

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ МОРСКИХ И АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К НАВИГАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

С. Б. Рудницкий

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<roudnitsky@spiras.nw.ru>

УДК 623

Рудницкий С. Б. Анализ требований морских и авиационных потребителей к навигационному обеспечению // Труды СПИИРАН. Вып. 4. — СПб.: Наука, 2007.

Аннотация. *Спутниковая радионавигация, и в частности ее подсистема — навигационная аппаратура потребителей (НАП), завоевывает рынок навигационных услуг быстрыми темпами. Это привело к появлению множества прогнозов о возможности использования на различных транспортных средствах НАП спутниковых радионавигационных систем (СРНС) как основного навигационного средства. В статье автор попытался ответить на следующие три вопроса: 1) какие требования выставляются потребителями (в первую очередь — морскими и авиационными) к (радио)навигационному обеспечению; 2) соответствуют ли этим требованиям тактико-технические характеристики существующих и проектируемых систем; 3) какие требования эти потребители будут выставлять к НАП для того, чтобы удовлетворить свои потребности. В статье также освещается ситуация с существующей сегодня на отечественном рынке НАП СРНС и делается прогноз об облике перспективной в ближайшем будущем НАП. — Библ. 20 назв.*

UDC 623

Roudnitsky S. B. The navy and aviation customers equipments requirements for navigation equipment analysis // SPIIRAS Proceedings. Issue 4. — SPb.: Nauka, 2007.

Abstract. *Sputnik radionavigation (e.g. NCE — Navigation Customer Equipment) gains the navigation services market with speed. It results in an appearance of a number of prognoses about probability of transports NCE using with sputnik radionavigation systems (SRNS). In the article there are answers represented by the author for three questions: 1) what is the requirements for (radio)navigation equipment particularly for navy and aviation customers? 2) Are this corresponding with characteristics of modern systems and systems in design? 3) What is the future requirements for NCE? Also in the article there are information about NCE SRNS market situation in Russia and prognoses for prospective NCE image. — Bibl. 20 items.*

1. Введение

Для решения различных задач потребителям необходима достоверная информация о местоположении с определенной точностью и дискретностью обновления в любой точке наземного и околоземного пространства. Требования потребителей определяются в виде необходимых характеристик радионавигационных систем (РНС) и навигационной аппаратуры потребителей (НАП), обеспечивающих решение потребителями различных задач. Требования к навигационному обеспечению морских и воздушных потребителей разрабатываются соответствующими организациями как на международном, так и государственном уровне. Основными требованиями потребителей к навигационному обеспечению являются требования к размеру рабочей зоны РНС, к точности определения местоположения объектов, к доступности (непрерывности и готовности) и к целостности РНС.

Все вышеуказанные характеристики определяют уровень безопасности движения морских и воздушных судов и в свою очередь зависят от качества навигационного поля, создаваемого навигационными системами, от наличия в этих системах функциональных дополнений, от уровня контроля качества радионавигационного поля, от состава и возможностей бортовых комплексов потребителей, от качества информационного взаимодействия, от уровня эксплуатационной надёжности всей используемой аппаратуры, от наличия и качества соответствующего топогеодезического и картографического обеспечения.

Международные требования морских потребителей к навигационному обеспечению определены Международной морской организацией (Резолюция А-815.19). Данная Резолюция принята в 1999 году и вводится в действие с 1 июля 2002 года [1]. Требования морских потребителей зависят от районов плавания, класса судов и выполняемых задач. На международном уровне требования к навигационному обеспечению воздушных потребителей установлены Международной организацией гражданской авиации (ИКАО, англ. ICAO — International Civil Aviation Organization) и определены в Приложении 10 Международных стандартов и рекомендуемой практики ИКАО [2], [3]. В части систем навигации и посадки ИКАО одобрила концепцию требуемых навигационных параметров комплекса (РНП, англ. RNP — Requirement Navigation Parameters) бортового оборудования, определяющую возможности, а не собственно состав и параметры систем навигации и посадки, которые должны быть установлены на воздушном судне (ВС) для осуществления навигации в воздушном пространстве.

РНП, предложенные для этапов полета по маршруту, захода на посадку, посадки и взлета, установлены как границы характеристик, описывающих боковые и вертикальные отклонения от заданной линии пути, и определяют точность навигации, целостность, непрерывность обслуживания и готовность навигационно-посадочных систем.

Требованиями ИКАО установлены вероятности этих характеристик. Далее эти вероятности распределяются в виде допустимых ошибок на все бортовые и наземные элементы систем навигации и посадки. По существу, выполнение этих требований и обеспечивает безопасность полетов.

