

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕС- ПЕЧЕНИЯ

к.т.н. И.А. Кашаев

(представил д.т.н., проф. С.В. Козелков)

*В статье рассмотрены методологические аспекты разработки и проектирования дифференциальных подсистем спутниковой навигации, которые предназначена для высокоточного измерения вектора навигационных параметров потребителей различного назначения, на основе приема и обработки сигналов глобальных спутниковых радионавигационных систем «Глонасс» (Россия) и «Навстар» (США). Представлен ряд результатов и даны практические рекомендации по построению системы.*

**Актуальность.** Сложность и многоаспектность проблемы обеспечения потребителей координатно-временной информацией, её значение для обеспечения экономического, технического и оборонного потенциала государства позволяет отнести реализацию координатно-временного обеспечения с использованием современных спутниковых технологий к разряду первоочередных. Современные технологии подготовки и ведения вооруженной борьбы не могут быть реализованы без использования космических навигационных систем (КНС). Навигационное обеспечение является составной частью координатно-временного обеспечения и рассматривается как один из видов боевого обеспечения [1].

Проблема построения оптимальной системы высокоточного навигационного обеспечения объектов вооружения и военной техники (ВВТ) Вооруженных сил Украины до настоящего времени не решена.

Анализ научных публикаций и программных исследований показывает, что перспективными направлениями развития и совершенствования координатно-временных систем являются:

- 1) создание и развитие систем дополнения КНС с целью расширения их функциональных возможностей;
- 2) оптимальное построение таких систем по критерию эффективности-стоимость.

**Анализ новейших исследований и публикаций.** Анализ публикаций и исследований по данной тематике [1 – 3] позволяет сделать вывод о том, что системными особенностями навигационно-временного обеспечения являются нижеперечисленные.

1. Согласованность научных основ, методов и средств, формирующих

данные о фундаментальных системах отсчета координат и времени, астрономических и геодезических постоянных, позволяющих заинтересованным потребителям с необходимой для них точностью, оперативностью и надежностью определять местоположение и устанавливать интересующие их координатно-временные соотношения на поверхности Земли, в акваториях морей и океанов, в приземном и космическом пространстве.

2. Непрерывность процессов установления и воспроизведения систем отсчета и установление иерархии взаимоопределяемых систем отсчета.

3. Непрерывность процессов удовлетворения потребностей в обеспечении определений и самоопределений местоположения и времени, направления движения, ориентации объектов функционирующих в интересах обороны, науки и народного хозяйства.

4. Формируемые системы параметров и закономерности систем отсчета являются исходными данными при построении геодезических систем координат и позволяют осуществлять:

– построение геодезических сетей всех классов, картографические, топографические и гравиметрические съемки;

– создание навигационных систем массового обслуживания в интересах как стационарных, так и подвижных объектов потребителя.

5. Практическая реализация навигационного обеспечения воплощается в совокупности организационно независимого (государственного и ведомственного подчинения) многообразия комплексов, систем и служб, элементы которых пространственно рассредоточены в локальных и сетевых структурах в виде опорных наземных пунктов, оборудованных аппаратурой приема, обработки и передачи координатно-временной информации.

6. Единство информационной структуры навигационного обеспечения определяется иерархией систем отсчета и систем координат от исходной опорной до приборных систем координат, в которых решаются целевые задачи.

Создание и воспроизведение исходной базовой системы отсчета является задачей фундаментального направления координатно-временного обеспечения.

Прикладное направление координатно-временного обеспечения определяет создание систем и средств геодезического и навигационного обеспечения.

**Постановка задачи.** Для решения проблемы построения оптимальной системы высокоточного навигационного обеспечения необходимо решение следующих научно-технических задач:

1. Обзор современного состояния, тенденций развития спутниковых навигационных систем и путей расширения их функциональных возможностей.

2. Анализ требований потребителей к системе навигационного обеспечения.

3. Разработка методики оценки точности навигационного обеспечения в рабочей зоне дифференциальной системы навигационного обеспечения.

