

Баранов Г.Л. д.т.н., Кошевой А.А. д.т.н., Скорик Е.Т. к.т.н.

УПРАВЛЯЕМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) ИНТЕГРИРОВАННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.

Вводятся системные понятия управляемости и устойчивости навигационных определений по информационным полям импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) регионального (национального) базирования, интегрированным с глобальными спутниковыми радионавигационными системами типа GNSS. Определяются условия функционирования и состав технических средств по обеспечению управляемости и устойчивости местопределений и навигации, поддержание которых обеспечивается национальными средствами в пределах региональных границ зоны использования системы гражданскими и специальными пользователями. Уточняются понятия устойчивости системы при наличии помех и других внешних воздействий.

Введение

В [1] была показана необходимость и возможность создания региональных (национальных) интегрированных систем радионавигационного обеспечения (СРНО) посредством совместного использования информационных полей наземных импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) регионального (национального) базирования и глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) проектов GPS, Глонасс и в ближайшем будущем Galileo (Галилео). Последние имеют в комплексе общепринятую обобщающую аббревиатуру GNSS. Технические предложения по созданию региональной (национальной) системы радионавигации в предложенном составе разрабатываются в соответствии с заданием на НИР «Розробка технічних пропозицій щодо побудови національної радіонавігаційної системи (НРНС) підвищеної надійності» шифр «Раднас –У» [2].

Постановка задачи

Несмотря на региональный характер проектируемой системы «Раднас –У» она носит явные признаки «больших» систем, к отличительным чертам которых, в порядке постановки применительно к интегрированным радионавигационным системам, следует отнести следующие:

- совместное использование (комплексирование) существующих радионавигационных систем, находящихся под управлением других стран (сообществ), и автономных, находящихся под национальным управлением;
- наличие национальных обеспечивающих структур и служб – управляющих, синхронизирующих, мониторинговых, контрольно-корректирующих и ряда других для комплексного использования двух подсистем;
- наличие развитого системного программного обеспечения;
- наличие парка интегрированных пользовательских устройств – прямоиндикаторов.

Все это в комплексе формирует большую автономную интегрированную систему, обеспечивающую управляемость, синергизм и робастность (устойчивость) системы и в то же время открытость для включения в другие - континентальные и глобальные радионавигационные системы.

Под понятием синергизма в данном контексте понимается обеспечение в совместной (интегрированной) системе потребительских свойств и качеств, превышающих

по уровню простую сумму аналогичных предельных параметров составляющих систем, достигаемых в аналогичных условиях применения.

Под понятием устойчивости, применительно к радионавигационным системам, принимается поддержание точности, доступности, непрерывности и целостности в условиях воздействия на систему ряда дестабилизирующих факторов в процессе ее реальной эксплуатации.

В результате этих обеспечивающих факторов национальная радионавигационная система приобретает новое свойство – управляемость национальными средствами, что является ее отличительной чертой по сравнению с разрабатываемой в настоящее время в Украине Системой космического навигационного (координатного) и временного обеспечения (СКНОУ) [3]. Предусмотрено создание на территории государства постоянного мониторинга качества навигационных полей, создаваемых GNSS, формирование дифференциальной коррекции для уточнения этих полей, формирование информации об их целостности, распространение этой информации пользователям на территории страны. СКНОУ является дополняющей к GNSS системой и не может считаться, строго говоря, автономной национальной.

Проект «Раднас –У» наряду с проектом СКНОУ обеспечивает управляемость и робастность регионального национального радионавигационного обеспечения для ряда ответственных применений, в том числе в условиях дестабилизирующих факторов, в общем случае отнесенных к помехам, и в особый период, когда навигационные поля GNSS в открытых кодах, как показывает опыт местных конфликтов на Балканах, в Афганистане и Ираке, могут быть регионально заблокированы.

В НИР «Раднас –У» ставится по сути задача построения в первом приближении тезауруса модели устойчивости региональной СРНО по ИФРНС и GNSS. Здесь под тезаурусом, по определению, понимается систематизированный набор данных, определяющий устойчивость СРНО в виде ключевых понятий (дескрипторов), соотнесенных между собой по определенным специфическим функциональным связям [4]. Совокупность моделей, определяющих составляющие устойчивости и формулирование внешних факторов (помех), образуют тезаурус региональной СРНО первого приближения.

