

НАВІГАЦІЯ

УДК 621.39

Г.Н. Власенко¹, Е.И. Махонин¹, И.С. Мордвинов²¹ Госуниверситет телекоммуникацій, Київ² Центр приёма и обработки специальной информации и контроля навигационного поля, Дунаевцы, Хмельницкая областьПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ
КОСМИЧЕСКОГО НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УКРАИНЫ

Проведён анализ результатов опытной эксплуатации космического навигационного обеспечения Украины, определены основные недостатки, определены возможные пути дальнейшего развития системы.

Ключевые слова: спутниковая навигация, местоопределение, дифференциальная корректирующая информация.

Введение

Постановка задачи. Научно-техническая задача анализа результатов опытной эксплуатации системы космического навигационного обеспечения Украины является достаточно актуальной. От его результатов зависит выбор основных путей дальнейшего развития системы, её функциональная и коммерческая востребованность.

Анализ литературы. К сожалению эта проблема не нашла должного освещения в современной литературе [1 – 5]. Выход из ситуации – это определение основных недостатков системы, которые существенно снижают её эксплуатационные характеристики и коммерческую привлекательность системы.

Цель статьи. Исследование и сравнения возможных путей развития системы исходя из временных, финансовых затрат и целевой эффективности.

Основная часть

Начало развития и применения человечеством спутниковых навигационных технологий было положено в октябре 1957 года с запуском первого искусственного спутника Земли ИСЗ-1. Именно вывод в космос первого спутника подтолкнул человечество к созданию и развитию новых технологических направлений, как то спутниковая связь, дистанционное зондирование Земли, космическое материаловедение, спутниковая навигация и целый ряд других. Появление и развитие этих новейших технологий, в свою очередь, повлекло за собой создание целого ряда направлений в науке и технике, ускорив социально-экономическое и технологическое развитие человечества. Первые попытки создания глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS) относятся к середине 60-х годов прошлого столетия. Так, в 1964 г. в США была развёрнута система «TRANSIT» (NAVSAT), состоящая из 6 низкоорбитальных спут-

ников, запущенных на круговые орбиты с высотами - 1000 км. Почти через 10 лет, в СССР также была развёрнута спутниковая навигационная система «ЦИКЛОН» (ЦИКАДА) с выводением космических аппаратов на круговые орбиты высотой несколько сот километров и наклоном 62° . Для выведения космических аппаратов на заданную орбиту использовался космический ракетный комплекс «Циклон-2», основу которого составляла ракета-носитель Циклон-2 украинской разработки и производства (КБ «Южное», «Южмашзавод» г. Днепропетровск). Большими недостатками ранних систем спутниковой навигации были: невысокая точность местоопределения (500 – 1000 м); низкая надёжность; невозможность обеспечения глобального и непрерывного покрытия.

Несмотря на свои недостатки, первые спутниковые навигационные системы сыграли значительную роль в отработке технологии местоопределения с использованием спутников. Позиционирование производится путём измерения расстояния от объекта до нескольких спутников. Расстояние, в свою очередь, определяется измерением временной задержки в прохождении сигнала с последующим её умножением на скорость света. В 1974 г. в США приступили к развёртыванию системы спутниковой навигации NAVSTAR (GPS), завершение которого произошло в 1993г. с запуском 24-го навигационного спутника в системе. В 1984 г. Советский Союз начал создание своей спутниковой навигационной системы «ГЛОНАСС». Этот процесс завершила уже Россия в 2010 г. Для развёртывания системы использовались КРК «Протон» и «Союз». Спутниковые системы навигации создаются на высоких круговых орбитах, развёрнутых по отношению друг к другу на некоторый угол, имеющих высоты свыше 20000 км, и наклонение орбиты 63° . (ГЛОНАСС). Структура глобальной навигационной спутниковой системы представлена на рис. 1.

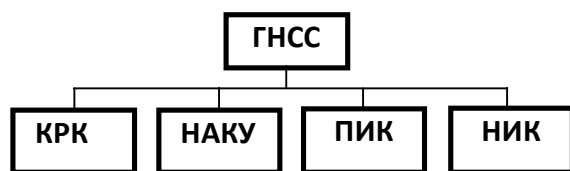


Рис. 1. Структура глобальной навигационной спутниковой системы

На рис. 1 обозначено: КРК – космический ракетный комплекс, предназначенный для запуска космических аппаратов и формирования орбитального построения системы; ПИК – полигонный измерительный комплекс, обеспечивающий траекторными и телеметрическими измерениями активный участок траектории полёта ракеты-носителя; НАКУ – наземный автоматизированный комплекс управления, обеспечивающий управление группировкой КА; НИК – наземный информационный комплекс и аппаратура потребителей, которые и решают, в конечном итоге, задачу точного местоопределения, ради которой и создаются ГНСС.