4. Разработка обобщенного метода построения дифференциальной системы навигационного обеспечения подвижных объектов ВВТ.

**Основные результаты исследований.** Основные требования к системе и требования прикладных задач различных групп потребителей сформулированы в [4]. Общая методология построения систем дополнения КНС приведена на рис. 1. Рис. 2 иллюстрирует подход к определению основных групп потребителей системы навигационного обеспечения и их классификацию по решаемым задачам и требованиям к системе. Подход к классификации потребителей по требованиям к системе рассмотрен в [4].

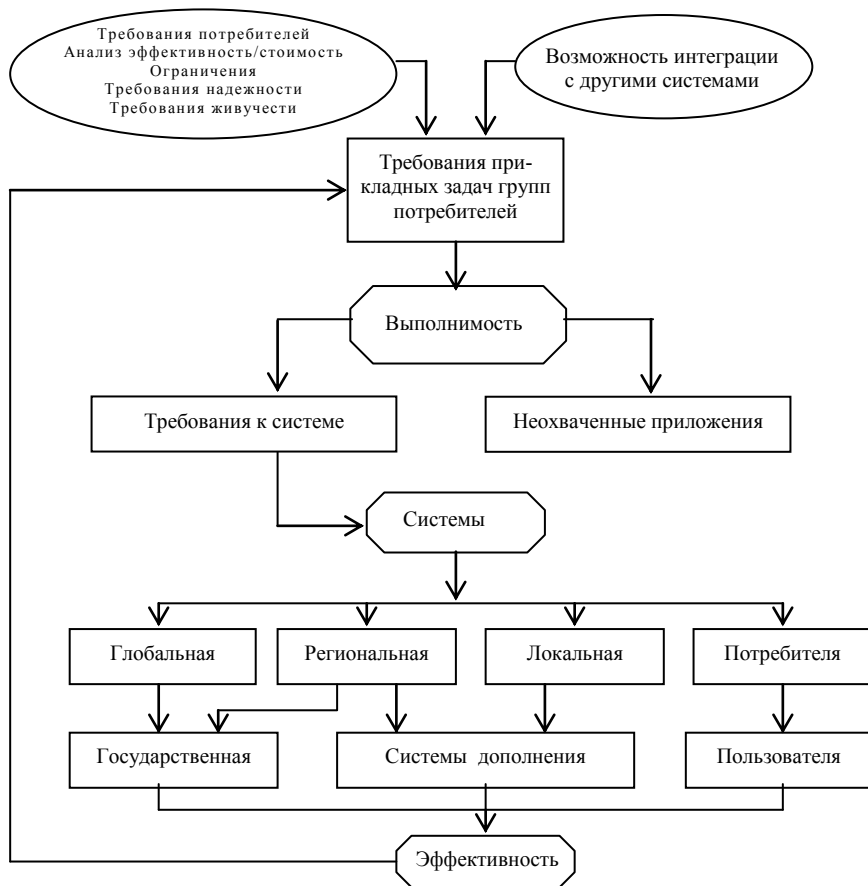


Рис. 1. Методология построения системы навигационного обеспечения

В [5] предложена децентрализованная система навигационного обеспечения, учитывающая специфику административно-военного деления территории Украины и особенности задач, решаемых военными потребителями [4]. При таком построении система НВО будет представлять иерархическую сетевую структуру, на верхнем уровне которой находится единый центр контроля и обработки (центральная ККС), далее – региональные ККС оперативных командований, затем – локальные ДПС, а на нижнем уровне – средства потребителей. Региональные ДПС могут состоять из одной или нескольких ККС.

