

# ПРОБЛЕМЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Рухлинский В.М., Большедворская Л.Г.

*Московский государственный технический университет гражданской авиации,  
Москва, Россия*

icaoiac@mail.ru, l.bolshedvorskaya@mstuca.ru

*Аннотация. В настоящее время уязвимость GNSS/GPS как к преднамеренным, так и непреднамеренным помехам сигнала представляет собой серьезную проблему безопасности полетов. Риск, создаваемый преднамеренными помехами, особенно вызывает беспокойство, поскольку он представляет значительную угрозу для воздушных судов и пассажиров. Поэтому эффективный мониторинг и оценка таких помех имеют решающее значение для снижения эксплуатационного риска.*

*Ключевые слова: безопасность полетов, мониторинг, эксплуатационный риск, воздушные суда.*

## Введение

Навигационная спутниковая система, как кровеносная система авиатранспортной деятельности, состоит из шести систем, четыре из которых: американская GPS, российская ГЛОНАСС, европейская Galileo и китайская BeiDou носят глобальный характер, покрывая весь земной шар и определяя местоположение, скорость и время нахождения объектов на земле, используя сигналы, передаваемые со спутников. Две системы, такие как OZSS (Япония) и NavIC (Индия) являются системами регионального значения, дополняя покрытие глобальных систем и повышающие точность позиционирования объектов в конкретных регионах [1, 2].

Несмотря на локальность охвата Земли региональными системами, их роль и значение в эксплуатационной деятельности воздушного транспорта не менее значимы.

В последние годы на фоне введенных санкционных ограничений мир столкнулся с проблемами в работе приложений и сервисов, требующих качественного и стабильного сигнала GPS.

Особую остроту данной проблемы ощущает авиатранспортная отрасль, обусловленную сложностью с определением местоположения воздушных судов в некоторых регионах России. К таким регионам относятся Воронежская, Белгородская, Курская, Ростовская области, регионы Краснодарского края, Крыма и даже Москвы.

Это связано с тем, что устройства с GPS определяют местоположение значительно дольше, чем раньше. Более того, у некоторых устройств отмечаются проявления серьезных погрешностей и ошибок в определении местоположения.

Например, если раньше на соединение со спутниками уходило буквально несколько секунд, то сейчас этот процесс занимает в десятки раз больше времени. Поскольку, чтобы обеспечить качественную геолокацию с использованием технологии GPS, устройству необходим устойчивый сигнал минимум от 4 спутников.

Этим обусловлена актуальность области исследования, целью которого является оценка факторов, влияющих на проблемы спутниковой навигации в гражданской авиации и обоснование первоочередных мер предотвращения эксплуатационного риска.

## 1. Формулировка цели

Основными требованиями к навигационной и радиотехнической защищенности авиатранспортных систем, использующих спутниковую навигацию, являются устойчивость и надежность передаваемых сигналов. Анализ ошибок, влияющих на безопасную эксплуатацию воздушных судов, позволил выявить наличие факторов, которые снижают эффективность функционирования систем спутниковой навигации, одним из которых является снижение работоспособности и возникновение преднамеренных и непреднамеренных помех [2, 3].

В последнее время данная проблема приобретает мировой характер, поэтому Европейский Союз опубликовал Правила внедрения навигации, основанной на характеристиках (PBN IR – EU 2018/1048), чтобы перевести европейские операции с обычной навигации на PBN.

PBN, или "Performance-Based Navigation" – это подход к воздушной навигации, который фокусируется на характеристиках воздушного судна, а не на конкретных видах навигационного оборудования. В рамках PBN, требования к навигационным характеристикам, таким как точность,

целостность и непрерывность, определяются в зависимости от конкретного этапа полета и воздушного пространства, а не предписываются к конкретному оборудованию.

Однако, это может создать дополнительные сложности, обусловленные уязвимостью GNSS/GPS к возникновению как преднамеренных, так и непреднамеренных помех передаваемого сигнала, что представляет собой серьезную проблему безопасности полетов [4].

Риск, создаваемый преднамеренными помехами, особенно вызывает беспокойство, поскольку он представляет значительную угрозу для воздушных судов и пассажиров. Поэтому эффективный мониторинг и оценка таких помех имеют решающее значение для снижения эксплуатационного риска.

## 2. Метод исследования

Одним из способов преодоления данной проблемы является внедрение Программы управления данными о полетах (FDX) Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), которая представляет собой веб-инструмент, предназначенный для предоставления подписчикам сравнительного обзора о наличии областей, вызывающих беспокойство в сфере безопасности полетов, с возможностью сравнительного анализа на глобальном, региональном и аэропортовом уровнях.

