС, получаемая потребителем ГНСС с борта навигационного космического аппарата ГНСС и позволяющая ему определять пространственные координаты, составляющие вектора скорости движения и поправку показаний часов.

2.1.24

шкала времени: Упорядоченная последовательность значений времени, служащая исходной основой для измерений времени
ГОСТ 8.567-2014, статья 3.2.4

2.1.25 системная шкала времени ГНСС: Шкала времени, предназначенная для временной привязки основных процессов во всех подсистемах глобальной навигационной спутниковой системы.

2.1.26 Еврофикс (Eurofix): Система передачи потребителям информации о дифференциальных поправках, целостности и др. информации с помощью канала передачи данных, используемого в наземных станциях импульсно-фазовых радионавигационных систем Loran-C.

2.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ГЛОНАСС — глобальная навигационная спутниковая система Российской Федерации;

ГНСС — глобальная навигационная спутниковая система;

ДГЛОНАСС (DGLONASS) — дифференциальная подсистема ГНСС ГЛОНАСС;

ИФРНС — импульсно-фазовая радионавигационная система;

КИ — корректирующая информация;

ККИ — контрольно-корректирующая информация;

ККС — контрольно-корректирующая станция;

НКА — навигационный космический аппарат;

РНС — радионавигационная система;

СКО — среднеквадратическое отклонение;

СНГ — Содружество Независимых Государств;

ФИМ — фазоимпульсная модуляция;

ASCII — название таблицы (кодировки, набора), в которой некоторым распространённым печатным и непечатным символам сопоставлены числовые коды;

CRC (Cyclic redundancy check) — циклический корректирующий код;

DGPS (Differential GPS) — дифференциальная GPS подсистема;

DGNSS (Differential GNSS) — дифференциальный ГНСС; сервис, предоставляемый дифференциальными подсистемами ГНСС и направленный на повышение точности местоопределения потребителя на основе транслируемых поправок к измеряемым дальностям до НКА;

FEC (forward error correction) — упреждающая коррекция ошибок;

Galileo — глобальная навигационная спутниковая система Европейского Союза;

GF (Galois field) — поле Галуа; математическое поле, состоящее из конечного числа элементов;

GPS (Global Position Systems) — глобальная навигационная спутниковая система Соединенных Штатов Америки;

GRI (Group Repetition Interval) — период повторения группы импульсов ИФРНС;

HDOP (Horizontal Dilution of Precision) — геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС по горизонтали;

Loran-C (LONg RANge Navigation) — импульсно-фазовая разностно-дальномерная радионавигационная система наземного базирования, разработанная в США, аналог ИФРНС «Чайка»;

PDOP (Position Dilution of Precision) — геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС в пространстве;

PPM (Pulse-Position Modulation) — фазоимпульсная модуляция (ФИМ);

PRC (Pseudo-range correction) — коррекция псевдодальности;

RS (Reed-Solomon) — код Рида-Соломона;

RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) — Радиотехническая комиссия морских сервисов;

RTK (Real Time Kinematic) — кинематика реального времени; совокупность приёмов и методов получения плановых координат и высот точек местности сантиметровой точности в реальном времени с помощью спутниковой системы навигации посредством получения поправок с базовой станции, принимаемых аппаратурой пользователя во время съёмки;

SC-104 — специальный комитет Радиотехнической комиссии морских сервисов (RTCM);

UDRE (User Differential Range Error) — дифференциальная погрешность определения дальности потребителем; данные о точности измерения дальности до спутников;

UTC (Universal Time Coordinated) — Всемирное координированное время.

UTC (SU) (Universal Time Coordinated Soviet Union) — национальная шкала координированного времени Российской Федерации.

3 Общие технические требования

3.1 Условия передачи контрольно-корректирующей информации по радиоканалу ИФРНС «Чайка»

Формирование и передача ККИ потребителям ГНСС в составе навигационного сигнала «Чайка» должны обеспечиваться комплексом оборудования, имеющим в своем составе передающую станцию ИФРНС «Чайка», ККС дифференциальной подсистемы ГНСС, а также аппаратуру управления и синхронизации передающих станций ИФРНС.

Обязательным условием реализации данной технологии является обеспечение требований к характеристикам функционирования ИФРНС «Чайка» по ее основному назначению.

