

2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СПУТНИКОВЫМ НАВИГАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ АВИАЦИОННЫМИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ

2.1. Навигационные характеристики

Навигационные характеристики систем аэронавигационного обслуживания (АНО) определяются, как совокупность средств связи, навигации и наблюдения, обеспечивающие надлежащий уровень безопасности полетов авиации в пределах функционирования системы АНО.

В связи с тем, что воздушные суда оснащаются аппаратурой зональной навигации (RNAV), использование которой позволяет внедрить гибкую систему маршрутов, а также по ряду других соображений ИКАО приняло концепцию требуемых навигационных характеристик (RNP) [9].

Зональная навигация RNAV определяется как метод навигации, позволяющий воздушному судну выполнять полет по любой желаемой траектории.

Внедрение RNP позволит обеспечить воздушным судам определение своего местоположения в строго определенном районе воздушного пространства с требуемой точностью. Это даст возможность эффективно использовать воздушное пространство. RNP представляет собой показатель точности навигационных характеристик в пределах определенного воздушного пространства и оценивается из погрешностей навигационного датчика, бортового приемника, аппаратуры отображения данных, техники пилотирования.

Типы RNP для полета по маршруту приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Точность	Тип RNP				
	1	4	10	12,6	20
95% при определении местоположения в назначенном воздушном пространстве	±1,85км (±1,0м. мили)	±7,4 км (±4м. мили)	±18,5 км (±10(м. мили)	±23,3 км (±12,6 м.мили)	±37 км (±20,0 м.мили)

Приведенные в таблице 2.1 типы RNP определяют минимальную точность навигации, которая должна обеспечиваться с учетом установленного уровня удерживания.

Типы RNP для этапов захода на посадку, посадки и вылета определяется в показателях требуемой точности, целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности обслуживания.

Как правило, на маршруте типы RNP содержат требования к показателю точности характеристик только в горизонтальной плоскости. Типы RNP для этапов захода на посадку и

посадке требуют соответствующее выдерживание траектории в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Вообще тип RNP показывает, что в 95% траектория воздушного судна не будет выходить за указанные пределы.

Приведем определения понятий точности, целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности.

Точность- степень соответствия расчетного или измеренного местоположения и (или) скорости платформы в данный момент времени истинному местоположению или скорости. Точность обеспечения радионавигации выражается в виде статистической меры погрешности системы и указывается как:

- Прогнозируемая. Точность местоположения относительно земных географических или геодезических координат.

- Повторяемая. Точность, с которой пользователь может возвратиться в местоположение, координаты которого были измерены в предшествующий момент времени той же навигационной системой.

- Относительная. Точность, с которой пользователь может определить одно местоположение относительно другого независимо от любой погрешности определения соответствующих истинных местоположений.

Точность использования системы- сочетание погрешностей навигационного датчика, бортового приемника, погрешности отображения и погрешности пилотирования.

Непрерывность- способность системы функционировать без перерывов с заданными рабочими характеристиками в течение заданного периода. Характеризуется соответствующей вероятностью.

Целостность- способность системы обеспечить пользователей своевременными предупреждениями в случаях, когда систему нельзя использовать для навигации.

Целостность- это мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации выдаваемой системой в целом и включает в себя способность системы обеспечивать пользователя своевременным и достоверным предупреждением (например, срабатыванием сигнализации) в тех случаях, когда система не должна использоваться для намеченной операции или этапа полета.

Эксплуатационная готовность - определяется долей времени, в течение которого система, используемая для навигации, обеспечивает надежную навигационную информацию экипажу, автопилоту или другим системам, управляющим полетом воздушного судна.

2.2. Требования к GNSS

Рассмотрим требования к GNSS и элементам GNSS, предъявляемые нормативными документами ИКАО [3].

Требования к характеристикам GNSS формируются из совокупности требований, предъявляемых к элементам GNSS, бортовому оборудованию воздушных судов и способности воздушного судна совершать движение по желаемой траектории.