При проектировании и эксплуатации больших радиотехнических систем, например систем связи, главной задачей является определение и поддержание критерия качества системы. Установлено, что для этого на основе теории составляется сквозная математическая модель сложной системы с частными выходными эффектами, базирующимися на декомпозиции общей модели. Таким образом, на основе условий связности, стационарности и устойчивости системы решаются проблемы ошибок и помех.

Подобный подход применим и для нашей задачи. Ниже будут рассмотрены только аспекты управляемости и устойчивости региональной СРНО.

Управляемость региональной РНС

На рис. 1 представлена структурная схема региональной интегрированной системы радионавигации, использующей радионавигационные поля GNSS при внешнем управлении и обеспечении, и наземное радионавигационное поле ИФРНС регионально-го базирования с полностью автономным управлением. Национальное обеспечение интегрированной РНС состоит из следующих составляющих:

- законодательное и юридическое обеспечение государства в виде специальных регламентирующих документов (постановлений), админуправления, лицензий, сертификатов и др.;
- собственно техническое управление работой СРНО во всех режимах с выработкой оценок точности, целостности, доступности и непрерывности;

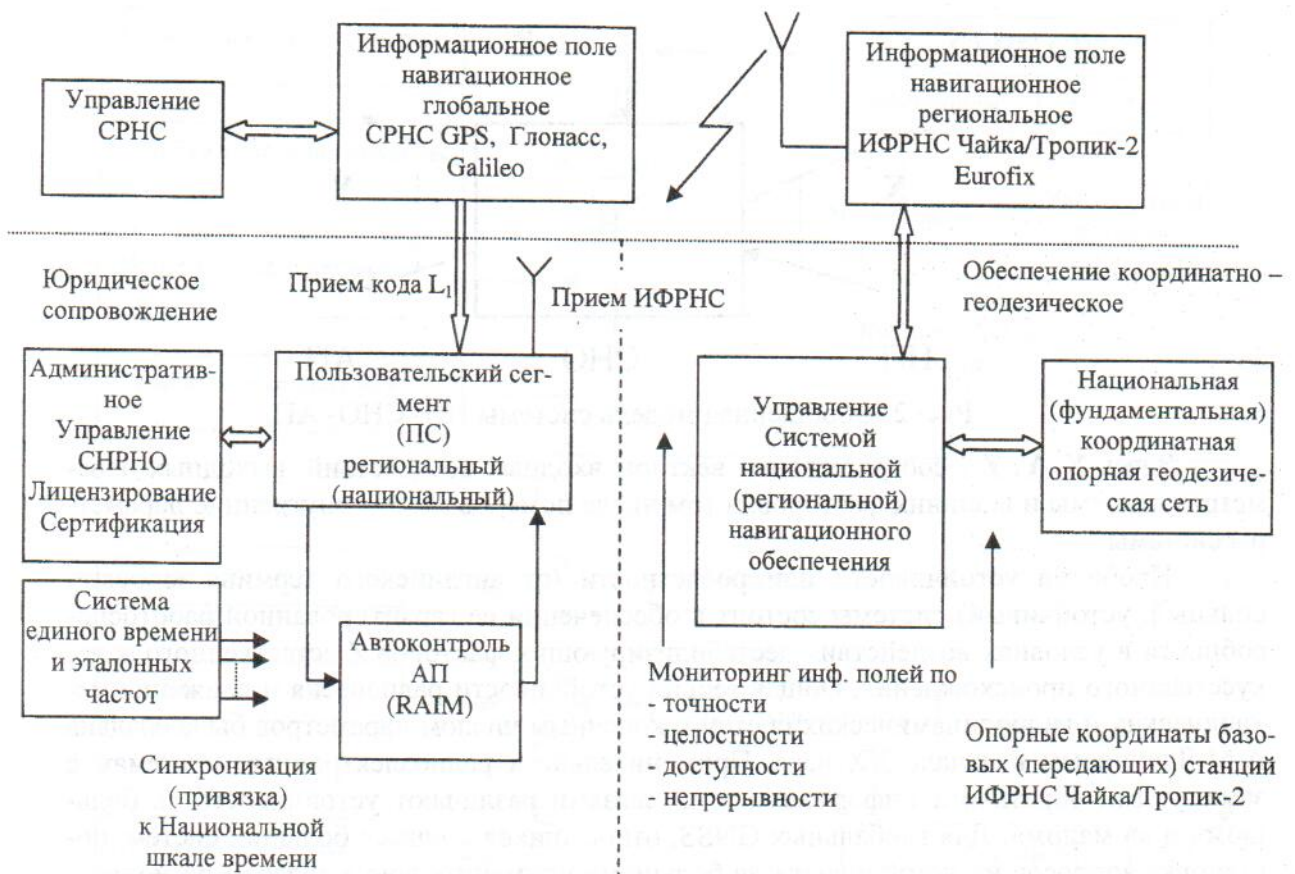


Рис. 1. Структура управления системой национального (регионального) радионавигационного обеспечения (СРННО)

- координатно-геодезическое обеспечение в виде привязки опорных (базовых) передающих региональных станций ИФРНС в международной системе координат WGS-84;
- частотно-временное обеспечение национальной шкалой времени UTC-UA для синхронизации всех составляющих системы и выработки поправок к шкалам времени GNSS;
- выработка региональных сигналов коррекций типа EUROFIX для GNSS и трансляции их через передающие станции ИФРНС, находящиеся под национальным управлением.

