



Валерий Кушельман,
д.т.н., зам. директора ГосНИИ
«Аэронавигация»,
директор СЦ БО.



Алексей Фомичев,
д.ф.-м.н., профессор,
генеральный директор
ЗАО «Лазекс».

Будущее точной навигации – за интегрированными системами

Для обеспечения действующих и перспективных требований, связанных с реализацией концепции CNS/ATM ИКАО, направленной на повышение безопасности полетов, увеличение интенсивности воздушного движения, а также снижение эксплуатационных расходов, существенно возрастают требования к навигации и самолетовождению воздушных судов (ВС). Так, решением Европейской конференции гражданской авиации, принятым в 2003 г., требования к самолетовождению в условиях точной зональной навигации, соответствующие нормативам RNP-1, приняты обязательными для полетов в отдельных зонах воздушного пространства Европы. Ожидается, что с 2005 г. принятые в настоящее время процедуры P-RNAV будут постепенно заменяться процедурами RNP-RNAV, которые существенно ужесточают требования к характеристикам навигационных параметров, вырабатываемым на борту.

Применительно к навигационному оборудованию основными в этой связи являются требования по точности, целостности и непрерывности навигационной информации, понимаемыми в соответствии с [1]. Погрешность выдерживания траектории в горизонтальной плоскости, включающая ошибку собственно навигационных определений, в течение 95% полетного времени должна быть не более ± 1.85 км. Вероятность превышения реальной погрешности указанного порогового значения без распознавания самой навигационной системой такой ситуации долж-

на быть $< 10-5$ на час полета, а вероятность потери текущей способности к RNP-RNAV либо ложной сигнализации о ней – менее $10-4$ на час полета.

Особое место среди навигационного оборудования занимают интегрированные навигационные системы (ИНС), построенные на принципе комплексирования инерциальной информации о движении с информа-

ков углового движения с более грубыми дрейфовыми характеристиками задачи, стоящие перед ИНС, как основным средством навигации, решаются не в полном объеме, но, в отличие от систем курса и вертикали, ими обеспечивается более грубая навигация и гироскомпасирование. Однако даже в случае реализации ИНС «инерциального навигационного качества» обеспечить требуемые точно-



цией от глобальных спутниковых радионавигационных систем (GNSS – Global Navigation Satellite System) – ГЛОНАСС, GPS и в перспективе Galileo.

Известно, что так называемое инерциальное навигационное качество [2], когда ИНС, размещенные на борту ВС, могут служить основным навигационным средством, возможно при использовании в них гироскопов с дрейфом не более 0.01 град./час. При использовании датчи-

стные характеристики в течение длительного времени без использования каких-либо радионавигационных средств, например DME, VOR и др., проблематично. Именно поэтому для реализации процедур P-RNAV допускается использование ИНС в качестве основного и единственного средства определения пространственных координат только в течение ограниченных промежутков времени, при этом относят такой навигационный режим к нештатной ситуации.

Обсудим возможность использования информации от глобальных спутниковых радионавигационных систем для реализации процедур P-RNAV. В отличие от ИНС, ошибка определения координат и скорости ВС при использовании таких систем не накапливается и имеет случайный характер. Принимая во внимание существующий уровень точности позиционирования, обеспечиваемый в условиях отсутствия селективного доступа аппаратурой потребителя GNSS

осуществления навигации с гарантированной точностью для различного числа спутников, входящих в группировку GPS, с учетом процедуры RAIM. На рисунке вдоль горизонтальной оси отложена удвоенная ошибка позиционирования по GPS в горизонтальной плоскости (в морских милях), соответствующая категоризированным RNP (0.15, 0.3, 0.5, 1), вдоль вертикальной оси — возможность осуществления повсеместной и постоянной навигации (в процентах).

дуру RAIM, в части обеспечения целостности и непрерывности навигации, во-первых, и, во-вторых, существенную зависимость этих характеристик от количества работоспособных спутников в группировке.