При формировании требований к GNSS было введено понятие безотказного приемника пользователя GNSS, который должен иметь номинальные характеристики по точности и времени предупреждения и не иметь отказов, касающихся целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности других составляющих GNSS (ГЛОНАСС, GPS, GBAS, SBAS). Номинальные требования к безотказному приемнику приведены далее в соответствующем подразделе.

Количественные значения требований к характеристикам сигнала GNSS в пространстве приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Требования к характеристикам сигнала в пространстве

Типовая операция	Точность в горизонтальной плоскости 95%	Точность по вертикали 95%	Целостность	Время до предупреждения	Непрерывность	Эксплуатационная готовность	Соответствующие типы RNP
На маршруте	3,7 км (2,0 м.мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	5 мин	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	От 20 до 10
На маршруте, в зоне аэродрома	0,74км (0,4 м. мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	15с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,999 до 0,99999	От 5 до 1
Начальный заход, Промежуточный заход, Неточный заход (NPA), вылет	220м (720 фут)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	10с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	От 0,5 до 0,3
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	220м (720 фут)	20м (66 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	10с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,3/125
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16,0м (52 фут)	8,0м (26 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,03/50

Типовая операция	Точность в горизонтальной плоскости 95%	Точность по вертикали 95%	Целостность	Время до предупреждения	Непрерывность	Эксплуатационная готовность	Соответствующие типы RNP
Точный заход на посадку по 1 категории	16,0м (52 фут)	от 6,0 м до 4,0 м (20 фут- 13 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,02/40

Точности в горизонтальной плоскости и по вертикали задаются для самой низкой высоты при выполнении типовой операции.

Требования к целостности GNSS включают границу предупреждения, характеризующую пороги срабатывания сигнализации. Срабатывание сигнализации дает пилоту воздушного судна предупреждение о выходе параметра целостности за пределы допуска. Риск потери целостности распределяется между рисками потери целостности комбинаций подсистем GNSS (ГЛОНАСС, GPS, GBAS, SBAS) и риском потери целостности уровня защиты. Риск потери целостности уровня защиты определяется прекращением работы или сбоями в единичных измерениях опорного (для GBAS) приемника. Количественные данные по порогам срабатывания сигнализации приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Пороги срабатывания сигнализации

Типовая операция	Порог срабатывания по горизонтали	Порог срабатывания по вертикали	Соответствующий тип(ы) RNP
На маршруте	7,4 км (4 м. мили)	Не назначено	От 20 до 10
На маршруте	3,7 км (2 м. мили)	Не назначено	От 2 до 5
На маршруте, В зоне аэродрома	1,85км (1 м. мили)	Не назначено	1
NPA	556м (0,3 м. мили)	Не назначено	От 0,5 до 0,3
APV-I	556м (0,3 м. мили)	50м (164 фут)	0.3/125
APV-II	40,0м (130 фут)	20,0м (66 фут)	0.03/50
Точный заход на посадку по I категории	40,0м (130 фут)	От 15,0м до 10,0м (от 50 фут до 33 фут)	0,02/40

Требования к точности и времени задержки срабатывания сигнализации включают в себя аналогичные параметры безотказного бортового приемника пользователя GNSS.

Для операций на маршруте, в зоне аэродрома, начальном, промежуточном, неточном заходе на посадку и вылете понятие "непрерывность" системы GNSS определяется как спо

способность системы обеспечивать выходные характеристики с требуемой точностью и целостностью в течении времени необходимого для выполнения запланированной операции. При этом предполагается, что вначале операции система была доступна. Для перечисленных операций непрерывность имеет размерность вероятность за час. Меньшие значения непрерывности соответствуют зонам с низкой интенсивностью воздушного движения и органиченной сложностью воздушного пространства. Большие - зонам с высокой интенсивностью воздушного движения и сложным воздушным пространством.

Для операций захода на посадку и посадке понятие непрерывность определяется аналогично, приведенным выше, но оценивается как вероятность за любые 15 секунд в интервале времени, необходимом для выполнения операции посадки.