Использование сигнала ИФРНС «Чайка» с целью передачи ККИ ГНСС должно обеспечивать точность определения относительных координат не хуже 10 м (95 %) при горизонтальном геометрическом факторе (HDOP) не более 4 (или PDOP \leq 6) на удалениях до 1000 км от опорной станции.

Моменты излучения радиоимпульсов ИФРНС «Чайка» должны быть синхронизированы со шкалой UTC (SU) со среднеквадратическим отклонением (СКО) не более 70 нс. Синхронизация шкалы времени передающей станции «Чайка» должна осуществляться по сигналам ИФРНС и ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

Передача ККИ по радиоканалу ИФРНС «Чайка» должна быть обеспечена путем дискретной манипуляции фазы (ФИМ) шести последних импульсов с нулевой суммой индексов модуляции в каждой пачке сигнала ИФРНС.

В зависимости от передаваемого сообщения радиоимпульсы сдвигаются по времени или излучаются без сдвига.

Величина индекса модуляции (фазового сдвига радиоимпульсов) относительно номинального положения должна выбираться исходя из критерия наименьшего влияния ФИМ на навигационные определения.

Первые два импульса радионавигационного пакета не подлежат модуляции, так как они используются для оповещения потребителя о нарушении нормальной работы передающей станции.

Передаваемая по каналу ИФРНС «Чайка» контрольно-корректирующая информация должна содержать сведения о дифференциальных поправках ГНСС и нарушении целостности по ГНСС.

Состав и структура ККИ, формируемой ККС и транслируемой для ИФРНС «Чайка» должны соответствовать стандарту, рекомендованному Специальным комитетом SC-104 RTCM для функционирования дифференциальной ГНСС.

Станции ИФРНС «Чайка» должны обеспечивать контроль качества транслируемой ККИ и передачу признака ее качества.

RTCM SC-104 определяет множество сообщений, позволяющих передавать информацию как по существующим, так и развертываемым спутниковым системам.

В настоящее время применяются две официальные версии стандарта RTCM SC-104:

- версия 2 – RTCM 10402.3 [3];
- версия 3 – RTCM 10403.3 [4].

Версия 2 не получила широкого применения для операций RTK (Real Time Kinematic) из-за низкой эффективности кодирования сообщений и ограниченных возможностей, но продолжает использоваться для услуг DGNSS на основе измерения псевдодалности. Версия RTCM 10402.3 поддерживается в статусе действующего стандарта из-за большого количества приемников, разработанных с учетом требований данной версии.

Версия 3 была разработана для преодоления ограничений версии 2 и является более гибкой и эффективной с точки зрения структуры, пропускной способности канала и совместимости. Пользователям предоставляется более простое использование стандарта с возможностью адаптации к новым условиям применения. Внесены дополнительные поправки для включения сигналов Galileo и новых ГНСС. Версия 3 получила широкое применение для услуг RTK на основе измерения фазы несущей.

Необходимо обратить внимание, что сообщения версии 2 не совместимы с сообщениями версии 3 в связи с отличиями в структуре (формате) сигналов.

Применение сообщений из перечня, предоставляемого форматами RTCM 10402.3 (v2.3) и RTCM 10403.3 (v3.3) ограничивается пропускной способностью информационного канала ИФРНС и требуемым темпом (частотой) обновления данных в соответствии с уровнем предоставляемого ГНСС-сервиса.

Трансляция ККИ по информационному каналу ИФРНС «Чайка» осуществляется по технологии, аналогичной «Еврофикс» [3].

Дифференциальные поправки ГНСС должны передаваться по радиоканалу ИФРНС «Чайка» в виде модифицированных сообщений типа 9 или 34 RTCM SC-104 v2.3.

Время задержки передачи сообщения о нарушении целостности ГНСС не должно превышать 10 с.

Формат сообщения о нарушении целостности по ГНСС должен строиться на основе сообщения типа 59 RTCM SC-104 v2.3.

Доступность навигационных сигналов ИФРНС «Чайка» должна составлять не менее 0,9998 в течение 30-дневного периода.

Доступность канала передачи ККИ по радионавигационному тракту ИФРНС «Чайка» (вероятность правильной передачи информации) должна быть не менее 0,9999.