Традиционным методом повышения точности определения местоположения является применение дифференциального режима. Дифференциальный режим - это общенавигационный метод списания системных ошибок счисления координат, которые накапливаются, в точках, координаты которых известны с высокой точностью. Одним из вариантов системы, обеспечивающей работу дифференциального режима ГНСС, является наземное функциональное дополнение - Система космического навигационно-временного обеспечения Украины (СКНОУ). В рамках Общегосударственной целевой научно-технической космической Программы Украины по заказу ДКА Украины разработана и создана Система космического навигационно-временного обеспечения Украины с использованием сигналов ГНСС. На данный момент СКНОУ прошла сертификацию и передана в эксплуатацию Национальному центру управления и испытаний космических средств (НЦУИКС). Функция оператора возложена на Центр приёма и обработки специальной информации и контроля навигационного поля (ЦПОСИ и КНП). СКНОУ предназначена для мониторинга состояния радионавигационного поля, которое формируют ГНСС GPS и ГЛОНАСС (в перспективе и GALILEO) и представления пользователям дополнительной дифференциальной корректирующей информации (ДКИ), необходимой для повышения точности и надёжности местоопределения в реальном масштабе времени. В настоящий момент СКНОУ, работая в режиме опытной эксплуатации, включает: Главный (Дунаевцы, Хмельницкой обл.) и Резервный (Харьков) центры контроля навигационного поля и контрольно-корректирующих станций (ККС).

На основании «Соглашения о создании Национальной объединённой ГНСС сети» между НЦУ-

ИКС, ГАО НАНУ и ПРАТ «Систем – солюшнс», кроме информации от сети ККС СКНОУ, на договорной основе может быть получена информация от отдельных референсных станций (РС), которые входят в сети партнёров, рис. 2, 3.

В результате Центры уже сейчас могут выдавать по запросу пользователей ДКИ на более чем 90% территории Украины в реальном масштабе времени. В перспективе станет возможным полное покрытие территории Украины спутниковыми навигационными услугами. Пользователям СКНОУ может предоставляться информация в виде файлов формата RINEX, а также ДКИ четырёх возможных видов файлов формата RTCM которая формируется программным обеспечением Главного и Резервного ЦКНП и предоставляется пользователям путём доступа к Ntrip-кастеру (для получения информации в реальном масштабе времени) и Web-сайту ЦКНП (для получения информации послесезонной обработки), рис. 4.

Виды ДКИ, предоставляемые пользователям:

- широкозонная ДКИ, которая вырабатывается на основе сырой информации ГНСС, полученной со всех ККС (РС) сети. Расчёт коррекции навигационных параметров спутников осуществляется в аппаратуре пользователя по специальному алгоритму FKP (Flachen Korrektur Parameters) согласно которому коррекция высчитывается относительно одной (определённой оператором ЦКНП в качестве центральной точки сети) ККС (РС). ШДКИ постоянно и непрерывно доступна на всей территории Украины и предоставляется потребителям через Ntrip-кастеры Главного и Резервного ЦКНП в виде сообщений формата RTCM v.2.3 при наличии специализированного контролёра в ГНСС-приёмнике потребителя;

- зональная ДКИ, полученная с нескольких ККС (РС) для обеспечения услугами определённой зоны на территории Украины. Алгоритм аналогичен ШДКИ. При этом зона есть круг на поверхности Земли с центром в заданной оператором ЦКНП географической точке, координаты которой являются исходными данными для работы навигационной аппаратуры пользователя, при расчёте коррекций и также передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3;

- локальная ДКИ вырабатывается непосредственно навигационным приёмником ККС и предназначена для использования в 100-км. зоне около выбранной ККС. Передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3;

- фазовая ДКИ вырабатывается непосредственно навигационным приёмником ККС с использованием фазовых измерений навигационных параметров ГНСС и передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3, и v.3.0.

Конфигурация СКНОУ позволяет пользователям, которые имеют доступ в INTERNET и оснащены

аппаратурой спутниковой навигации, достигнуть точности местоопределения на уровне 1 м для ШДКИ, ЗДКИ, субметрового уровня точности в 100 км. зоне от ККС (РС) для ЛДКИ и сантиметрового уровня точности в 30 км. зоне вблизи ККС (РС) для фазовой ДКИ. Результаты мониторинга состояния ГНСС, СКНОУ а также достигнутые точностные характеристики местоопределения в реальном масштабе времени, статистика запросов отображаются на WEB-сайтах Главного и Резервного центров КНП.