Как показывают современные тенденции развития высокоточной навигационной техники, оптимальный компромисс в этих условиях достигается на основе комплексирования инерциальной и спутниковой информации. Примером оборудования, в котором реализован указанный принцип, являются интегрированные навигационные системы фирм Litton Aero Products (LTN-101 FLAGSHIP), Sagem (SIGMA RL90), ФНПЦ РПКБ (ЛИНС-2000) с гироскопами фирмы Thales, ЗАО «Лазекс» (НСИ-2000, НСИ-2000МТ) с лазерными гироскопами ФГУП НИИ «Полус».

Отечественные интегрированные инерциально-спутниковые системы НСИ-2000 и НСИ-2000МТ прошли полный цикл квалификационных работ, имеют Свидетельство АРМАК о годности № СГКИ-034-101-НСИ-2000 и № СГКИ-034-100-НСИ-2000МТ соответственно. Система НСИ-2000 может служить базовым элементом для модернизации навигационно-пилотажного оборудования эксплуатируемых самолетов типа Ил-76, Ил-62, Ил-86, Ту-154, Як-42 и т.д. Система НСИ-2000МТ прошла сертификационные испытания на самолетах Бе-200 и Ту-334 как датчик навигационно-пилотажной информации, проходит квалификацию на Ил-96-300.

Как показывают моделирование и

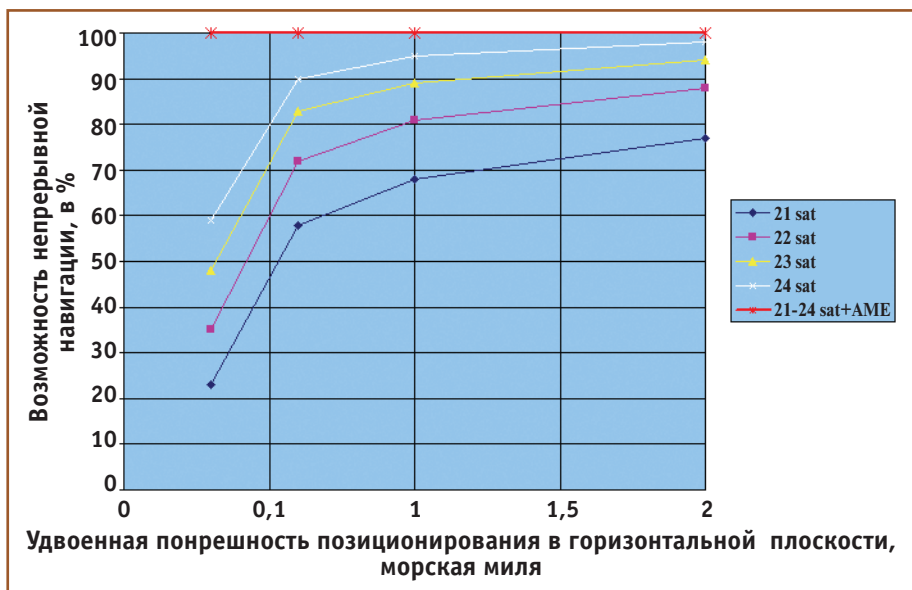


Рис. 1. Оценка целостности навигационных определений, обеспечиваемая GPS, с алгоритмом RAIM и с алгоритмом АІМЕ

и подтверждаемый на практике, можно утверждать, что требования по точности определения координат, выдвигаемые современными нормами самолетовождения, удовлетворяются. В то же время характеристики целостности и непрерывности, обеспечиваемые такими системами, существенно зависят от внешних факторов, таких как: состояние группировки спутников, текущая конфигурация рабочего созвездия, условия приема радиосигналов и т.д. Для поддержания этих характеристик на требуемом уровне бортовое оборудование GNSS в обязательном порядке должно поддерживать функции RAIM и PRAIM. И даже в этих условиях гарантированная реализация процедур P-RNAV исключительно средствами GNSS, вообще говоря, затруднительна. В качестве иллюстрации сказанного приведем данные из [2] (рис. 1), отражающие возможность повсеместного и постоянного

Различные ломаные соответствуют разному количеству спутников группировки GPS.

Приведенные данные демонстрируют ограниченность оборудования GNSS, использующего только проце-