Для требований эксплуатационной готовности дается диапазон значений, поскольку эти требования зависят от эксплуатационной потребности, которая основана на нескольких факторах, включая: частоту выполнения операций, погодные условия, масштаб и продолжительность отказов, эксплуатационную готовность альтернативных средств навигации, зону действия радиолокатора, интенсивность воздушного движения и обратимость эксплуатационных процедур. Более низкие значения требований соответствуют минимальной эксплуатационной готовности, при которой система GNSS используется на практике, но не может адекватно заменить другие средства навигации (не GNSS). Более высокие приведенные значения для маршрутной навигации соответствуют использованию GNSS в качестве единственного средства навигации в некоторой области. Более высокие приведенные значения для операций захода на посадку и вылета отвечают требованиям к эксплуатационной готовности в аэропортах с большим объемом воздушного движения в предположении, что операции посадки и взлета на нескольких взлетно-посадочных полосах взаимосвязаны, но используемые отдельные эксплуатационные процедуры гарантируют безопасность операции.

Эксплуатационная готовность на маршруте учитывает следующие факторы:

- интенсивность воздушного движения;
- наличие альтернативных GNSS навигационных средств;
- зоны действия первичного и вторичного наблюдений;
- воздушное движение и процедуры пилотирования;
- продолжительность перерывов в GNSS.

Эксплуатационная готовность при заходах на посадку учитывает следующее:

- интенсивность воздушного движения;
- процедуры по предоставлению данных и выполнению заходов на посадку на запасном аэродроме;
- навигационные системы запасного аэродрома;

- воздушное движение и процедуры пилотирования;
- продолжительность перерывов в GNSS;
- географические размеры необслуживаемой области во время перерывов.

Требования к характеристикам GNSS для выполнения точного захода на посадку по II и III категориям находятся на разработке в ИКАО.

2.3. Технические требования к элементам GNSS

Приведенные в таблице 2.4 данные основаны на характеристиках систем GPS и ГЛОНАСС, заявленных Соединенными Штатами Америки и России.

Таблица 2.4

	Точность	GPS	ГЛОНАСС
1	Ошибка определения местоположения в горизонтальной плоскости	100 м (330 фут), 95% времени; 300 м (985 фут), 99,99% времени	28 м (92 фут), 95% времени; 140 м (460 фут), 99,99% времени
2	Ошибка по вертикали	156 м (510 фут), 95% времени; 500 м (1640 фут), 99,99% времени	60 м (196 фут), 95% времени; 585 м (1920 фут), 99,99% времени
3	Ошибки при передаче данных времени в службе SPS системы GPS не превышают Ошибки при передаче данных времени канала стандартной точности ГЛОНАСС не превышают	340 наносекунд для 95 процентов времени	700 наносекунд для 95 процентов времени
4	Ошибки параметров дальности не превышают следующие пределы:	а) ошибка по дальности любого спутника -150 м (490 фут); б) ошибка скорости изменения дальности любого спутника - 2м (6,6 фут) в секунду; и с) ошибка ускорения изменения дальности любого спутника - 0,019 м (0,06 фут) за секунду в квадрате.	Не назначены
5	Эксплуатационная готовность	Эксплуатационная готовность службы SPS системы GPS составляет не менее 99.85 процента (глобальное среднее)	Эксплуатационная готовность канала стандартной точности ГЛОНАСС составляет не менее 99,64 процента (глобальное среднее).

6	Надежность	Надежность службы SPS системы GPS не менее чем 99,97 процента (глобальное среднее) при ограничении: частота отказов основного обслуживания для орбитальной группировки в целом - не более чем 3 за год (глобальное среднее)	Надежность канала стандартной точности ГЛОНАСС составляет не менее 99,98 процентов (глобальное среднее).
7	Зона действия	Зона действия службы SPS системы GPS составляет не менее чем 99,9 процентов (глобальное среднее).	Зона действия канала стандартной точности системы ГЛОНАСС составляет не менее 99,9 процентов (глобальное среднее)
8	Несущая частота	Каждый спутник GPS передает радиосигнал службы SPS на несущей частоте 1575,542 МГц (L1 GPS) с использованием метода кодового разделения каналов (CDMA)	Каждый спутник ГЛОНАСС передает радионавигационный сигнал канала стандартной точности (CSA) на его собственной несущей частоте в диапазоне L1 (1,6 ГГц), используя метод частотного разделения каналов (FDMA). Спутники ГЛОНАСС могут иметь одну и ту же несущую частоту, в этом случае они размещаются в диаметрально противоположных точках одной и той же орбитальной плоскости. Спутники ГЛОНАСС-М будут передавать дополнительный дальномерный код на несущих в частотном диапазоне. L2 (1,2 ГГц), используя метод частотного разделения каналов (FDMA).
9	Спектр сигнала	Сигнал службы SPS системы GPS излучается в пределах полосы ± 12 МГц (1563,42-1587,42 МГц), с центром на частоте L1	Сигнал канала стандартной точности (CSA) ГЛОНАСС излучается в пределах полосы частот $\pm 5,75$ МГц с центром на каждой несущей частоте
10	Поляризация	Передаваемый радиосигнал имеет правостороннюю круговую поляризацию (по часовой стрелке в направлении излучения)	