Для решения проблемы GNSS программа GADM FDX обеспечивает комплексный подход для выявления и мониторинга горячих точек и тенденций в событиях потери сигнала GPS.

Кроме того, репозиторий GADM NOTAM облегчает отслеживание NOTAM, выпущенных государствами для информирования пользователей воздушного пространства о потенциальных помехах GNSS/GPS.

Согласно данной программы, начиная с августа 2021 года по декабрь 2022 года был организован сбор и анализ FDX по потере сигнала GPS, характеризующий потери сигнала по регионам (рис. 1).

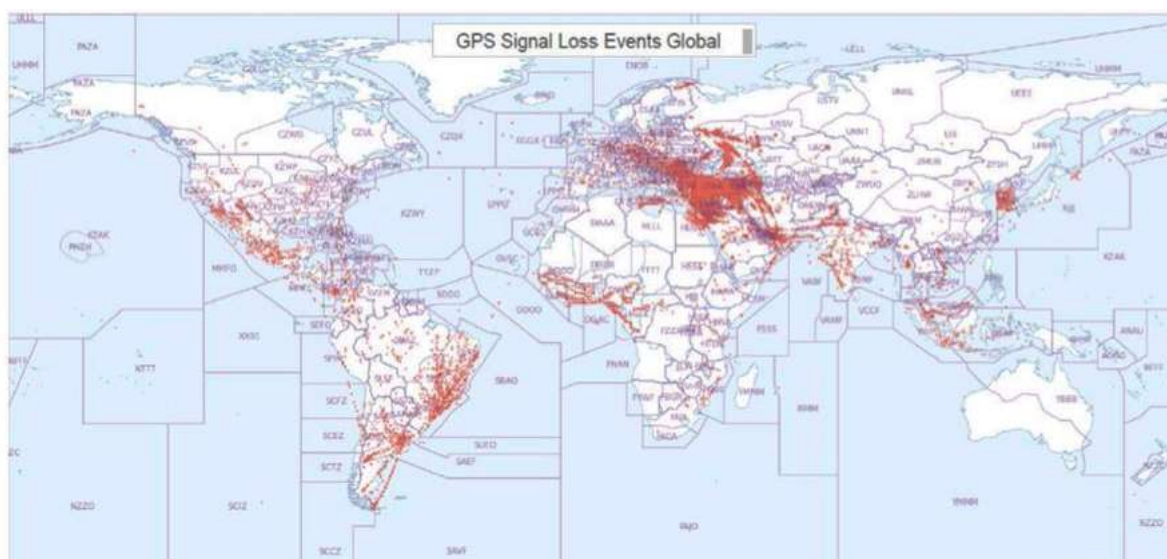


Рис. 1. Параметры тепловых карт потери сигнала GPS FDX [6]

Проведенный анализ статистических данных рассматриваемого периода показал, что более 50% потери сигнала GPS приходится на регионы Европейской части, обусловленных большим количеством рейсов, сконцентрированных в этом регионе. Из 325 случаев потери сигнала навигационной системы 222 приходится на Европу. На втором месте – регионы Ближнего Востока и Северной Африки (рис. 2).

Причем следует подчеркнуть, что сбор статистических данных осуществлялся до возникновения Палестино-Израильского конфликта, что существенно бы изменило картину потери сигнала навигационных систем.

The first visuals present the event count and % over total events for the FDX GPS Signal Loss event per IATA OSS Region.

IATA OSS Region	FDX Event Count	%GT FDX Event Count
AFI	1.4K	0.4%
ASPAC	2.1K	0.7%
CIS	12.9K	4.0%
EUR	222.3K	68.4%
LATAM/CAR	32.5K	10.0%
MENA	53.2K	16.4%
NAM	0.4K	0.1%
NASIA	0.1K	0.0%
<b>Total</b>	<b>325.0K</b>	<b>100.0%</b>

Note: Region derived from FIR of occurrence from the FDX events  
%GT : Percentage over grand total FDX Event Count

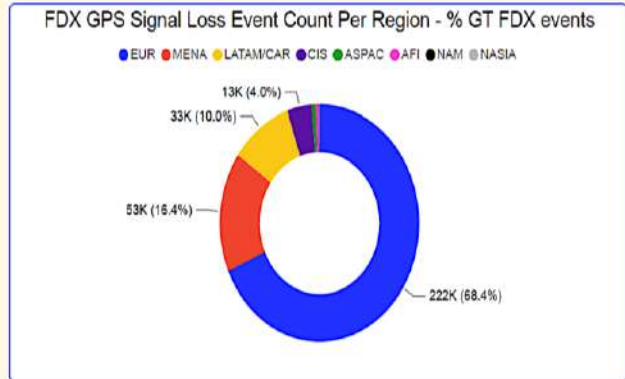


Рис. 2. Область охвата FDX при потере сигнала GPS [5, 6]

В настоящее время для регионов Российской Федерации наиболее выраженные частые потери сигнала приходятся на Москву, Пензу, Самару, Белгород, Воронеж, Ростов, Волгоград, а также регионы Грузии и Азербайджана (рис. 3).