С целью предотвращения влияния ряда помех (атмосферных шумов, перекрестных помех, непрерывных помех типа «немодулированная несущая» и т.д.) для повышения помехоустойчивости применяются контроль четности и корректирующий код Рида-Соломона.

Эффективная скорость передачи ККИ по технологии «Еврофикс» должна составлять не менее 20 бод. Эффективная скорость передачи ККИ определяется

как объем данных, передаваемых за единицу времени при максимальном периоде повторения группы импульсов сигнала ИФРНС «Чайка» GRI, равным 100 мс.

Реальная скорость передачи данных по каналу зависит от уровня помеховых воздействий.

Описываемый в данном стандарте формат передачи контрольно-корректирующей информации определяет порядок расположения символов данных, позволяющий распознавать составные части сообщений.

3.2 Формат передачи контрольно-корректирующей информации

3.2.1 Общие сведения

Информационные сообщения, передаваемые по радиоканалу ИФРНС «Чайка», представляют собой пакеты данных, состоящие из тридцати последовательных 7-битных групп импульсов (пачек).

Первые восемь пачек содержат пользовательскую информацию, последующие две пачки – циклический корректирующий код (CRC). Завершающие двадцать пачек транслируют корректирующий код Рида-Соломона.

Упреждающая коррекция ошибок (FEC; forward error correction) с использованием кода Рида-Соломона позволяет исправлять ошибки в блоках данных, возникающих в канале передачи под воздействием помех.

С целью передачи пакетной информации по информационному каналу используется способ представления данных, в котором каждой 7-битной группе импульсов (пачке) ставится в соответствие комбинация из шести модулированных по фазе радиоимпульсов, излучаемых в течение одного периода повторения (GRI).

При описании формата передачи ККИ используется структура изложения, приведенная в таблице 1.

Спецификация излучаемого сигнала ИФРНС «Чайка» приводится в документации разработчика системы и в данном стандарте не рассматривается.

Т а б л и ц а 1 – Структура описания формата передачи ККИ

Уровень описания	Предмет описания
Уровень кодирования сообщений	Описание алгоритма кодирования сообщений
Уровень коррекции ошибок	Описание алгоритма упреждающей коррекции ошибок (FEC)
Уровень модуляции	Описание фазоимпульсной манипуляции (PPM)

3.2 Уровень кодирования сообщений

3.2.1 Общая структура сообщений

Все типы сообщений должны иметь схожую структуру, содержащую поле типа сообщения, информационные поля и поле контрольной суммы CRC (таблица 2).

Таблица 2 – Общая структура сообщений

Поле	Число используемых битов	Номера битов
Тип сообщения	3	$l_1 - l_3$
Информационные поля	53	$l_4 - l_{56}$
Контрольная сумма CRC	14	$l_{57} - l_{70}$
Всего	70	

3.2.2 Типы сообщений

Тип сообщения должен задаваться в соответствии с информацией, представленной в таблице 3.

Типы сообщений должны быть указаны при передаче.

Идентифицируются 8 типов сообщений. Типы 1, 2, 3, 5 и 8 используются. Типы 4, 6 и 7 зарезервированы.

Таблица 3 - Обозначение типов сообщений

Тип	Описание типа сообщения	Двоичное представление типа сообщения			Десятичное представление типа сообщения
		l_3	l_2	l_1	
1	Поправки DGPS	0	0	1	1
2	Поправки DGLONASS	0	1	0	2
3	Данные о целостности	0	1	1	3
4	Зарезервировано	1	0	0	4
5	Текстовое сообщение	1	0	1	5
6	Зарезервировано	1	1	0	6
7	Зарезервировано	1	1	1	7
8	Экспериментальный	0	0	0	0

Примечания:

- 1 DGPS – дифференциальная подсистема ГНСС GPS;
- 2 DGLONASS – дифференциальная подсистема ГНСС ГЛОНАСС.

3.2.3 Содержание информационных полей сообщений

3.2.3.1 Поправки DGPS и DGLONASS

Поправки в дифференциальных подсистемах GPS и ГЛОНАСС транслируются в сообщениях типов 1 и 2 соответственно.

Форматы этих сообщений приведены в таблице 4.

Далее представлено описание полей сообщений.

Модифицированный Z-отсчет

Модифицированный Z-счет представляет собой опорное время для сообщений с дифференциальными данными. Он используется для вычисления времени поправок GPS или ГЛОНАСС.