В таком виде структура обеспечивает полную управляемость СРННО и интегрированное робастное координатно – временное обеспечение пользователей по двум радионавигационным полям разного происхождения и отличающейся информационной структуре. При этом радионавигационные поля GNSS с внешним управлением контролируются с выработкой региональной корректирующей информацией системой класса наземного дополнения GBAS EUROFIX.

Приемная аппаратура пользователей (АП) СРННО, имеющая антенны и входы по частотам GNSS и ИФРНС, кроме режима дифференциальных поправок по GBAS EUROFIX, может иметь также встроенную систему контроля работоспособности типа RAIM.

Понятие общей устойчивости РНС.

Принимаем, что обобщенная модель системы «навигационное поле - система навигационного обеспечения - аппаратура пользователя» (НП - СРННО- АП) имеет следующий вид (рис. 2).

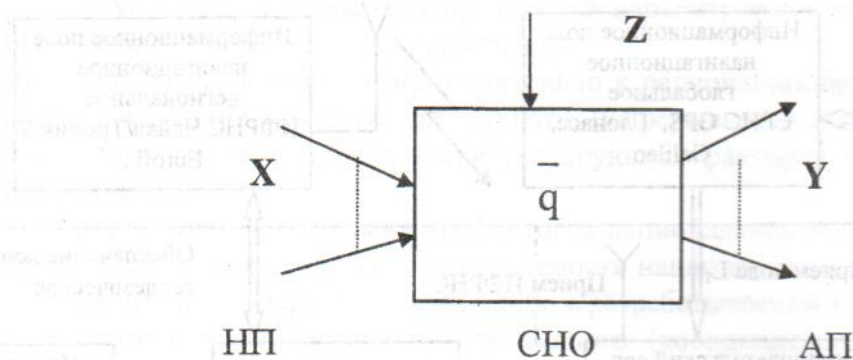


Рис. 2. Обобщенная модель системы НП-СНО-АП.

Здесь X , Y , Z - соответственно векторы входных воздействий, выходных параметров системы и внешних факторов, в том числе помеховых; q - внутренние параметры системы.

Проблема устойчивости или робастности (от английского термина «robust» - сильный, устойчивый) системы состоит в обеспечении ее гарантированной работоспособности в условиях воздействия дестабилизирующих факторов Z естественного и искусственного происхождения. Общая теория устойчивости равновесия и движения механических и гидродинамических систем с конечным числом параметров была создана А.М.Ляпуновым в начале XX века. Применительно к радиоэлектронным системам с замкнутыми обратными информационными связями различают устойчивость «в большом» и «в малом». Для глобальных GNSS, относящихся к классу больших систем, постановка вопросов их устойчивости «в большом» применительно к задачам регионального навигационного обслуживания является некорректной в связи с отсутствием локального управляющего воздействия на параметры системы. Поэтому применительно к СРНО должна ставиться задача постановки анализа проблемы устойчивости в малом контуре регионального навигационного обслуживания НП - СРНО - АП по информационным полям интегрированной СРНО.