11	Уровень мощности сигнала	<p>Каждый спутник GPS передает навигационные радиосигналы SPS с уровнем мощности, достаточным для того, чтобы в любой точке околоземного пространства, в которой спутник наблюдается на угле возвышения 5 градусов или более, уровень принимаемого радиосигнала, на выходе линейно поляризованной антенны 3 dBi находился в диапазоне от -160 dBW до -155 dBW для любой ориентации антенны, ортогональной к направлению распространения.</p>	<p>Каждый спутник ГЛОНАСС передает радионавигационные сигналы канала стандартной точности (CSA) с уровнем мощности, достаточным для того, чтобы в любой точке околоземного пространства, в которой спутник наблюдается при угле возвышения 5 градусов или более, уровень принимаемого радиосигнала на выходе линейно поляризованной антенны 3 дБi для любой ориентации антенны, ортогональной к направлению распространения, находился в диапазоне значений от -161 дБВт до 155,2 дБВт.</p> <p>Ограничение мощности 155,2 дБВт учитывает заданные характеристики антенны пользователя, ослабление сигналов в атмосфере 0,5 дБ и ошибку наклонного положения спутника до одного градуса (в направлении повышения уровня сигнала).</p> <p>Спутники ГЛОНАСС-М будут также передавать дальномерный код на частоте L2 с уровнем мощности, достаточным для того, чтобы в любой точке околоземного пространства, в которой спутник наблюдается на угле возвышения 5 градусов или более, уровень принимаемого радиосигнала на выходе линейно поляризованной антенны 3дБi для любой ориентации антенны, ортогональной к направлению распространения, составлял не менее -167 дБВт</p>
----	--------------------------	--	--

12	Модуляция	Сигнал службы SPS системы GPS, передаваемый на частоте L1 модулируется посредством двухпозиционной фазовой манипуляции (BPSK) псевдослучайным шумоподобным (PRN) грубым кодом захвата и сопровождения (C/A) с тактовой частотой 1,023 МГц. Кодовая последовательность C/A повторяется каждую миллисекунду. Передаваемая кодовая последовательность PRN образована суммированием по модулю 2 навигационного сообщения, имеющего частоту 50 бит в секунду, и кода C/A	Каждый спутник ГЛОНАСС передает на своей несущей частоте навигационный радиосигнал, модулированный двоичной последовательностью посредством двухпозиционной фазовой манипуляции (BPSK). Фазовая манипуляция частоты производится на π радиан с максимальной ошибкой $\pm 0,2$ рад. Псевдослучайная кодовая последовательность повторяется каждую миллисекунду. Модулирующий навигационный сигнал образуется суммированием по модулю 2 следующих трех двоичных сигналов: а) дальномерный код с частотой 511 кбит/с; б) навигационное сообщение с частотой 50 бит/с; и с) вспомогательная меандровая последовательность с частотой 100 Гц
13	Время	Время GPS привязано к системе координированного всемирного времени UTC (USNO).	Время ГЛОНАСС привязывается к шкале UTC (SU)
14	Система координат	WGS-84	ПЗ-90
15	Навигационная информация	Навигационная информация, переданная спутником, включает необходимые данные, чтобы определить: а) время передачи спутника; б) местоположение спутника; с) состояние спутника; д) параметры бортовой шкалы времени спутника; е) эффекты запаздывания распространения; ф) поправка к UTC; г) состояние орбитальной группировки	Навигационная информация, переданная спутником, включает необходимые данные, чтобы определить: а) время передачи спутника; б) местоположение спутника; с) состояние спутника; д) параметры, бортовой шкалы времени спутника; е) поправка к UTC; ф) состояние орбитальной группировки.