Диапазон Z-счета составляет 1 час с целью сокращения числа битов в

данном поле сообщения.

Все пользователи ДГНСС инициализируются через систему ГНСС и располагают точным временем системы GPS или ГЛОНАСС и, в том числе, номером текущего часа системы.

Модифицированный Z-отсчет начинается с нуля в начале каждого часа по времени ГНСС, осуществляется с шагом 0,6 с и достигает максимального значения 3 599,4 с.

Масштаб

Могут использоваться два масштабных коэффициента для коррекции псевдодальности (PRC; Pseudo-range correction).

Обоснование двухуровневого масштаба состоит в необходимости обеспечения высокой степени точности коррекции на протяжении большей части времени. Диапазон коррекции может быть увеличен при необходимости за счет увеличения шага поправок.

Таблица 4 – Форматы сообщений

№ бита	Тип сообщения				
	Тип 1 (поправки DGPS)	Тип 2 (поправки DGLONASS)	Тип 3 (данные о целостности)	Тип 5 (текстовое сообщение)	Типы 4, 6, 7, 8
1	Тип сообщения 3 бита	Тип сообщения 3 бита	Тип сообщения 3 бита	Тип сообщения 3 бита	Тип сообщения 3 бита
2					
3					
4	Модифицированный Z-счет 13 битов	Модифицированный Z-счет 13 битов	Модифицированный Z-счет 13 битов	Порядковый номер 4 бита	Зарезервировано
5					
6					
7					
8				Окончание	
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16				Код ASCII, расширенный символами кириллицы	
17	Масштаб	Масштаб	Тип ГНСС	48 битов (6 слов по 8 битов в слове)	
18	UDRE	UDRE	Идентификатор НКА 5 битов		
19					
20	Идентификатор НКА 5 битов	Идентификатор НКА 5 битов	Признак нарушения целостности		
21					
22					
23					
24	Коррекция	Коррекция			
25					

№ бита	Тип сообщения																																									
	Тип 1 (поправки DGPS)	Тип 2 (поправки DGLONASS)	Тип 3 (данные о целостности)	Тип 5 (текстовое сообщение)	Типы 4, 6, 7, 8																																					
26	псевдодальности PRC(t_0) 16 битов	псевдодальности PRC(t_0) 16 битов	Тип ГНСС																																							
27			Идентификатор НКА 5 битов																																							
28						Признак нарушения целостности																																				
29							Тип ГНСС																																			
30								Идентификатор НКА 5 битов																																		
31									Идентификатор НКА 5 битов																																	
32										Идентификатор НКА 5 битов																																
33											Идентификатор НКА 5 битов																															
34												Идентификатор НКА 5 битов																														
35													Идентификатор НКА 5 битов																													
36														Идентификатор НКА 5 битов																												
37															Идентификатор НКА 5 битов																											
38																Идентификатор НКА 5 битов																										
39																	Идентификатор НКА 5 битов																									
40	Идентификатор НКА 5 битов																																									
41		Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Признак нарушения целостности	Тип ГНСС													Идентификатор НКА 5 битов																								
42						Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов													Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов																						
43							Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов														Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов																				
44								Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов															Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов																		
45									Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов																Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов																
46										Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов																	Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов														
47											Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов																		Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов												
48												Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов																			Скорость изменения коррекции псевдодальности RRC(t_0) 8 битов	Идентификатор НКА 5 битов										
49													Возраст данных IOD 8 битов																				Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов	Признак нарушения целостности	Заполнение							
50														Возраст данных IOD 8 битов																						Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов	Заполнение					
51															Возраст данных IOD 8 битов																							Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов	Заполнение			
52																Возраст данных IOD 8 битов																								Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов	Заполнение	
53																	Возраст данных IOD 8 битов																									Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов
54	Возраст данных IOD 8 битов																																									
55		Возраст данных IOD 8 битов	Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов	Заполнение																																						
56					Возраст данных IOD 8 битов	Резервный бит Возраст данных TOD 7 битов												Заполнение																								
57-70							CRC												CRC	CRC	CRC	CRC																				

Масштабные коэффициенты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Масштабные коэффициенты

Кодировка поля в сообщении	Обозначение	Значение масштабного коэффициента
00	0	для PRC – 0,02 м; для RRC – 0,002м/с
01	1	для PRC – 0,32 м; для RRC – 0,032м/с

UDRE

Дифференциальная пользовательская погрешность измерения дальности

UDRE (User differential range error) обозначает оценку среднеквадратичной ошибки (СКО) в дифференциальной коррекции псевдодальности PRC.