Устойчивость СРНО определим как интегральный (обобщенный) фактор, характеризующий стабильность целевой выходной функции системы в замкнутом составе НП - СРНО - АП с такими основными составляющими как отказоустойчивость и помехоустойчивость. Дадим характеристику этим понятиям применительно к СРНО.

В последнее время вопросам устойчивости навигационного обеспечения и навигационного контура АП уделяется большое внимание наряду с точностными характеристиками систем и комплексов. Это связано, в частности, с тем, что GNSS в перспективе часто рассматривается как одно из основных навигационных средств, особенно в будущих системах управления движущимися объектами и полетами летательных аппаратов [4]. В этом случае устойчивость означает способность системы уменьшать или даже исключать воздействие помех, т.е. реализовывать потенциальную помехоустойчивость и, кроме того, изолировать ту часть неверной информации навигационного поля из последующей обработки (например, за счет уходов или отказов навигационных космических аппаратов - НКА), которая превысит порог ошибки в выходных параметрах системы, т.е. реализовывать отказоустойчивость.

Нормы устойчивости (веса) отличаются для разных групп пользователей в разных режимах и в разное время эксплуатации [5]. В документах, регламентирующих эти условия, в основном уделяется внимание требованиям по целостности и достоверности, т.е. отказоустойчивости и в меньшей мере - помехоустойчивости.