Требования (стандарты) ИКАО изложены в действующих в РФ документах [4], [5], [6]. Требуемые навигационные характеристики (РНП) для процедур полета по маршруту, захода, посадки и вылета приведены в [3], [5].

Требования к характеристикам спутниковой системы и их связь с типами РНП приведены в [5].

2. Обобщенные требования воздушных и морских потребителей к радионавигационному обеспечению

Для удобства анализа по данным документов [4], [5] составлена табл. 1 обобщенных требований воздушных и морских потребителей к радионавигационному обеспечению.

Основные обобщенные требования потребителей к радионавигационному обеспечению

Таблица 1

1	2	3	4	5	Тактико-технические требования к навигационному обеспечению	
					Рабочая зона	Точность (СКП), 95%, м
Воздушные	Полеты по маршруту (Трасса)	Глобальная, региональная	3700	0,9999999/ч; 300 с	Не задана	Не задана
	Полеты в зоне аэродрома	Район аэродрома	740	0,9999999/ч; 15 с	От 0,9999/ч до 0,9999999/ч	От 0,999 до 0,999999
	Неточный заход на посадку	Район аэродрома	220	0,9999999/ч; 10 с	От 0,9999/ч до 0,9999999/ч	От 0,999 до 0,999999
	Заход и посадка по категориям ИКАО	Зона средств посадки	4	0,9999998/заход; 6 с	0,9999992 за любые 15 с	От 0,999 до 0,9999999
	Плавание в открытом море	Глобальная	100–3700	0,99; 10–250	0,99	0,99
	Плавание в прибрежной зоне	Районы прибрежных вод	100–460	1	2	3
	Прохождение узкостей, заходы в порты	Районы подходов к портам	10	0,99; 10	0,998	0,998
	Маневрирование в портах и швартовые операции	Акватории портов	1–10	0,99; 10	0,998	0,998
	Рыбопромысловый флот	Глобальная, региональная	10	0,99; 10	0,998	0,998
	Речной флот	Глобальная, региональная	10	0,99; 10	0,998	0,998
Морские	Геологоразведка, добыча полезных ископаемых, прокладка кабелей	Локальная, региональная	1–50	0,99; 10	0,998	0,998
	Гидрографические и дноуглубительные работы	Локальная, региональная	1–10	0,99; 10	0,998	0,998

3. Анализ соответствия ТТХ существующих и проектируемых систем обобщенным требованиям воздушных и морских потребителей

Анализ соответствия тактико-технических характеристик (ТТХ) существующих и проектируемых систем обобщенным требованиям морских и воздушных потребителей проведен методом сравнения данных табл. 1 и соответствующих характеристик из материалов, содержащих информацию о текущем состоянии спутниковых радионавигационных систем, планах их модернизации, планах развертывания новых систем [7], [8], [9] и [19] (и другие материалы).

По результатам анализа можно сформулировать следующие выводы:

- при существующем состоянии система ГЛОНАСС (глобальная навигационная система) самостоятельно не обеспечивает радионавигационное поле, достаточное для работы потребителей, а может использоваться только как дополнение GPS, что после отключения в последней режиме селективного доступа также малоэффективно;
- система GPS в настоящее время обеспечивает точность определения горизонтальных координат не хуже 22 м и по высоте не хуже 33 м, что достаточно для полетов по маршруту и в зоне аэродрома, неточного захода на посадку, плавания в открытом море и прибрежной зоне;
- характеристики доступности GPS (0,95) и достижимой целостности удовлетворяют требованиям авиационных потребителей при полетах по маршруту (как вспомогательное средство навигации), морских потребителей при плавании в открытом море и прибрежной зоне;
- в целом ни одна из существующих радионавигационных систем не удовлетворяет полностью современным требованиям потребителей к навигационному обеспечению.

Если программа восстановления и модернизации системы ГЛОНАСС будет успешно выполнена, то характеристики системы ГЛОНАСС достигнут существующего уровня характеристик системы GPS и смогут удовлетворять тому же кругу потребителей.

В те же сроки, к 2008 году, ожидается окончание модернизации системы GPS и начало развертывания системы GALILEO, что обеспечит точность измерения горизонтальных координат не хуже 6 м по системе GPS и не хуже 4 м по системе GALILEO, при этом точность измерения высоты по последней системе ожидается не хуже 8 м. Существенно повысится уровень доступности, непрерывности, готовности и целостности как за счет увеличения избыточности группировки НКА, так и за счет примененных технических решений. Такой уровень характеристик расширит круг удовлетворяемых воздушных и морских потребителей.