Топология СКНОУ такова, что 50% потребителей находятся от ближайшей ККС на расстоянии не более 100 км 85% потребителей - на расстоянии не более 150 км и 100% потребителей информации СКНОУ находятся на расстоянии не более 300 км от ближайшей ККС.

Для большинства потенциальных потребителей услуг СКНОУ достаточно использовать локальную ДКИ, которая формируется ближайшей ККС.

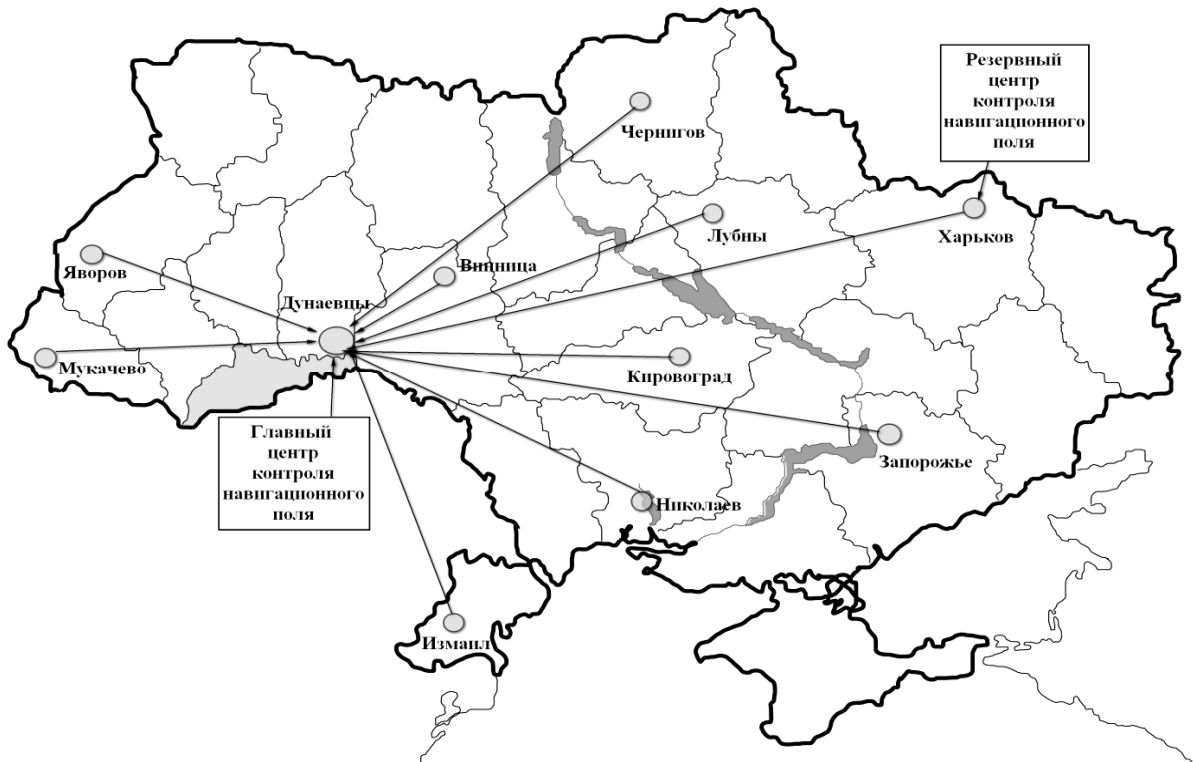


Рис. 2. Схема размещения СКНОУ



Рис. 3. Сеть базовых станций, информация которых используется в СКНОУ

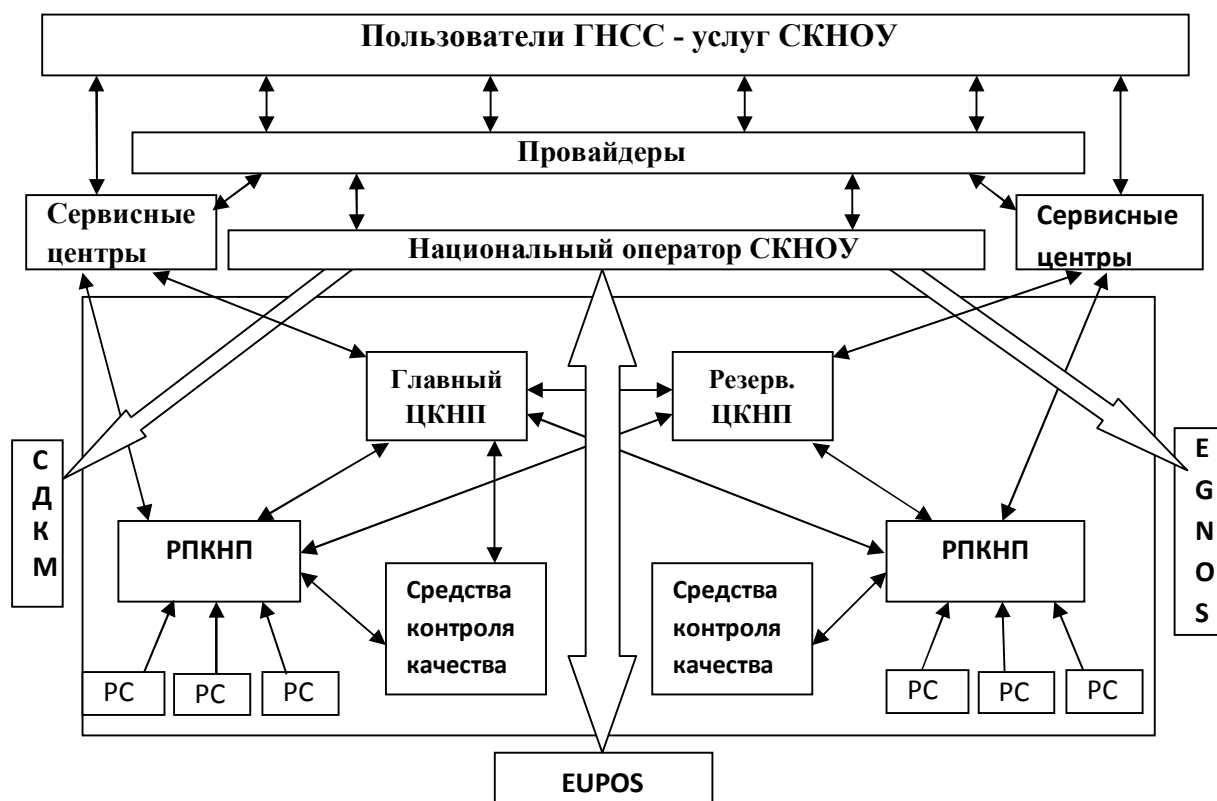


Рис. 4. Функциональная схема

Правовые аспекты

На выполнение п.2 Распоряжения КМУ от 03.01.2013 г. №1-р «Про схвалення Концепції проекту Закону України «Про державне регулювання у сфері супутникової навігації» ГКА України розробтан проект Закону. Розробка проекту Закону вызвана необхідністю створення умов для розвитку вітчизняного виробництва апаратури і засвідків супутникової навігації, створення і регулювання внутрішнього ринку навігаційних послуг для ефективного використання науково-технічного і промислового потенціалу України і можливостей, які дає супутникова навігація в інтересах оборони і безпеки держави.

