

УДК 621.396

А. П. Верещак¹, П. А. Кот¹, В. А. Козлов¹,
Е. И. Махонин², К. Ф. Волох²

¹АТ Науково-дослідний інститут радіотехнічних вимірювань, Харків

²Національне космічне агентство України, Київ

Система космического обеспечения Украины: состояние и перспективы навигационно-временного

Розглядається стан робіт з проектування і створення системи космічного навігаційно-часового забезпечення України (СКНЗУ). Приводяться основні елементи архітектури системи і топологія розміщення наземного сегменту. Обґрутується доцільність інтеграції наземного сегменту до складу системи EGNOS.

ВВЕДЕНИЕ

Начало работ по созданию системы космического навигационного обеспечения Украины (СКНОУ) было положено п. 3 Указа Президента Украины № 202/97 от 04.03.97 г. «Про заходи щодо дальшого розвитку космічних технологій», где Национальному космическому агентству Украины (НКАУ) поставлена задача обеспечить, начиная с 1997 года, внедрение спутниковых технологий для «...создания и поддержки целостности государственного навигационного поля и системы единого времени». Во исполнение этого Указа в 1997 г. АО НИИ радиотехнических измерений (АО НИИРИ) поручено выполнение НИР «Навигация», в результате которой была выполнена предварительная проработка структуры системы и рассмотрены возможные пути реализации, а также подготовлено тактико-техническое задание (ТТЗ) на ее создание.

Работы по созданию СКНОУ были включены в Национальную космическую программу Украины на 1998—2002 гг., и в соответствии с Государственным контрактом № 3.3.3-98 от 30.03.98 г., заключенным между НКАУ и АО НИИРИ, начата и проводится до настоящего времени опытно-конструкторская работа «Система космического навигационно-временного обеспечения Украины» (шифр «Навигация»).

В разработке системы кроме АО НИИРИ участвуют: НИИ «Квант-Навигация» (Киев), НПП «Хартрон-Альфа» (Харьков), ГП «Днепрокосмос» (Днепропетровск), НИИ НФПП (Киев).

Актуальность работы по созданию СКНОУ под-

тверждается как мировыми тенденциями в области развития и применения спутниковых навигационных технологий, так и внутренними потребностями Украины, что нашло отражение в одном из последних Указов Президента Украины № 30/2001 от 22.01.2001 г. «Про поліпшення інформаційного забезпечення на автомобільних дорогах України».

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ, НАЗНАЧЕНИЕ И АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Основной целью создания СКНОУ является организация на территории Украины навигационно-временного обеспечения, которое бы удовлетворяло требования потребителей навигационной информации на всей территории Украины, в национальном воздушном пространстве, в акваториях прилегающих морей с требуемыми характеристиками по точности, надежности, доступности, обеспечивая при этом совместимость с международными системами навигационного обслуживания.

СКНОУ предназначена для:

- ведения непрерывного (с целью контроля целостности) мониторинга навигационных полей, создаваемых космическими навигационными системами GPS (США), ГЛОНАСС (РФ);
- формирования дифференциальной корректирующей информации (ДКИ) для уточнения этих полей, включая формирование информации об их целостности;
- распространения ДКИ средствами единой системы спутниковой передачи информации