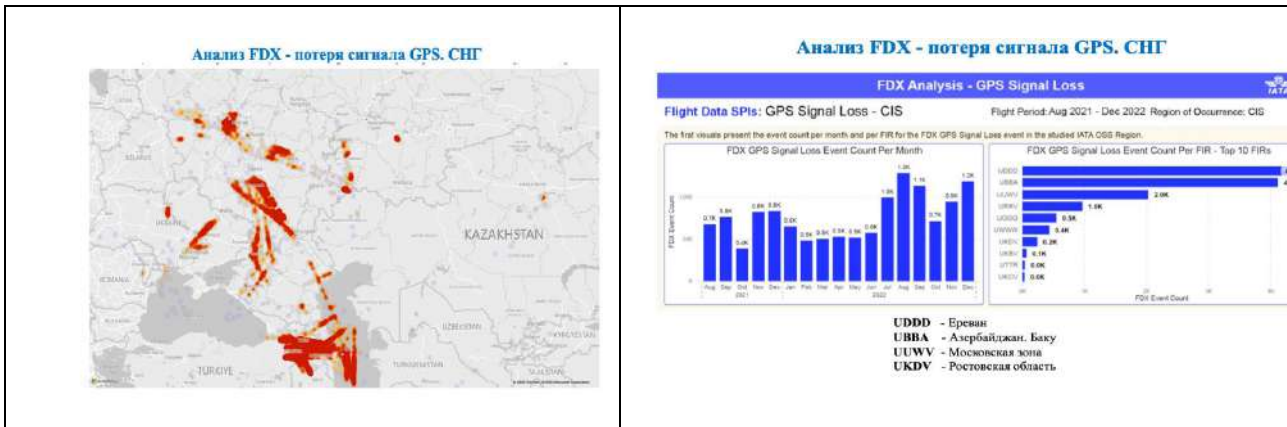


Рис. 3. Анализ FDX – потеря сигнала GPS для регионов СНГ [6]

На фоне вступления Финляндии и Швеции в НАТО может обостриться проблема спутниковой навигации в гражданской авиации в районах городов Мурманская и Санкт-Петербурга.

### 3. Алгоритм решения проблемы спутниковой навигации для гражданской авиации

Наиболее значимыми факторами согласно данным, опубликованных NOTAM, явились:

- невозможность получение сигнала GPS;
- прерывания сигнала GNSS;
- глушение GPS и помехи GNSS;
- потери информации GPS;
- сбой или ухудшение радиолокации и частоты связи;
- ненадежность GPS, аномалии GNSS, помехи GNSS.

Таким образом, можно сделать вывод, что перебои в работе GNSS становятся основой риска для PBN OPS (рис. 4).

Left table displays the top 15 FIRs with the most frequent GPS signal loss events. Right table visualizes the availability of GNSS signal interference NOTAMs.