Для реализации требований в полном объеме необходимо создание систем, функционально дополняющих глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), в том числе дифференциальных широкозонных, региональных и локальных средств и средств контроля целостности. При этом следует понимать, что зарубежные дополнения, такие как WAAS, EGNOS, MSAS, не обеспечат потребности собственно России и некоторых стран СНГ.

4. Анализ соответствия требований отечественных морских и воздушных потребителей к существующей на российском рынке НАП ГНСС

Анализ степени удовлетворения требований отечественных морских и воздушных потребителей в части навигационной аппаратуры потребителей (НАП) ГНСС проведен методом выявления максимально достигнутых характеристик НАП независимо от фирмы и страны-производителя.

В качестве базы для анализа послужили информационные материалы 7 отечественных производителей по 24 образцам НАП, а также материалы [11,30], содержащие информацию о 436 приемниках GPS и ГЛОНАСС / GPS, производимых 58 наиболее авторитетными мировыми фирмами (без России). Особое внимание было уделено приёмникам, одновременно работающим по обеим системам ГЛОНАСС и GPS, а также характеристикам приёмников, приспособленных для работы с перспективными широкозонными дифференциальными подсистемами WAAS, EGNOS, MSAS.

Аппаратура потребителей СРНС выпускается в различной комплектации: с пультами, индикаторами, базами данных и без таковых в зависимости от её назначения. Как следует из приведённых данных, масса аппаратуры в целом находится в пределах нескольких килограммов и редко превышает 10 кг. Приемники строятся по многоканальной схеме с числом параллельных каналов чаще всего больше 10, причём наблюдается тенденция к приёму сигналов всех КА, находящихся в зоне радиовидимости потребителя. Последнее обстоятельство позволяет существенно улучшить геометрический фактор и повысить точность навигационных определений. Стоимость готовых образцов аппаратуры находится в пределах от сотен до десятков тысяч долларов.

Стоимость встраиваемых модулей (ОЕМ) составляет сотни и редко превосходит тысячу долларов. В то же время, стоимость бортовой авиационной аппаратуры, особенно для военной авиации и магистральных самолетов, удовлетворяющих высоким требованиям ФАА и ВВС США, находится на уровне, превышающем 10000 долларов. Это особенно относится к стоимостям, данным с учетом размещения антенн на борту ВС.

Анализ показал, что отечественная аппаратура проигрывает зарубежной по массогабаритным характеристикам, универсальности, по скорости старта и темпу выдачи информации, но в основной массе несколько лучше по устойчивости к внешним воздействиям и дешевле.

Известно, что вся современная отечественная НАП изготавливается из компонентов зарубежного производства, с использованием зарубежных технологий и материалов, технологического оборудования зарубежного производства, поэтому достигаемый выигрыш в стоимости объясняется, по-видимому, только низким уровнем оплаты труда в России.

При рассмотрении исходных данных видно, что на рынке отсутствует отечественная аппаратура с характеристиками по устойчивости к внешним воздействиям, соответствующая действующим в РФ нормативным документам. Это создает для морских и воздушных потребителей большие проблемы, а объясняется тем, что соответствующие компоненты зарубежного производства имеют очень высокую стоимость, а доступ к ним ограничен.

Если отечественную аппаратуру сравнить с зарубежной, работающей только по GPS, то и по стоимости сравнение будет не в пользу отечественной НАП.

На внутреннем рынке РФ и стран СНГ НАП отечественного производства может быть конкурентоспособной при:

- безусловном восстановлении и модернизации системы ГЛОНАСС с необходимыми функциональными дополнениями;
- налаживании в РФ производства современных электрорадиокомпонентов и материалов, отвечающих требованиям по устойчивости к внешним воздействующим факторам, принятым в РФ;
- увеличении серийности выпускаемой продукции за счет заказов МО и других государственных структур РФ.

Если указанное выше не будет выполнено, то выбор отечественных гражданских потребителей, скорее всего, будет в пользу применения НАП зарубежного производства, что может создать проблемы для национальной безопасности РФ.

По результатам анализа можно сделать вывод о том, что в настоящее время на рынке отсутствуют как образцы НАП, так и встраиваемые модули, полностью удовлетворяющие современным и перспективным требованиям морских и воздушных потребителей.

5. Заключение

По результатам анализа, с учетом всего сказанного выше, можно сформулировать основные требования потребителей к характеристикам перспективной НАП, которая должна быть создана за период восстановления и модернизации системы ГЛОНАСС, модернизации системы GPS, развертывания системы GALILEO и функциональных дополнений этих систем.

