

Бакалаврская работа по теме:  
**Анализ коррелятора**  
**навигационного приемника**  
**перспективных сигналов**  
**ГЛОНАСС.**

Научный руководитель:  
д.т.н., профессор Перов А.И.  
Студентка: Астанкова Н.Д.  
Учебная группа: ЭР-15-07

Москва, 2011

# Постановка задачи.

- Конечной задачей навигации является извлечение информации об изучаемых объектах, а точнее – координат и скорости.  
В виду того, что необходимо повышать качество приема сигнала, было решено к 2013 году изменить тип структуры навигационных сигналов. Такими перспективными сигналами в СРНС ГЛОНАСС являются сигналы с кодовым разделением. Для них вводится новый способ модуляции на поднесущих частотах, дающий более точные результаты измерений.
- В настоящее время наличие цифровой информации в передающемся сигнале значительно ухудшает условия измерения параметров. Поэтому для перспективных сигналов так же вводится более удобный вид, представляющий сумму сигналов, содержащих и не содержащих цифровой информации.
- Введение таких изменений в передающемся сигнале требует перепрограммирования работы элементов приемного устройства, в частности изменение алгоритма работы цифрового коррелятора.

## Цель работы:

Создание модели коррелятора для приема и обработки перспективных сигналов СРНС ГЛОНАСС.

# Основные сведения о новых сигналах.

- В системах с кодовым разделением излучение происходит на одной частоте, но каждый сигнал модулируется определенным кодом. В основе кодового разделения лежит условие ортогональности сигналов, при котором ВКФ, показывающая степень похожести сигналов, равна нулю.

$$R_{12}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t) \cdot s_2(t - \tau) dt = 0$$

- Для обеспечения правильного функционирования СРНС используются шумоподобные сигналы (ШПС), являющиеся широкополосными и обладающие большой базой сигнала.

$$B = F_{\hat{y}} \cdot T_{\hat{y}} \boxtimes 1$$

Мы рассматриваем один из видов ШПС, применяемый в ГЛОНАСС, это фазоманипулированные сигналы. У таких сигналов в дискретные моменты времени фаза изменяется на дискретную величину по определенному псевдослучайному закону, в качестве которого применена последовательность максимальной длины (М-последовательность).

- ШПС получают с помощью дополнительной модуляции. Для новых сигналов это модуляция на поднесущих частотах ВОС(1,1).

# Сигнал DATA.

- Сигнал навигационной информации:

$$S_{DATA} = Ah_{i\tilde{N}} \cos(\omega t + \varphi) h_{Di}(t)$$

модулирован применяемой ранее бинарной фазовой модуляцией BPSK, в основе которой лежит периодическая кодовая последовательность с изменением амплитуды [-1, 1] – дальномерный код.

Применяется модуляция BPSK(1) с частотой следования символов кода  $F_{bpsk} = 1 F_b$  МГц кратной заданной базовой частоте  $F_b = 1.023$  МГц.

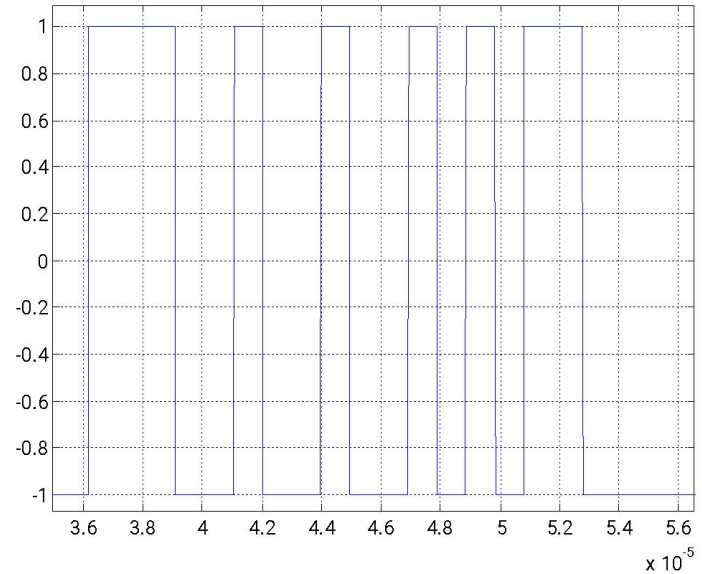
Длительность одного символа кода  $1 / F_{bpsk} = 1$  мкс.