Особливо актуальним стало введення державного регулювання в сфері супутникової навігації з початком АТО. В проекті Закону передбачені норми, які зобов'язують прийняття і впровадження гос. органами рішень по безпечному використанню апаратури супутникової навігації в окремих районах (зона АТО, атомні, теплові, ГЭС, др. об'єкти енергетики, вибухоопасні підприємства, військові формування і др.)

В проекті Закону окремо визначена державна система СКНОУ, створена ГКАУ для забезпечення рішення завдань оборони і безпеки, правохоронної сфери і сфери громадянської захисту населення. Законом визначено, що оператор державної системи супутникової навігації визначається Кабінетом Міністрів України.

В даний момент проект Закону схвалено всіма органами виконавчої влади і готується к представленню в КМУ.

Возможные перспективы дальнейшего развития СКНОУ

СКНОУ, знаходящаяся в режиме опытной эксплуатации, обладает серьёзным недостатком, препятствующим широкому, в том числе и коммерческому, использованию системы. Этот недостаток заключается в том, что потребитель, обладающий навигационным приёмником, вынужден получать необходимую ему корректирующую информацию из INTERNETA. Это создаёт, безусловно, большие неудобства в использовании системы. Поэтому сегодня основной задачей в определении перспектив дальнейшего развития системы является устранение указанного недостатка. Анализируя потенциальные возможности Украины и её космической отрасли, можно предположить несколько вариантов дальнейшего развития системы.

