

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

## Определение чувствительности навигационного модуля



Рисунок 1 - Структурный состав НАП

Объектом проведения экспериментальных исследований является модуль навигационного приемника (далее по тексту — модуль НП, навигационный модуль), работающий в составе навигационной аппаратуры потребителей (НАП) (см. рис. 1).

Под *чувствительностью* модуля НП понимается его способность работать в условиях приема слабых сигналов. В качестве характеристики чувствительности принимается граничное наименьшее значение мощности  $P_{s,min}$  полезного сигнала (одного типа и одного спутника) на выходе пассивной антенны, при котором модуль НП еще может решать целевую задачу с заданными характеристиками.

Под заданными характеристиками решения целевой задачи понимается выдача навигационного 3D-решения без перерывов, превышающих 10-секундный интервал.

Чувствительность навигационного модуля - одна из его важнейших характеристик. Обеспечение номинальной мощности сигнала гарантируется навигационной системой в случае прямой видимости спутника на открытой местности. В городских условиях, под листвой деревьев, внутри транспортных средств и помещений сигнал может быть значительно ослаблен. В таких условиях от приемника требуется максимальная чувствительность.

Размерность количественной характеристики чувствительности, как следует из определения, совпадает с размерностью мощности. На практике применяют логарифмическую шкалу, выражая чувствительность в [дБВт] или [дБм] с помощью нелинейного преобразования (логарифма по основанию 10) отношения описываемой мощности к 1Вт или 1мВт соответственно:

$$P_{[дБВт]} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{[W]}}{1_{[W]}} \right),$$
$$P_{[дБм]} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{[W]}}{0.001_{[W]}} \right) = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{[mW]}}{1_{[mW]}} \right) = P_{[дБВт]} + 30$$

Различают *чувствительность слежения* и *чувствительность поиска*. Отличие заключается в состоянии приемника на момент ослабления сигнала с номинального уровня.

Если к моменту ослабления сигнала навигационный модуль успел произвести поиск и захват сигналов всех видимых спутников, выделил навигационную информацию и производит выдачу навигационного решения - приемник находится в режиме слежения. В таких

условиях его чувствительность максимальна. Уровень чувствительности современных навигационных модулей в режиме слежения - около -160 дБм (или -190 дБВт).

Если к моменту включения приемника сигнал уже был ослаблен, говорят о чувствительности поиска.

Задача поиска слабого сигнала требует значительных вычислительных ресурсов, время поиска существенно возрастает и может превысить требуемое. В методике в качестве максимального времени до выдачи навигационного 3D-решения выбрано значение в 300 секунд. Превышение ожидания неприемлемо для большинства потребителей.

Помимо поиска сигналов, в режиме "холодного" старта приемнику необходимо выделить навигационную информацию. Низкая мощность входного сигнала приводит к низкому отношению сигнал/шум и возрастанию ошибок выделения передаваемых бит сообщения. Не выделив эфемеридную информацию, приемник не может решить навигационную задачу - она требует сведения о положении спутников. В современных навигационных модулях развитие блоков быстрого поиска привело к ситуации, в которой невозможность выделения навигационной информации стала главным ограничением чувствительности поиска. Чувствительность поиска в режиме "холодного" старта современных навигационных модулей около -145 дБм.

Помимо режимов "холодного" старта, при котором приемник не содержит информации о состоянии спутникового созвездия, производители выделяют режим "теплого" и "горячего" старта. Отличаются они наличием той или иной вспомогательной информации, накопленной приемником - времени, эфемерид, альманахов и т.д.

Основными путями повышения чувствительности НАП являются:

- оптимизация алгоритмов обработки сигналов в НАП;
- прием и обработка перспективных двухкомпонентных (пилот и данных) сигналов ГНСС;
- использование высококачественных комплектующих и элементной базы;
- получение дополнительной информации извне навигационной системы, например, по каналам сотовой связи (A-GPS).

### Определение помехоустойчивости навигационного модуля



Рисунок 1 - Структурный состав НАП

Объектом проведения экспериментальных исследований является модуль навигационного приемника (далее по тексту — модуль НП, навигационный модуль), работающий в составе навигационной аппаратуры потребителей (НАП) (см. рис. 1).

Под *помехоустойчивостью* модуля НП понимается его способность работать в условиях воздействия внешних помех. В качестве характеристики помехоустойчивости принимает-

ся граничное (наибольшее) значение отношения мощности помехового сигнала к мощности полезного сигнала

$$K_{J/S} = P_J/P_S$$

(1)

на входе модуля НП, при котором модуль НП еще может решать целевую задачу с заданными характеристиками. Здесь  $P_S$ — мощность полезного сигнала одного навигационного спутника на выходе антенны,  $P_J$ — мощность помеховых сигналов на выходе антенны. Если мощности навигационных сигналов не равны, то  $P_S$ - мощность самого слабого сигнала из участвующих в навигационном решении.

Под заданными характеристиками решения целевой задачи понимается выдача навигационного 3D-решения без перерывов, превышающих 10-секундный интервал.

Параметр  $K_{J/S}$ , который называется *коэффициентом подавления* НП, удобно характеризовать в децибелах, т.е.

$$J/S = 10 \log_{10} (K_{J/S}) \text{ дБ.}$$

(2)

Основными путями повышения помехозащиты НАП являются:

- введение избыточности по навигационным сигналам, т.е. увеличение числа принимаемых и обрабатываемых навигационных сигналов, в том числе от различных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС);
- прием и обработка перспективных двухкомпонентных (пилот и данных) сигналов ГНСС;
- использование высококачественных комплектующих и элементной базы;
- оптимизация алгоритмов обработки сигналов в НАП;
- комплексирование НАП ГНСС с другими информационными системами и в первую очередь с инерциальной навигационной системой (ИНС);
- частотная селекция (компенсация) помех;
- пространственная селекция (подавление) помех с использованием антенных решеток с управляемой диаграммой направленности.