2.4. Бортовая система функционального дополнения (ABAS)

Характеристики. Функция ABAS, комбинированная с одним или несколькими другими элементами GNSS, а также безотказный приемник GNSS и безотказная система воздушного судна, используемые для функции ABAS, должны отвечать требованиям к точности, целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности, приведенным в таблице 2.2.

2.5. Спутниковая система функционального дополнения (SBAS)

Система SBAS, комбинирующая с элементами GNSS и безотказным приемником GNSS должны отвечать требованиям, приведенным в таблице 2.2 к точности, целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности для выполняемой операции.

SBAS дополняет основные орбитальные группировки GPS и/или ГЛОНАСС, повышая точность, целостность, непрерывность и эксплуатационную готовность навигационного обеспечения в пределах большой зоны действия, обычно включающей несколько аэродромов.

Функции и технические требования к SBAS приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 .Требования к SBAS

	Функция, параметр	Значение
	Измерение дальности	
1	Ошибка по дальности для дальномерного сигнала от спутника SBAS без учета атмосферных эффектов не более	25 м, (95%)
2	Вероятность того, что ошибка по дальности для дальномерного сигнала от спутника SBAS превысит 150 м в течение любого часа не более	10^{-5}
3	Вероятность незапланированных отказов дальномерной функции SBAS в течение любого часа не более	10^{-3}
4	Ошибка изменения дальности не более	2 м/с
5	Ошибка скорости изменения дальности не более	0.019 м/с^2
6	Состояние спутника GNSS	Действующая информация, маска PRN, набор данных IODP, данные о целостности (эта информация находится в соответствующих типах сообщений, передаваемых SBAS)
7	Предоставление корректирующей информации	Основная и высокоточная дифференциальная коррекция: краткосрочные и долгосрочные поправки к эфемеридам и времени, ионосферные поправки
8	Зона действия (Зоны обслуживания SBAS определяются каждым поставщиком услуг и публикуются при принятии систем к использованию)	Соответствует зоне действия геостационарного спутника SBAS
9	Радиочастотные характеристики	
10	Несущая частота	1575.42 МГц
11	Спектр сигнала	95% в полосе 24 МГц

12	Уровень мощности сигнала	Каждый спутник SBAS передает навигационные радиосигналы с уровнем мощности, достаточным для того, чтобы в любой точке околоземного пространства, в которой спутник наблюдается на угле возвышения 5 градусов или более, уровень принимаемого радиосигнала, на выходе линейно поляризованной антенны 3 dBi находился в диапазоне от -161 dBW до -153 dBW для любой ориентации антенны, ортогональной к направлению распространения.
13	Поляризация	Передаваемый радиосигнал имеет правостороннюю круговую поляризацию (по часовой стрелке в направлении излучения)
14	Модуляция	Передаваемая последовательность образуется суммированием по модулю 2 навигационного сообщения, имеющего скорость 500 символов в секунду и псевдослучайного шумового кода длиной 1023 бита. Данной последовательностью модулируется несущая частота, используя метод двухпозиционной фазовой манипуляции (BPSK).
15	Сетевое время SBAS (SNT)	Разность между временем SNT и временем GPS не превышает 50 наносекунд

16	Навигационная информация	<p>Навигационные данные, передаваемые спутник включают необходимую информацию для определения следующего:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) время передачи спутника SBAS; b) местоположение спутника SBAS; c) скорректированное бортовое время для всех спутников; d) скорректированное местоположение для всех спутников; e) эффекты задержки распространения за счет ионосферы; f) целостность информации местоположения пользователя; g) поправка к UTC; h) состояние уровня обслуживания
----	--------------------------	--

2.6. Наземная система функционального дополнения (GBAS)

Дополнение GBAS в комбинации элементами GNSS и безотказным приемником GNSS должны отвечать требованиям к системным характеристикам таблицы 2. 2 по точности, непрерывности, эксплуатационной готовности и целостности для планируемой операции. Система GBAS предназначена для обеспечения всех типов захода на посадку, посадки, вылета и наземных операций. Приведенные ниже требования основаны на Стандартах и рекомендуемой практике (SARPS) [3] и распространяются на операции точного захода на посадку по I категории метеоминимума.