Вариант первый

Организация доставки корректирующей информации пользователю через спутник. В этом случае ШДКИ стандарта RTCM передаётся через наземную станцию передачи данных на геостационарный КА для последующей его ретрансляции потребителям в частотном диапазоне 1-2 ГГц. Навигационный приёмник пользователя, при этом, должен быть оборудован специальным декодером для получения и обработки ШДКИ. Украина, в рамках Общегосударствен-

ной целевой научно-технической космической программы, создаёт национальную систему спутниковой связи «Льбидь». Для доведения корректирующей информации до потребителя, возможна разработка и установка на борт КА «Льбидь» при его создании, специального транспондера, в задачу которого будет входить ретрансляция ШДКИ - сигнала, посылаемого с ЦКНП, на всю территорию Украины. Реализация этого варианта связана с серьёзными материальными и временными затратами. К несомненным достоинствам этого варианта можно отнести надёжное доведение информации до потребителей по всей территории Украины и минимальные организационные проблемы, поскольку решение находится в компетенции одного ведомства – Государственного космического агентства. Как пример - действующие системы ретрансляции ШДКИ формата RTCM- MSAT, Omnistar и др.

Вариант второй

Сопряжение Основного и Резервного центров контроля навигационного поля и всех 10 ККС с радиопередатчиками, работающими в круглосуточном режиме в заданном диапазоне частот в режиме излучения (как правило - в УКВ диапазоне). Реализация этого варианта также связана со значительными материальными и временными затратами. При этом появляются дополнительные эксплуатационные затраты и необходимость выделения радиочастот на государственном уровне. Возможность приёма ДКИ, в этом случае, будет сильно зависеть от мощности передатчика и выполнения условий радиовидимости. Негативный аспект такого варианта - низкая помехозащищённость. Как пример-передача дифференциальных поправок в формате FM/RDS (станциями FM-вещания вместе со звуковым сигналом). Система RDS (Radio Data System) применяется в Европе и работает на основе уплотнения радиовещательного сигнала в диапазоне 88-108 МГц с пилот - тоном и организации канала передачи радиоданных.

Вариант третий

Это – предоставление ДКИ через сети GSM - операторов (доступ к корректирующей информации через мобильные терминалы) и сопряжение СКНОУ

с инфраструктурой и потенциалом операторов мобильной сотовой связи. Вариант, с точки зрения материальных и временных затрат, наиболее предпочтительный, поскольку максимально использует уже развёрнутую наземную инфраструктуру. Но его реализация, на наш взгляд, сопряжена с серьёзными организационными проблемами. Следует отметить, что предложенный вариант не обеспечивает надёжного покрытия всей территории Украины. Кроме того, при таком способе доставки ДКИ, потребителю необходимо иметь достаточно дорогой навигационный приёмник, способный принимать и обрабатывать корректирующую информацию через GSM-сети.

Выбор за Государственным космическим агентством.

Вывод

Опираясь на экспертные возможности, считаем наиболее предпочтительным реализацию первого варианта.

Список литературы

1. Козлов В.А. Технические предпосылки расширения зоны действия EGNOS на территорию Украины / В.А. Козлов, А.М. Лукьянов, И.Г. Ноздрин // *Космическая наука и технология*. – 2001 – Т. 7, № 4. – С. 22-24.
2. Конин В.В. Моделирование GNSS-антенн контрольно корректирующих станций / В.В. Конин // *Материалы II Международной научно-технической конференции «Авиа2002»*. – К. Национальный авиационный университет. 2001. – С. 35.
3. Конин В.В., Ситак В.А. Концепция создания и развития подсистемы спутникового радионавигационного обеспечения в составе единой спутниковой системы передачи информации / В.В. Конин, В.А. Ситак // *Радиоэлектроника*. – 1999. – Т. 42, № 12. – С. 55-58.
4. Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы / И.А. Липкин. – М. Вузовская книга. 2001. – 288 с.
5. Макаренко Б.И. Применение технологий глобальных спутниковых навигационных систем на наземном транспорте / Б.И. Макаренко, А.И. Горб // *Космическая наука и технология*. – 2001. – Т.7, № 4. – С. 54-60.

Надійшла до редколегії 16.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ШЛЯХИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОСМІЧНОГО НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

Г.М. Власенко, Є.І. Махонін, І.С. Мордвінов

Проведено аналіз результатів дослідної експлуатації системи космічного навігаційного забезпечення України, визначені основні недоліки, визначені можливі шляхи подальшого розвитку системи.

Ключові слова: супутникова навігація, визначення місця знаходження, диференціальна корегуюча інформація.

THE FURTHER DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF SPACE NAVIGATION CORE COMPONENTS OF UKRAINE

G.N. Vlasenko, E.I. Makhonin, I.S. Mordvinov

The analysis of the results of trial operation of system of space navigation support of Ukraine and identifies main shortcomings, identified possible ways of further development of the system.

Keywords: satellite navigation, determination of location, differential correction information.