На величину UDRE влияют такие факторы, как отношение сигнал/шум для сигналов от навигационных космических аппаратов (НКА), эффект многолучевого распространения и сглаживание данных.

В таблице 6 отображена кодировка величины UDRE в сообщении.

Идентификатор НКА

Идентификатор НКА обозначает порядковый номер навигационного космического аппарата в ГНСС. Применяется 5-разрядный формат представления номера НКА. Номер НКА «32» обозначается нулями во всех разрядах.

Т а б л и ц а 6 - Кодировка точности дифференциальных коррекций UDRE

Кодировка поля в сообщении	Обозначение	Среднеквадратическая погрешность определения местоположения, м
00	0	$\sigma \leq 1$
01	1	$1 < \sigma \leq 4$
10	2	$4 < \sigma \leq 8$
11	3	ККС не используется ($\sigma > 8$)

Коррекция псевдодальности $PRC(t_0)$

Поле $PRC(t_0)$ предназначено для отображения оценочной поправки псевдодальности PRC, относящейся ко времени измерения в опорном приемнике ККС.

Данный параметр необходим для корректировки псевдодальности $PR(t)$, обрабатываемой оборудованием потребителя:

$$PR(t) = PRM(t) + PRC(t) , \quad (1)$$

где $PRM(t)$ - псевдодальность, измеренная ГНСС-приемником потребителя;
 $PRC(t)$ - поправка к псевдодальности, измеренной ГНСС-приемником потребителя.

Поправка к псевдодальности $PRM(t)$, измеренной потребителем, находится по формуле:

$$PRC(t) = PRC(t_0) + RRC(t_0) * (t - t_0) , \quad (2)$$

где $PRC(t_0)$ – 16-битовая поправка псевдодальности, определенная в опорном приемнике ККС в момент времени измерения (см. таб.4);

$RRC(t_0)$ – 8-битовая скорость изменения поправки псевдодальности (см. таб.4);

t_0 - 13-битовый модифицированный Z-счет (см. таб.4) времени измерения в опорном приемнике ККС;

t – время, связанное с моментом обработки измерения потребителем.

Перечисленные в формуле (2) параметры относятся к НКА, видимому с ККС и обозначенному 5-битовым индексом НКА.

Величина коррекции псевдодальности $PRC(t_0)$ может находиться в диапазоне значений:

$\pm 655,34$ м с шагом 0,02 м;

$\pm 10\,485,44$ м с шагом 0,32 м.

Первый разряд поля PRC – знаковый.

Скорость изменения коррекции псевдодальности (RRC)

Поле $RRC(t_0)$ (RRC; Range-rate correction) предназначено для отображения оценки скорости коррекции псевдодальности в момент времени измерения t_0 в опорном приемнике ККС.

Данный параметр предназначен для коррекции поправки псевдодальности по прогнозируемой скорости изменения поправки псевдодальности.

RRC обеспечивает возможность использования поправки псевдодальности с увеличением «возраста поправки».

Величина скорости изменения коррекции псевдодальности $RRC(t_0)$ может находиться в диапазоне значений:

$\pm 0,254$ м/с с шагом 0,002 м/с;

$\pm 4,064$ м/с с шагом 0,032 м/с;

Первый разряд поля RRC – знаковый.

Возраст данных (IOD; TOD)

Возраст данных является гарантирующим признаком того, что аппаратура потребителя и поправки опорной станции базируются на одном и том же наборе передаваемых орбит и времени.

Данный параметр предоставляет потребителю возможность сопоставления возраста данных об эфемеридах и времени, используемых в навигационных данных ГНСС.

В ГНСС GPS возраст данных IOD (Issue of data) соответствует номеру часового интервала от начала недели и соответствует эфемеридной информации GPS. Для представления возраста данных GPS используются 8 бит двоичного кода.