GBAS выполняет следующие функции :

- a) обеспечение локальных поправок к псевдодальности;
- b) обеспечение данных о системе GBAS;
- c) обеспечение данных для конечного этапа захода на посадку;
- d) обеспечение прогнозирования данных об эксплуатационной готовности дальномер источника;

e) обеспечение контроля целостности источников дальномерных измерений GNSS . Для наземной дальномерной функции будут разработаны дополнительные SARPS .

Зона действия GBAS обеспечивается для **всех** заходов на посадку по I категории, кроме случаев наличия топографических особенностей и соответствующих эксплуатационных требований.

Точность. Среднеквадратическое значение (RMS) вклада наземной части GBAS в погрешность скорректированной псевдодальности для спутников GPS и ГЛОНАСС дается выражением:

$$RMS \leq \sqrt{\frac{(a_0 + a_1 \times e^{\frac{\theta_n}{\theta_0}})^2}{M} + (a_2)^2},$$

где:

M- число наземных опорных приемников GBAS;

n- номер источник дальномерного сигнала (спутника);

θ_n - угол места n-го источника дальномерного сигнала;

a_0, a_1, a_2, θ_0 - коэффициенты, приведенные в таблице 2.6 для GPS

Таблица 2.6

Показатель точности GBAS	θ_n (градусы)	θ_0 (градусы)	a_0 (м)	a_1 (м)	a_2 (м)
A	≥ 5	14.3	0.5	1.65	0.08
B	≥ 5	15.5	0.16	1.07	0.08
C	> 35	15.5	0.15	0.84	0.04
	5-35	-	0.24	0	0.04

Характеристики радиопередачи данных:

- **Несущая частота.** Радиопередача данных производится на выделенной несущей частоте в пределах полосы частот от 108,000 МГц до 117,975 МГц. Выделенная частота является кратной 25 кГц.

- **Метод доступа.** Используется метод многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA) и фиксированной структурой кадра. Передача данных происходит в течение одного или двух заданных временных интервалов в каждом кадре TDMA. В каждом кадре передается одно или более сообщений.

- **Модуляция.** Данные GBAS передаются в виде 3-разрядных символов, модулирующих излучаемую частоту при помощи 8-позиционной дифференциальной фазовой манипуляции со скоростью 10 500 символов в секунду.

- **Стабильность несущей частоты** составляет $\pm 0.0002\%$ от выделенной частоты.

- **Кодирование.** Данные приложений кодируются систематическим кодом Рида-Соломона фиксированной длины (255, 249).

- **Навигационная информация.** Навигационные данные включают следующую информацию:

- а) поправки к псевдодальности, данные по отсчету времени и целостности;

- b) данные аэропорта;
- c) данные конечного этапа захода на посадку ;
- d) данные об эксплуатационной готовности источника дальномерных измерений.

2.7. Бортовой приемник GNSS

Бортовой приемник GNSS должен обрабатывает сигналы тех элементов GNSS, которые предполагается использовать .

При проведении навигационных расчетов бортовой приемник должен исключать любой спутник признанный неработоспособным по эфемеридной информации.

Приемник должен обеспечивать непрерывное сопровождение минимум 4 спутников и решать навигационные задачи по информации этих спутников.

Приемник должен компенсировать динамическое доплеровское смещение частоты и фазе несущей.

Перед решением любой навигационной задачи в приемнике должна применяться процедура проверки правильности использования времени и параметров эфемерид.

Помимо изложенного, к GNSS приемнику предъявляются и другие требования, оговоренные стандартами.

При формировании требований к GNSS было введено понятие безотказного приемника пользователя GNSS.

Безотказный приемник должен обладать номинальными характеристиками по точности и времени предупреждения и не должен иметь отказов, касающихся целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности других составляющих.