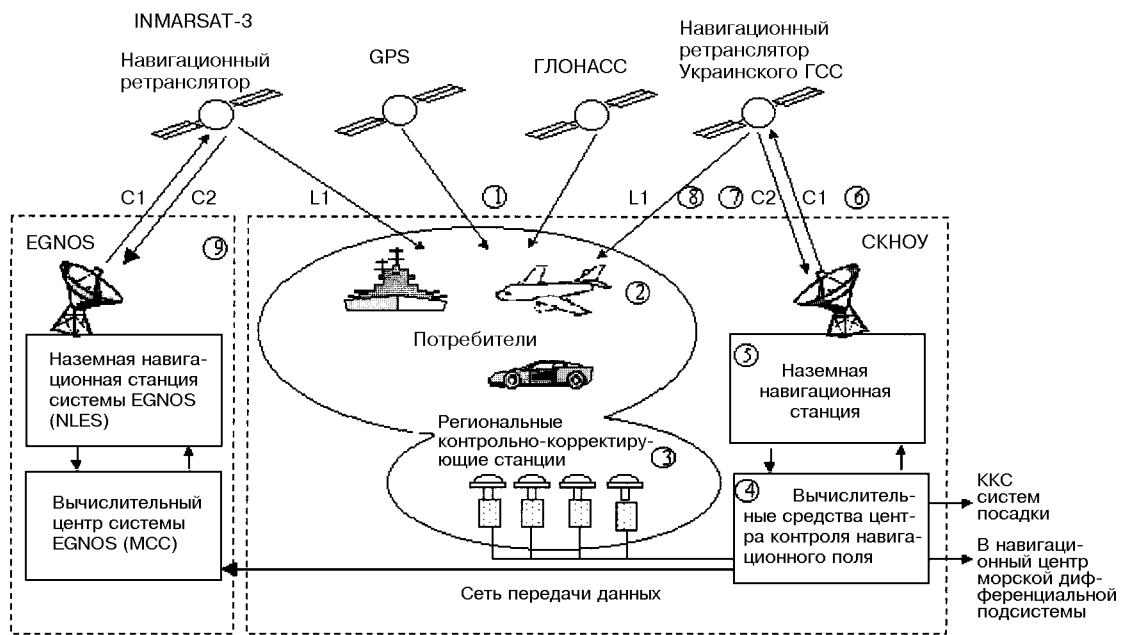


Рис. 1. Архитектура СКНОУ

(ЕССПИ) на территорию Украины и на прилегающие территории.

Создаваемая СКНОУ относится к так называемым улучшающим системам и подобна европейской системе EGNOS, разработка которой ведется под эгидой Европейской трехсторонней группы (Европейского космического агентства, Европейского Союза, Евроконтроля).

СКНОУ спроектирована и строится таким образом, чтобы обеспечивалась ее совместимость с системой EGNOS. В частности архитектура СКНОУ предусматривает возможность передачи измерительной информации и данных о состоянии ионосферы в один из центров управления системы EGNOS.

В процессе реализации СКНОУ должны быть созданы:

- сеть из 10—12 региональных пунктов контроля навигационного поля (РПКНП), на которых будут установлены высокоточные контрольно-корректирующие станции (ККС);
- центр контроля навигационного поля (ЦКНП), где должна в реальном времени выполняться обработка информации из сети РПКНП;
- наземная навигационная станция, обеспечивающая работу бортового ретранслятора геостационарного спутника связи (ГСС);
- сеть передачи данных.

Архитектура СКНОУ обеспечивает поддержку трех основных режимов функционирования:

1) осуществляет передачу навигационных сигналов, аналогичных по структуре GPS. Эти сигналы содержат в своем составе навигационное сообщение ГСС и дальномерные коды, синхронизированные с системным временем GPS;

2) обеспечивает контроль целостности навигационных полей и не более чем за 10 с сообщает пользователям сведения о качестве навигационного поля, что позволяет пользователю принимать соответствующие решения в критических режимах навигации;

3) обеспечивает формирование и трансляцию потребителям широкозонных дифференциальных поправок. Эти поправки повысят точность местоопределения до величины 3—5 м в зависимости от условий формирования поправок.

В целом архитектура системы может быть представлена в виде, показанном на рис. 1. Ожидаемые точностные характеристики СКНОУ приведены в таблице.

Система функционирует следующим образом.

Навигационные сигналы (1) передаются со спутников GPS и ГЛОНАСС и принимаются потребителями (2). Эти сигналы также принимаются наземными контрольно-корректирующими станциями (3) и по сети передачи данных поступают в центр

Технические характеристики СКНО Украины

Вариант работы СКНО	Используемые КНС	Способ передачи сообщений	Уровень контроля целостности и достоверности информации (оперативность контроля)	Точность 2σ по координатам / по скорости	Рабочая зона обслуживания	Доступность (вероятность безотказной работы)
1. Широкозонная дифференциальная навигация	GPS, ГЛОНАСС	Через ГСС INMARSAT-3	Контроль осуществляется на региональном уровне (до 10 с)	3—5 м 1.5—2.5 см/с	Региональная (2—3 тыс. км)	0.999
		По специальным каналам связи	Контроль осуществляется на региональном уровне (до 3 с)	—		
2. ДКИ локальной ККС	GPS, ГЛОНАСС	По специальным каналам связи	Контроль осуществляется на региональном уровне (до 2 с)	2.7—5 м 1.5—3.5 см/с	Локальная (0—180 км)	0.999
3. Режим RTK	GPS, ГЛОНАСС	По специальным каналам связи	Контроль осуществляется на региональном уровне (до 2 с)	5—10 см —	Локальная (0—10 км)	0.997

контроля навигационного поля (ЦКНП) (4). В вычислительном центре ЦКНП навигационные сигналы обрабатываются с целью формирования широкозонной ДКИ. Широкозонная ДКИ с помощью наземной навигационной станции (5) передаются на частоте C1 (6) на навигационный ретранслятор национального ГСС, а затем переизлучается потребителям на частоте L1 (8). Идентичный сигнал передается на частоте C2 (7).