В ГНСС ГЛОНАСС возраст данных TOD (Time of data) соответствует номеру 15-минутного интервала от начала текущих суток по шкале координированного времени Российской Федерации UTC (SU). Параметр TOD представляется 7-битным значением двоичного кода. Первый разряд поля в данном случае не используется.

Контрольная сумма (CRC)

С целью помехоустойчивого кодирования применяется циклический избыточный код CRC (англ. Cyclic redundancy check), реализующий алгоритм

нахождения контрольной суммы, предназначенный для проверки целостности данных.

Контрольная сумма CRC генерируется с использованием полинома:

$$G(x) = x^{14} + x^{13} + x^7 + x^5 + x^4 + 1 \quad (3)$$

3.2.3.2 Данные о целостности

Данные о целостности передаются в сообщении типа 3.

В таблице 4 представлен формат частного сообщения о целостности, соответствующего сообщению типа 59 по RTCM.

Сообщение содержит информацию о модифицированном Z-счете, типе ГНСС, идентификаторе НКА и признаке целостности.

Поля сообщения: модифицированный Z-счет, идентификатор НКА, - имеют содержание, схожее с аналогичными полями сообщений типов 1 и 2.

Тип ГНСС обозначается следующим образом: 0 – ГЛОНАСС; 1 – GPS.

Признак целостности кодируется следующим образом:

010 – передача целостности по ГНСС ГЛОНАСС;

011 – передача целостности по ГНСС GPS.

Совокупный размер информационных полей сообщения типа 3 должен быть равным 53. Свободные биты информационного поля заполняются кодом «0».

Код циклического контроля CRC для сообщения типа 3 формируется аналогично сообщениям 1 и 2.

3.2.3.3 Текстовое сообщение

Порядковый номер текстового сообщения формируется с целью идентификации сообщений и представляет собой 4-битовое слово.

Порядковый номер сообщения должен быть одинаковым для всех частей одного текстового сообщения. Номер сообщения должен увеличиваться с шагом в единицу для последующих текстовых сообщений, перезапускаясь после «1111» вновь на «0000».

Конец сообщения обозначает последнюю часть текстового сообщения. Значение «1» указывает на завершение текстового сообщения. Значение «0» указывает, что для завершения текущего текстового сообщения требуются дополнительные трансляции.

В каждом поле текстового сообщения помещается до шести символов по восемь битов каждый. Коды символов должны соответствовать стандартным кодам ASCII (англ. American standard code for information interchange).

Код циклического контроля CRC для текстового сообщения формируется аналогично сообщениям 1, 2 и 3 (табл. 4).

3.3 Уровень коррекции ошибок

3.3.1 Упреждающая коррекция ошибок FEC

Ко всем сообщениям, передаваемым по информационному каналу ИРНС

«Чайка», с целью снижения влияния помеховых воздействий должна применяться упреждающая коррекция ошибок FEC (Forward error correction).

В связи с этим используется систематический 2^7 -ричный (128-ричный) код Рида-Соломона (RS; Reed-Solomon) типа (30,10).

Коды Рида-Соломона — не двоичные циклические коды, позволяющие исправлять ошибки в блоках данных. Элементами кодового вектора являются не биты, а группы битов (блоки).

Сообщения, передаваемые по информационному каналу ИРНС «Чайка», должны состоять из 30 символов RS-кода, из которых 10 содержат пользовательские данные, а 20 символов обеспечивают контроль RS паритета.

Каждый символ RS-кода представляется 7-битным блоком, являющимся элементом поля Галуа GF(128), построенного с использованием примитивного многочлена седьмого порядка:

$$p(x) = x^7 + x^3 + 1 \quad (4)$$

Соотношение между двоичными данными и символами RS-кода заключается в том, что 7-разрядное двоичное значение преобразуется в десятичное число. Например, 7-битному элементу «1001001» соответствует RS-символ «73». При этом RS-символ «0» должен соответствовать 7-битному значению числа 127.

Паритет FEC должен определяться следующим порождающим полиномом:

$$g(x) = \prod_{i=1}^{20} (x - \alpha^i) \quad (5)$$

3.3.2 Порядок передачи FEC-кодированного сообщения

Первая передаваемая комбинация FEC-кодированного сообщения должна соответствовать наименьшему значащему символу этого сообщения.