Перспективная НАП должна строиться на основе базового модуля, который должен:

- иметь число каналов не менее 40;
- принимать и обрабатывать все открытые сигналы систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, а также сигналы широкозонных дифференциальных подсистем WAAS, EGNOS, MSAS и Российской ШДПС, если проект последней будет реализован к 2010 году;
- обеспечивать функцию контроля целостности сигналов СРНС по данным навигационных сообщений НКА и данным функциональных дополнений наряду с контролем целостности в приемнике (RAIM);
- иметь интерфейс, согласованный с требованиями ARINC, RTCM, RTCA;
- удовлетворять требованиям морских и воздушных потребителей, а также работать в режиме приемника контрольно-корректирующей станции в зависимости от введенного признака;
- иметь режим измерений по фазе несущей;
- обеспечивать темп обновления выходной информации от 1 до 5 Гц в зависимости от введенного признака;
- иметь характеристики точности при работе в нормальном режиме не хуже обеспечиваемых системой, а в дифференциальном режиме — соответствующих характеристик для функциональных дополнений;
- иметь время «холодного» старта не более 1 минуты, время «горячего» старта не более 0,1 минуты и время восстановления после перерывов длительностью до одной минуты не более 1 секунды;

- обладать массой не более 0,1кг;
- иметь рабочую температуру в диапазоне от -60 до +75 °С и предельную от -60 до +85, а характеристику влажности не хуже 98% при температуре 35 градусов;
- иметь программное обеспечение, поддерживающее контроль целостности;
- иметь характеристики надежности и стоимости, которые сложатся на рынке в период с 2005 по 2010 год.

Литература

1. Резолюция А-815.19. Международная морская организация — 1999 год.
2. Добавление В к «Проекту руководства по требуемым навигационным характеристикам для выполнения заходов на посадку, посадок и вылетов». Материалы AWOP/16-DP/3, Монреаль, 23.6.97-4.7.97.
3. Ober Ir. P. B., et al. RNP Requirements for 4-D Navigation, ION GPS-98 Proc., Nashville.
4. Квалификационные требования КТ-34-01 «Бортовое оборудование спутниковой навигации». Авиационный регистр МАК. — 1999г.
5. Технические требования на оборудование наземной локальной контрольно-корректирующей станции (ЛККС) ГНСС. ФАС РФ. — 1999г.
6. Технические требования к бортовому оборудованию дифференциальной подсистемы глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Приложение D. К Техническим требованиям на бортовое оборудование ГНСС как основное средство навигации. – Государственная служба гражданской авиации Министерства транспорта РФ. — 2000г.
7. Материалы международной конференции «Планирование глобальной радионавигации», <http://www.baltprint.ru/f03_kach.html>
8. Шилов А. Развитие российской навигационной системы ГЛОНАСС // Труды международной конференции «Россия XXI века». Магадан, 24-25 июля 2002 г. Магадан, 2002.
9. Текущее состояние системы ГЛОНАСС. «Russian Space Science Internet», <<http://www.rssi.ru/>>
10. Федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система». М., 2001.
11. Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. М.: Эко-Трендз, 2000.
12. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС // ИПРЖР, Москва, 1998.
13. Волков Н. М., Иванов Н. Е., Салищев В. А., Тюбалин В. В. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС // Зарубежная радиоэлектроника. 1997, №1.
14. Turner D., Shaw M., Sandhoo K. Modernization of the GLOBAL positioning system//UN/USA Workshop on Use and Application of GNSS, 2002.
15. McDonald K. D. Performance Improvements to GPS in the Decade 2000-2010: The Impact of GPS. Modernization Plans and Policy on the Future of GPS and GNSS, ION Proceedings of the 55th Annual Meeting, June 28-30, 1999, Cambridge, MA.
16. Michael A. Dornheim//Aviation Week and Space Technology.-Sept. 2002.
17. Ермаков Н., Лукьянов Ф., Петров Г., Степанов А. «Галилео» выходит на орбиту. Европейская комиссия. 2002.
18. Невдяев Л., Уткин Е. Навигационная система для Европы. По материалам Международной конференции GNSS 98 (20-23 октября 1998 г., Тулуза, Франция). Соруинг 2000 НПФ «Гейзер».
19. Пищенко В. Г., Соловьев Ю. А. Европейская спутниковая радионавигационная система Галилео // Новости навигации, НТЦ «Интернавигация» и РОИН, 1999, № 4 (6).
20. Иванцевич Н. В., Рудницкий С. Б. Перспективы использования спутниковых информационно-навигационных систем на транспорте // IX Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика - 2004» (РИ-2004), Санкт-Петербург, 22–24 октября 2006 г.: Материалы конференции. СПб.: СПОИСУ, 2004. С. 225–226.