Безотказный приемник должен обладать номинальными характеристиками по точности и времени предупреждения и не должен иметь отказов, касающихся целостности, непрерывности и эксплуатационной готовности других составляющих GNSS (SBAS, GBAS, GPS, ГЛОНАСС).

Номинальные ошибки безотказного приемника определяются коэффициентом шума приемника, многолучевостью от корпуса воздушного судна, нескомпенсированными тропосферными погрешностями.

Для бортового безотказного приемника, функционирующего с системой SBAS среднеквадратическое значение погрешности скорректированной псевдодальности не должно превышать 1.8 м без учета многолучевости и остаточных атмосферных погрешностей при наилучшей помеховой обстановке для операции точного захода на посадку и 5 м в других случаях.

Для приемника, функционирующего с системой GBAS среднеквадратическое значение

погрешности скорректированной псевдодальности определяется соотношением

$$RMS_{pr-air} \leq a_0 + a_1 \times e^{\frac{\theta_n}{\theta_0}}$$

где:

n - номер источник дальномерного сигнала (спутника);

θ_n - угол места n -го источника дальномерного сигнала;

a_0, a_1, θ_0 - коэффициенты, приведенные в таблице 2.7 для GPS

Таблица 2.7

Обозначение класса точности воздушно-го судна	θ_n (градусы)	θ_0 (градусы)	a_0 (м)	a_1 (м)
A	≥ 5	6.9	0.15	0.43
B	≥ 5	4.0	0.11	0.13

Данный вклад не включает ошибку измерений обусловленную влиянием многолучевости от корпуса воздушного судна. Для приемника ГЛОНАСС данные таблицы 7 не действительны.

2.8. Требования морских и речных пользователей системы GNSS

Требования морских и речных пользователей регламентируются международной морской организацией (ИМО), стандартами RTSM, нормативными документами государств, внедряющих спутниковые навигационные технологии. Некоторые требования речных и морских пользователей США приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Требования	Точность определения плановых координат (2D RMS, 1 сигма, метры)		Доступность	Интервал измерений/ (число измерений)	Разрешение неоднозначности с вероятностью
	Прогнозируемая	Повторяющаяся			
Внутренние водные пути					
Безопасность навигации больших судов и буксиров	2-5	2-5	99.9%	1...2 сек (2)	99.9%

Безопасность навигации прогулочных теплоходов и малых судов	5-10	5-10	99.9%	5...10 сек (2)	99.9%
Проектные работы на реке	0.1-5	0.1-5	99.0%	1...2 сек (2...3)	99.9%
Подход к гавани вход в гавань					
Безопасность навигации Большие корабли и буксиры	8-20	Заявляется пользователем	99.7%	6...10 сек (2)	99.9%
Безопасность навигации малые суда	8-20	8-20	99.9%	Зависит от гавани	99.9%
Изыскательские работы	1-5	1-5	99.0%	1 сек (2)	99.9%
Проектные и инженерные работы в гавани	0.1-5	0.1-5	99.0%	1...2 сек (2...3)	99.9%
Прибрежная зона					
Безопасность навигации всех судов	460	Заявляется пользователем	99.7%	2 минуты (2)	99.9%
Безопасность навигации частные и малые суда	460-3600	Заявляется пользователем	99.0%	5 минут (2)	99.9%
Открытое море					
Безопасность навигации всех судов	3700-7400 минимум 1850-3700 желательно	Заявляется пользователем	99.9% в течение 12 часов	2 часа желательно 15 минут (2)	99.9%

Надежность и целостность зависит от заданного времени.

2.9. Требования других пользователей системой GNSS

Внедрение спутниковых технологий определения места и времени носит всеобъемлющий глобальный характер. Требования, которые обеспечивают системы GPS и ГЛОНАСС могут быть положены в создание специализированных функциональных дополнений с при

менением особых, например, не в реальном времени, методов обработки радионавигационных сигналов. При этом могут быть получены весьма впечатляющие результаты, в частности, миллиметровая точность. Во всех подобных случаях требования к результирующим системным характеристикам формулируются пользователями и регламентируются частными нормативными документами.