ЦКНП при необходимости может передавать навигационную информацию и информацию о параметрах ионосфера, полученную с помощью национальной сети ККС, в вычислительный центр системы EGNOS (9).

Система обеспечивает возможность приема измерительной информации от локальных ККС систем категорированной инструментальной посадки самолетов и сети ККС Азово-Черноморского бассейна.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ДОСТИГНУТЫЕ НА КОНЕЦ 2000 Г.

К основным результатам работы по проектированию СКНОУ следует отнести:

- завершение работ над эскизным проектом системы;
- разработку концепции создания и эксплуатации системы на период 2000—2005 гг.;
- разработку плана организационно-технических мероприятий по развертыванию системы на 2000—2004 гг.

В результате проектирования (Система космического навигационного обеспечения и единого времени: Пояснительная записка эскизного проекта по

теме «Навигация». — АО НИИРИ, 2000) определена топология размещения технических средств наземного сегмента системы, необходимого для формирования широкозонной ДКИ (см. рис. I на цветной вклейке).

Определен состав функций и функциональных подсистем для всех элементов наземного сегмента системы, в том числе:

- центра контроля навигационного поля;
- контрольно-корректирующих станций;
- наземной навигационной станции;
- сети передачи данных.

Определена структура и требования к навигационному ретранслятору ГСС.

Особое внимание при проектировании было уделено той части системы, которая обеспечивает совместное функционирование наземной навигационной станции и навигационного ретранслятора ГСС. Эта часть системы является наиболее сложной и дорогостоящей в реализации, так как должна осуществлять формирование и передачу пользователям с помощью бортового ретранслятора ГСС навигационных сообщений в структурах, принятых в системах EGNOS и WAAS.

В этом плане наземный комплекс должен обеспечивать выполнение четырех основных функций (EGNOS AOC. Требования к системе. — Европейское космическое агентство, проектное бюро GNSS-1, 1998):

- 1) определение параметров орбиты ГСС;
- 2) синхронизацию времени ГСС с временем GPS;
- 3) генерирование навигационного сигнала, предназначенного для передачи на ретранслятор ГСС;
- 4) передачу навигационного сигнала на ГСС, управляя при этом когерентностью компонентов

сигнала (код / несущая), и привязку внутреннего времени системы к системному времени GPS с учетом влияния петли обратной связи между навигационной станцией и ГСС (Земля—ГСС—Земля).

Вместе с тем к концу 2000 г. стала очевидным невозможность реализации системы в полном объеме в приемлемые сроки. Причиной этого является приостановка работ по созданию украинского ГСС.

В сложившейся ситуации была разработана «Концепция создания и эксплуатации системы навигационно-временного обеспечения Украины на период 2000—2004 гг.», которая предусматривает поэтапное создание системы.

Учитывая то, что развертывание системы космического навигационного обеспечения Украины находится на начальном этапе, наиболее технически целесообразным и относительно дешевым проектом является реализация первого этапа — интеграция части наземного сегмента СКНОУ в состав системы EGNOS путем создания на территории Украины ее «восточной ветви», по примеру Норвегии, где создана и функционирует «северная ветвь» системы с центром в г. Хенефосс (EGNOS System Test Bed User Workshop Toulouse, 6—7 July 2000).

Этот подход позволит значительно расширить мерную базу системы EGNOS, что в свою очередь приведет к улучшению контроля целостности и уточнению дифференциальных поправок для районов Восточной и Юго-Восточной Европы, Малой Азии и Кавказа. Присоединение к существующей наземной инфраструктуре EGNOS «восточной ветви» увеличит охваченную территорию Земли с качественным навигационным обслуживанием.

Следует также отметить и то, что работы по созданию наземного и космического сегментов EGNOS, которые выполняются промышленным консорциумом под руководством французской фирмы «Alcatel» по контракту с Европейским космическим агентством (ESA), значительно продвинулись вперед. Ожидается, что первая очередь системы начнет функционировать в 2004 г. (Utilisation of the EGNOS System Test Bed by Civil Aviation. Edition 0.2. Edition date 01/07/2000).