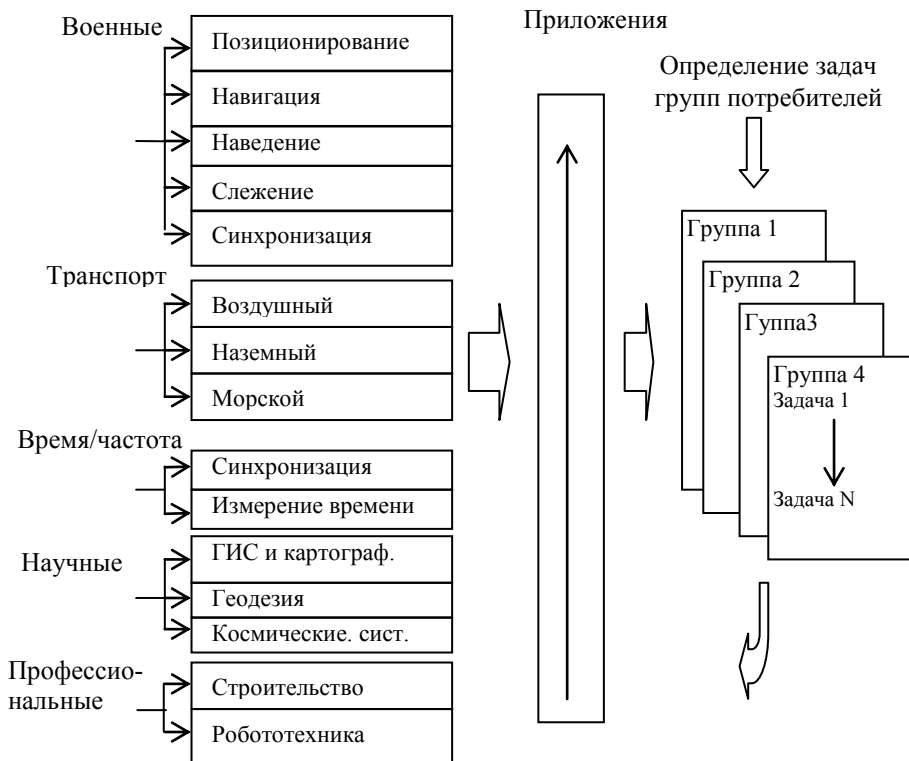


Рис. 2. Определение групп потребителей радионавигационных услуг

В этом случае основными обеспечивающими функциями ДПС являются:

- организация и обработка наблюдений: проведение непрерывных наблюдений навигационных сигналов наземными КС, формирование дифференциально-корректирующих поправок (ДКП);
- контроль целостности: контроль функционирования навигационных спутников GPS, ГЛОНАСС

- передача ДКП и данных целостности на всю обслуживаемую территорию;
- передача результатов наблюдений всех КС ДПС для целей геодезического обеспечения.

Региональные подсистемы могут быть объединены в единую систему с помощью центральной ККС (рис. 3), которая выполняет функцию объединения региональных оценок  $\hat{x}_i$  и  $P_i$  и вычисляет ковариационную матрицу ошибок для всей системы  $P_{\text{сист.}}$ , определяет и выдает общесистемные оценки ДКП  $\hat{x}_{\text{сист}}$  потребителям [5].

При выполнении указанных функций такая система позволит обеспечить дифференциальный режим навигационных определений в реальном масштабе времени и информирование пользователей о состоянии и качестве функционирования спутников