3.4 Уровень модуляции

3.4.1 Вид модуляции

При передаче сообщений по информационному каналу ИРНС «Чайка» следует применять трехпозиционную фазоимпульсную модуляцию (ФИМ) к шести импульсам с третьего по восьмой каждой группы импульсов. Модуляция должна представлять собой временной сдвиг импульса на одну микросекунду (1 мкс) относительно немодулированного (несмещенного) импульса. В таблице 7 приведены три возможных состояния модуляции.

Таблица 7 – Состояния модуляции

Тип импульса	Временной сдвиг относительно импульса отсчета, мкс	Обозначение
Опережающий импульс	–1	–
Несмещенный импульс	0	0
Задержанный импульс	+1	+

3.4.2 Баланс модуляции

При осуществлении ФИМ в информационном канале необходимо обеспечивать нулевую сумму индексов модуляции в каждой пачке сигнала ИФРНС, то есть количество опережающих и задержанных импульсов должно быть одинаковым (сбалансированным).

Сбалансированная модуляция шести импульсов в одной группе импульсов предопределяет 141 возможную схему модуляции (см. таблицу 8), из которых - 128 схем (шаблонов) должны представлять действительные данные, одна схема должна указывать на отсутствие передаваемых данных и 12 схем не должны использоваться.

Таблица 8 - Комбинации схем модуляции

Комбинация схем модуляции			Пример	Число комбинаций
6 нулей (0)	0 плюсов (+)	0 минусов (–)	0 0 0 0 0 0	1
4 нуля	1 плюс	1 минус	0 0 + 0 – 0	30
2 нуля	2 плюса	2 минуса	0 + – + 0 –	90
0 нулей	3 плюсов	3 минуса	+ + – – – +	20
Всего:				141

3.4.3 Шаблоны модуляции

Каждый из 128 допустимых шаблонов модуляции должен однозначно представлять 7-битный двоичный блок данных FEC-кодированного сообщения, как показано в Приложении А.

Шаблон модуляции “000000” следует использовать для указания на отсутствие передаваемых данных.

3.4.4 Порядок передачи схем модуляции

Сообщения передаются последовательно блоками по 30 схем модуляции. Чередувание не применяется для упрощения синхронизации.

Первая передаваемая схема модуляции должна соответствовать наименьшему значащему символу FEC-кодированного сообщения.

Схема модуляции, используемая в первом GRI после последней схемы сообщения, является первой схемой модуляции следующего сообщения.

Синхронизации сообщения осуществляются с помощью асинхронного процесса проверки достоверности блоков по 30 схем модуляции до восстановления достоверного сообщения.

4 Условия применения альтернативных технологий передачи контрольно-корректирующей информации по радиоканалу ИФРНС «Чайка»

В интересах отдельных групп потребителей с целью повышения эффективной скорости передачи данных по радиоканалу ИФРНС «Чайка» могут применяться альтернативные технологии.

При использовании альтернативных технологий допускаются следующие разрешения:

- отказ от использования 14-битного циклического корректирующего кода CRC;
- применение более коротких кодов Рида-Соломона, например, 42-битного или 56-битного.

Дополнительно может быть реализован режим формирования и передачи информации путем дискретной 5-уровневой манипуляции задержки (фазы) шести последних импульсов с нулевой суммой индексов модуляции в каждой пачке сигнала ИФРНС «Чайка» с укороченным кодом Рида-Соломона без использования циклического корректирующего кода. В зависимости от передаваемого сообщения радиоимпульсы сдвигаются по времени на 0 мкс, $\pm 0,75$ мкс, $\pm 1,5$ мкс. Применяемый индекс модуляции 0,75 мкс установлен с целью уменьшения влияния модуляции на навигационные определения по сигналам ИФРНС.

Альтернативные технологии передачи ККИ по радиоканалу ИФРНС «Чайка» позволяют обеспечить эффективную скорость не менее 40 бод при 3-уровневой ФИМ последних шести импульсов без использования циклического кода с укороченным кодом Рида-Соломона. Переход на 5-уровневую ФИМ позволяет достичь скорости не менее 50 бод.

Приложение А (справочное)

Термины и определения общетехнических понятий, необходимые для понимания текста стандарта

А.1 **информация**: Любой вид знаний о предметах, фактах, понятиях и т. д. проблемной области, которыми обмениваются пользователи информационной системы. Значимые данные.