В настоящее время развернут фрагмент системы, представляющий собой полный прототип системы EGNOS, именуемый испытательным стендом EGNOS (ESTB) (EGNOS System Test Bed User Workshop Toulouse, 6—7 July 2000).

В состав наземного сегмента ESTB входят:

- десять станций мониторинга навигационного поля (RIMS), собирающих данные от навигационных спутников;
- три вычислительных центра, расположенных в г. Хенефосс (Норвегия), г. Тулуза (Франция),

г. Фучино (Италия);

- три станции слежения за геостационарными спутниками INMARSAT-III, расположенные во Франции, Французской Гвиане (Южная Америка) и Южной Африке;
- две наземные навигационные станции (NLES), расположенные во Франции и Италии;
- наземная сеть передачи данных между элементами наземной инфраструктуры.

В первой половине 2000 г. были проведены сезансы тестирования системы и получены оценки горизонтальных и вертикальных навигационных ошибок местоположения потребителя, подтвердивших реализуемость ожидаемых характеристик EGNOS.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ EGNOS НА ТЕРРИТОРИЮ УКРАИНЫ

В настоящее время вопросы интеграции Украины в состав системы EGNOS лежат в двух плоскостях — политической и технической.

В политической плоскости сотрудничество Украины с ЕС в области использования глобальных спутниковых систем и наземной инфраструктуры контроля и управления получит новый импульс после подписания «Меморандума о взаимопонимании между НКАУ и Европейской Комиссией в области развития Европейской GNSS», который в сентябре 2000 г. был официально представлен делегацией Украины Европейской стороне в Брюсселе на заседании 5-го Подкомитета по вопросам транспорта, телекоммуникаций, науки и технологий.

Положения данного Меморандума были в 1998—2000 гг. предварительно изучены и обговорены с представителями Европейской трехсторонней группы в процессе ряда переговоров. В настоящее время только отсутствие решения Совета министров ЕС по началу работ, направленных на создание системы Galileo, является сдерживающим фактором подписания указанного Меморандума.

В технической плоскости никаких принципиальных затруднений, сдерживающих создание Украинского наземного сегмента и его интеграцию в состав EGNOS, нет.

В настоящее время Украина готова:

- 1) установить в трех городах (Харьков, Симферополь, Дунаевцы) контрольно-корректирующие станции отечественной разработки (АО НИИРИ, Харьков);
- 2) обеспечить сбор и передачу навигационной информации с помощью системы спутниковой связи на базе геостационарного спутника «Sirius-2» (Швеция) в любой из центров управления системы.

мы EGNOS по согласованию с ESA;

Выполнение названных выше мероприятий позволит Украине развернуть также работы в соответствии с требованиями, разработанными Европейской трехсторонней группой (ETG), по следующим направлениям (*Utilisation of the EGNOS System Test Bed by Civil Aviation. Edition 0.2. Edition date 01/07/2000*):

- привести в рабочее состояние инструментальные средства сбора и анализа навигационной информации на своей территории, т. е. обеспечить расширение географии и увеличение количества наземных контрольных станций в соответствии с рекомендациями Европейской конференции гражданской авиации (ECAC);
- обеспечить сбор статистических данных и оценку точности навигационных определений с целью накопления практического опыта работы с системой EGNOS, включая работы по анализу различных эффектов, связанных со средой распространения сигналов и влияния ионосфера;
- обеспечить проведение испытательных полетов для оценки характеристик системы на своей территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, текущее состояние разработки и принятая концепция создания СКНОУ позволяют утверждать, что реализация системы обеспечит формирование на территории Украины навигационного поля, отвечающего требованиям ICAO. Это создаст предпосылки того, что в воздушном пространстве Украины воздушные суда будут обслуживаться с использованием технологии CNS/ATM.

UKRAINIAN SPACE NAVIGATION-TIME ENSURING SYSTEM: STATE AND PROSPECTS

A. P. Vereschak, P. A. Kot, V. A. Kozlov,
E. I. Makhonin, K. F. Volokh

The state of works in designing and creation of the Ukrainian Space Navigation — Time Ensuring System (USNES) is considered. The basic elements of the system architecture and topology of the ground segment placing are adduced. The expediency of the ground segment integration into EGNOS system, as the first stage of the creating USNES, is substantiated.