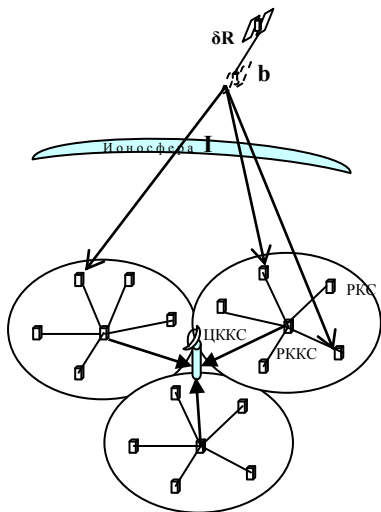


Рис. 3. Централизованная система

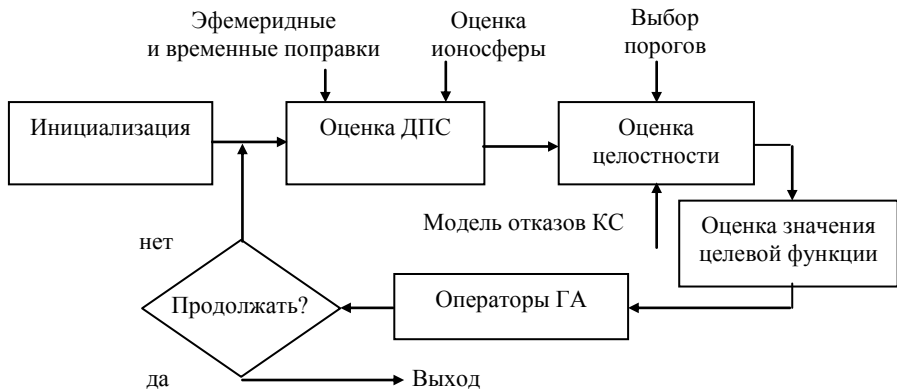


Рис. 4. Алгоритм построения дифференциальной подсистемы навигационного обеспечения навигационных систем (рис. 4).

Показатель, оценивающий затраты на построение системы, должен учитывать стоимость оборудования контрольных станций (КС), контрольно-корректирующих станций (ККС) и аппаратуры пользователей. Целевая функция может быть представлена в виде [5]:

$$F_{\text{ДПС}}(n) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^K P_{ij} [D_j f_{\text{точн.}} + f_{\text{цел}}] - f_{\text{ст}}(n), \quad (1)$$

где  $n$  – количество используемых КС и ККС;  $M$  – количество районов, в которых производится контроль точности и целостности;  $K$  – количество учитываемых классов потребителей в оцениваемых районах;  $P_{ij}$  – количество потребителей  $j$ -го класса в  $i$ -м районе;  $D_j$  – определяет требования к точности  $j$ -го класса потребителей;  $f_{\text{точн.}}$  – характеристика точности ДПС, зависящая от корреляционной матрицы ошибок (2), (3);  $f_{\text{цел}}$  – характеристика целостности ДПС;  $f_{\text{ст}}(n)$  – характеристика стоимости ДПС.

**Выводы.** В статье предложена методология построения дифференциальной подсистемы навигационного обеспечения с учетом административно-военного деления Украины, особенностей задач, решаемых военными потребителями и рационального соотношения затрат на достижение заданных характеристик системы. Результаты исследований позволяют оптимизировать затраты на построение и эксплуатацию системы навигационного обеспечения при заданном количестве основных групп потребителей системы навигационного обеспечения, классифицированных по решаемым задачам и требованиям к системе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корольов В.М. *Забезпечення навігаційною інформацією наземних рухомих об'єктів – важливе державне завдання* // Наука і оборона. – 1998. – №4. – С. 19 – 24.
2. Верецак А.П., Пискорж В.В., Жалило А.А. и др. *Концепция создания системы навигационного обеспечения Украины* // Космічна наука і технологія. – 1998. – Т4. – № 5/6. – С. 33 – 39.
3. Соловьев Ю.А. *Системы спутниковой навигации*. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 267 с.
4. Кашаев И.А. *Обобщенная характеристика требований к системе координатно-временного обеспечения двойного назначения основных групп потребителей* // Системы обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 5 (15). – С. 159 – 163.
5. Кашаев И.А., Подорожняк А.А. *Оптимизация структуры дифференциальной подсистемы навигационно-временного обеспечения с помощью генетических алгоритмов* // Системы обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 2 (18). – С. 248 – 251.
6. Кашаев И.А. *Оценка точности децентрализованной системы навигационно-временного обеспечения* // Системы обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 5(21). – С. 231 – 234.
7. Kee C., Ryong C. *A solution of a natural way to implement WADGPS in East Asia: decentralized WADGPS* // Proceeding of ION GPS-99. – 14 –17 September 1999. – Nashville, TN. – P. 211 – 220.

Поступила 10.08.2004

**КАШАЕВ Игорь Александрович**, канд. техн. наук, доцент, заместитель начальника кафедры ХИ ВВС МОУ. В 1978 году окончил ХВВКИУ. Область научных интересов – навигационно-временные системы.

---