А.2 **данные**: Сведения, являющиеся объектом информации в информационных системах.

А.3 **формат данных**: Порядок расположения символов данных, позволяющий распознавать их составные части.

А.4 **пакет данных**: Совокупность символов данных заданного формата, самостоятельно передаваемая, принимаемая, коммутируемая и непосредственно не воспринимаемая потребителем этих данных.

А.5 **глобальная навигационная спутниковая система**; ГНСС: Навигационная спутниковая система, предназначенная для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства.

Приложение Б (обязательное)

Шаблоны модуляции

Шаблоны модуляции, используемые в режиме трехпозиционной фазоимпульсной модуляции шести радиоимпульсов ИФРНС «Чайка», представлены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 - Шаблоны модуляции

Десятичное представление	Шаблон модуляции	Десятичное представление	Шаблон модуляции	Десятичное представление	Шаблон модуляции
0	--00++	43	00-+++	86	++-00-
1	--0+0+	44	00-++-	87	++0--0
2	--0++0	45	00+---	88	++0-0-
3	---00+	46	00+--+	89	++00--
4	---+0+	47	00++--	90	-0000+
5	---++0	48	0+--0+	91	-000+0
6	-0-0++	49	0+---+	92	-00+00
7	-0-+0+	50	0+-0-+	93	-0+000
8	-0-++0	51	0+-0+-	94	--0000
9	-00-++	52	0+--0-	95	0-000+
10	-00+--	53	0+--+0-	96	0-00+0
11	-00++-	54	0+0--+	97	0-0+00
12	-0+-0+	55	0+0+--	98	0-+000
13	-0+--0	56	0+0+-	99	00-00+
14	-0+0-+	57	0+---0	100	00-0+0
15	-0+0+-	58	0+--0-	101	00-+00
16	-0++-0	59	0++0--	102	000-0+
17	-0++0-	60	+++00+	103	000-+0
18	--00+	61	+++0+0	104	0000-+
19	--0+0	62	+++000	105	0000+-
20	---+00	63	+0-0+	106	000+-0
21	--0-0+	64	+0-+0	107	000+0-
22	--0+0	65	+00-+	108	00+-00
23	--00+	66	+00+-	109	00+0-0
24	--00+-	67	+0+0-	110	00+00-
25	--0+0-	68	+0+0-	111	0+-000
26	--0+0-	69	+++00	112	0+0-00
27	+++00	70	+++0-0	113	0+00-0
28	+++0-0	71	+++00-	114	0+000-

Окончание таблицы Б.1

Десятичное представление	Шаблон модуляции	Десятичное представление	Шаблон модуляции	Десятичное представление	Шаблон модуляции
29	+++00-	72	+0--0+	115	+0000
30	0--0++	73	+0--+0	116	+0-000
31	0--+0+	74	+0-0-+	117	+00-00
32	0---+0	75	+0-0+-	118	+000-0
33	0-0-++	76	+0+-0	119	++++-
34	0-0+++	77	+0+-0-	120	-+++++
35	0-0++-	78	+00--+	121	+++++
36	0-+-0+	79	+00+-	122	-++++-
37	0-+++0	80	+00+--	123	+++++
38	0-+0-+	81	+0+--0	124	-++++-
39	0-+0+-	82	+0+-0-	125	++++-
40	0-+++0	83	+0+0--	126	-+++++
41	0-+++0-	84	+++--00	127	+0000-
42	00---+	85	++-0-0	отсутствие данных	000000

Библиография

- [1] Recommendation ITU-R M.589-3 Technical Characteristics of Methods of Data Transmission and Interference Protection for Radionavigation Services in the Frequency Bands between 70 and 130 kHz, March 2005 - URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.589-3-200108-I!!PDF-E.pdf
- [2] Offermans G.: Eurofix Message Format, Ver.2.15, March 2014
- [3] RTCM 10402.3 Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version 2.3 with Amendment 1 (21.05.2010)
- [4] RTCM 10403.3 Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services – Version 3 (07.10.2016)

УДК 621.396.98: 629.783

ОКС 33.060.75

Э50

Ключевые слова: формат контрольно-корректирующей информации, поправки дифференциальные, система спутниковая навигационная глобальная, технические требования, структура сигнала, ИФРНС «Чайка»