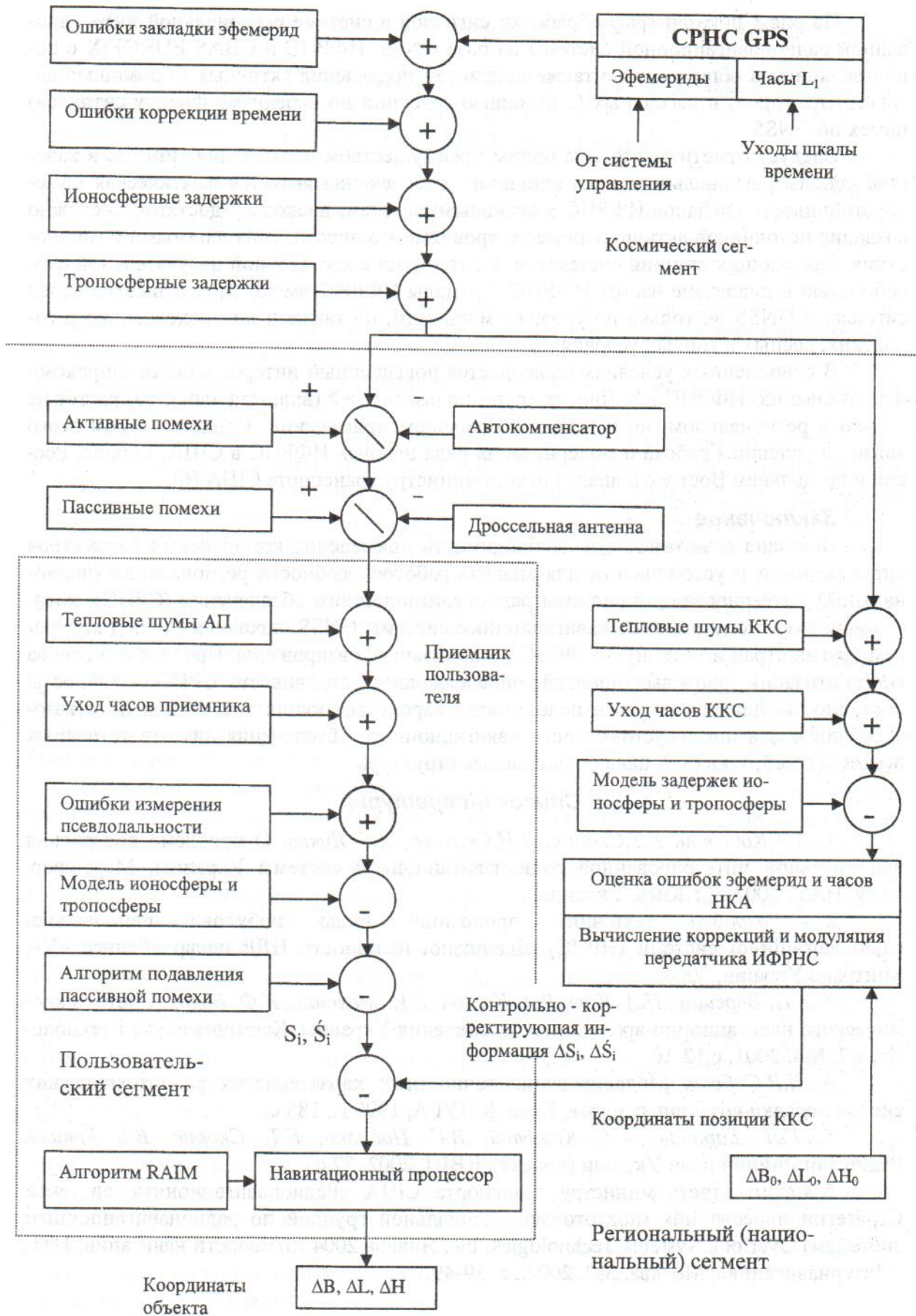


Рис. 3. Граф обработки сигналов в аппаратуре пользователя и локальной контрольно - корректирующей станции (ККС) типа Eurofix

На рис.3 показан граф обработки сигналов в системе региональной интегрированной радионавигационной системы на базе GNSS, ИФРНС и GBAS EUROFIX с использованием в общем случае также подсистем подавления активных (с помощью автокомпенсаторов) и пассивных (с помощью селекции по переднему фронту сигналов) помех по GNSS.

Следует отметить, что еще одним преимуществом применения ИФРНС в качестве основы регионального навигационного обеспечения является фактическая помехоустойчивость сигналов ИФРНС к активным помехам, поскольку достаточно сложно создание источников активных помех с уровнями мощности, соизмеримыми с мощностями передающих станций системы, и с антеннами с достаточной излучательной способностью в диапазоне частот ИФРНС. Сигналы ИФРНС имеют преимущество перед сигналами GNSS не только по уровням мощности, но также и по прохождению в городских, лесных и горных условиях.

В современных условиях наблюдается повышенный интерес к более широкому использованию ИФРНС для многих групп пользователей (включая авиацию) растет не только в региональном, но и в континентальном применении. Свидетельством этого является успешная работа и модернизация ряда цепочек ИФРНС в США, Европе, России и на Дальнем Востоке и анализ отчета министру транспорта США [6].

Заключение

Показана возможность и необходимость применения комплексных параметров управляемости и устойчивости для анализа работоспособности региональной (национальной) интегрированной системы радионавигационного обеспечения (СРНО), которая использует спутниковые навигационные системы GNSS, находящиеся под контролем других стран и наземную ИФРНС регионального базирования. Предложена основа систематизации ключевых понятий, определяющих устойчивость СРНО – точность, доступность, непрерывность и целостность, характеризующих требования по отказоустойчивости и помехоустойчивости навигационного обеспечения для ответственных пользователей, таких как авиация и силовые структуры.

Список литературы

1. А.А.Кошевой, Е.Т.Скорик, Я.И.Скалько, Я.С.Яцкив. О проблеме построения национальной интегрированной радионавигационной системы Украины, Междунар. конф. НАУ, 2003 г., г.Киев, Украина.
2. Розробка технічних пропозицій щодо побудови національної радіонавігаційної системи (ИФРНС) підвищеної надійності, НДР шифр «Раднас –У», Мінтранс України, 2004.
3. А.П. Верещак, П.А. Кот, В.А. Козлов, Е.И. Махонин, К.Ф. Волох. Система космического навигационно-временного обеспечения Украины, Космічна наука і технологія, т.7, №4, 2001, с.12-16.
4. Л.В.Сибрук. Моделирование точностных характеристик радиотехнических систем посадки воздушных судов, Киев, КМУГА, 1998 г., 188 с.
5. Г.Л. Баранов, А.А. Кошовий, В.Г. Падалко, Е.Т. Скорик, В.І. Хавило. Радіонавігаційний план України (проект), КВІЦ, 2002, 77 с.
5. Анализ отчета министру транспорта США «Радионавигационные системы. Стратегии инвестиций» (подготовлен специальной группой по радионавигационным системам) Overlook Systems Technologies. Inc. Январь 2004 г. //Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», Москва, №2, 2004.. с. 39-49.