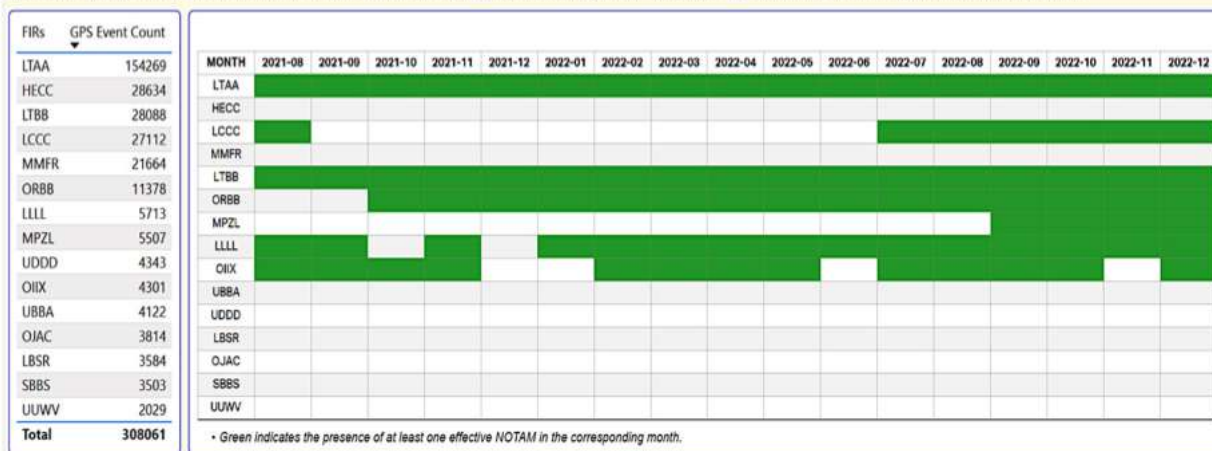


Рис. 4. Анализ FDX – потеря сигнала GPOS. NONAMs [6]

Первостепенные меры для снижения влияния отключения GNSS обусловлены принятием необходимых и обоснованных решений поставщиков аэронавигационного обслуживания в выборе различных средств для предоставления, когда по непредвиденным причинам, не зависящим от них, GNSS или другие методы, используемые для навигации, больше не доступны.

Эти меры должны включать, в частности, сохранение сети обычных навигационных средств и соответствующей инфраструктуры наблюдения и связи.

Позиция ИАТА по использованию традиционных навигационных средств, одним из которых является Ненаправленный маяк (NDB), обеспечивающий восстановление быстрого вывода из эксплуатации всех NDB для навигационных служб.

Однако, для аэропортов, где используется только NDB, есть риск неточного захода на посадку.

Поэтому процедура ADF на основе NDB должна быть заменена процедурой RNP APCH на основе GNSS с Baro-VNAV.

Использование NDB для маршрута должно быть заменено точками маршрута PBN.

На рисунке 5 представлен алгоритм реализации стратегии возврата GNSS, представленного в виде трех независимых сценариев.



Рис. 5. Алгоритм реализации стратегии возврата GNSS

#### 4. Заключение

Проведенное исследование и полученные выводы подчеркивают, что альтернативой может быть применимость оборудования для измерения расстояния (DME), поддерживающего использование

некоторых существующих DME в качестве аварийных навигационных средств, дополняющих GNSS для операций RNAV.

Необходимо восстановить активную эксплуатацию системы посадки по приборам (ILS).

Осуществлять поддержку постоянного развертывания и использования ILS в качестве основного средства точного захода на посадку.

Поставщики аэронавигационных услуг в большинстве случаев должны продолжать поддерживать операции ILS на самом высоком уровне обслуживания.

В настоящее время ИАТА высоко ценит и поддерживает деятельность Евроконтроля по разработке стратегии возврата GNSS. Стратегия реализации такого подхода может быть реализована в формате трех возможных сценариев, применимость которых зависит от плотности движения и региональных особенностей. Варианты применимости и обоснование безопасности полетов самолетов гражданской авиации представлены на рисунке (рис. 5).

## Литература

1. Глобальная дорожная карта обеспечения безопасности полетов. DOC 10161. ИКАО. Утверждено и опубликовано с санкции Генерального секретаря Международной организации гражданской авиации. Издание первое. 2023. ISBN 978-92-9275-169-2 (печатная версия). [https://www.icao.int/sites/default/files/safety/GASP/Documents/Doc%2010161%20\(RU\).pdf](https://www.icao.int/sites/default/files/safety/GASP/Documents/Doc%2010161%20(RU).pdf) (Дата обращения 15.07.2025).
2. *Затучный Д.А.* к проблеме устойчивости и радиотехнической защищенности навигационных систем воздушного судна гражданской авиации, использующих точные системы спутниковой навигации // Труды международного симпозиума «Надежность и качество», 2028. – Т.1. – С. 38–40.
3. *Стулов А.В.* Проблемы внедрения и использования спутниковых навигационных технологий в гражданской авиации / А.В. Стулов, Ю.Н. Кириков, К.В. Карасев // Научный вестник ГосНИИ ГА, 2020. – № 30. – С. 158–165.
4. *Трофимова Е.К.* Спутниковые системы навигации. Международно-правовые проблемы. В сборнике: Трансформация права. Материалы VI всероссийского научно-практического форума студентов и молодых ученых. Екатеринбург, 2024. – С. 431–439.
5. *Commission Implementing Regulation (EU) 2018/1048* of 18 July 2018 laying down airspace usage requirements and operating procedures concerning performance-based navigation. Official Journal of the European Union. L 189/3. 26.07.2018.
6. *Dobruszkes F.* The monthly rhythms of aviation: A global analysis of passenger air service seasonality / F. Dobruszkes, J-M. Decroly, P. Suiu-Sanchez // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100582> (Дата обращения 20.07.2025).