- Корреляционная функция:

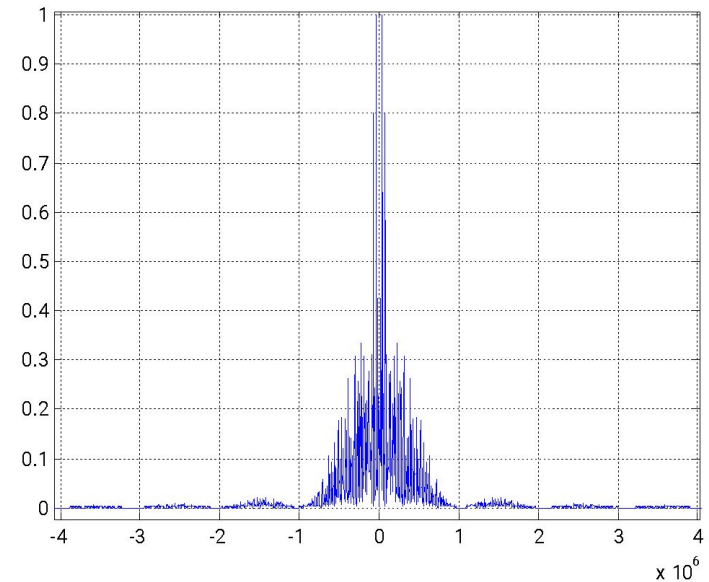
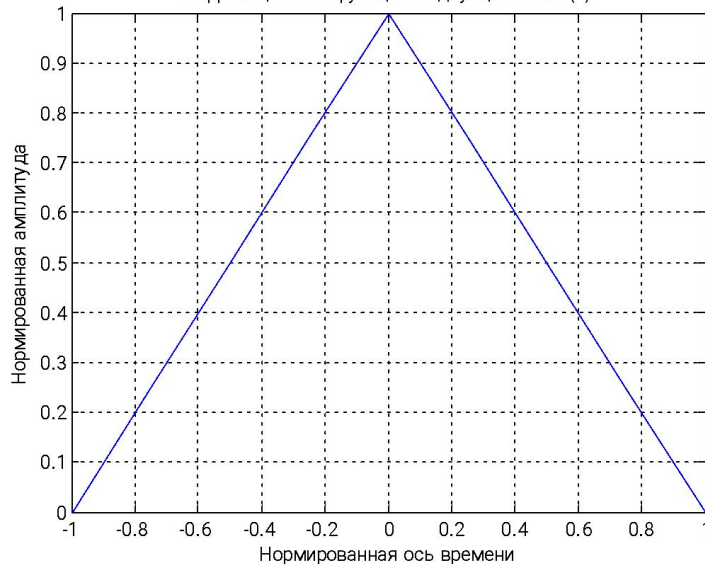
$$R(\tau) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|\tau|}{\tau_c}\right), & \text{if } 0 \leq \tau \leq \tau_c; \\ 0. & \text{else} \end{cases}$$

- Спектральная плотность мощности:

$$N_0(f_0) = \tau_c \left( \frac{\sin(\pi f \tau_c)}{\pi f \tau_c} \right)^2 = \frac{1}{f_c} \left( \frac{\sin(\pi \frac{f}{f_c})}{\pi \frac{f}{f_c}} \right)^2$$



Корреляционная функция модуляции BPSK(1)



# Сигнал PILOT.

- Сигнал данных, без цифровой компоненты:

$$S_{PILOT} = Ah_{\hat{E}} \cos(\omega t + \varphi)$$

модулирован бинарной модуляцией на поднесущих BOC(fsub, fchip).  
Функция модуляции BOC определяется выражением:

$$\tilde{g}_{BOC}(t) = \tilde{g}_{BPSK}(t) \text{sign}(\sin(\pi t / \tau_s + \psi))$$

При модуляции BOC(1,1) на одном символе кода сигнала BPSK(1) «укладывается» один период цифровой синусоиды.

- Нормированная корреляционная функция :

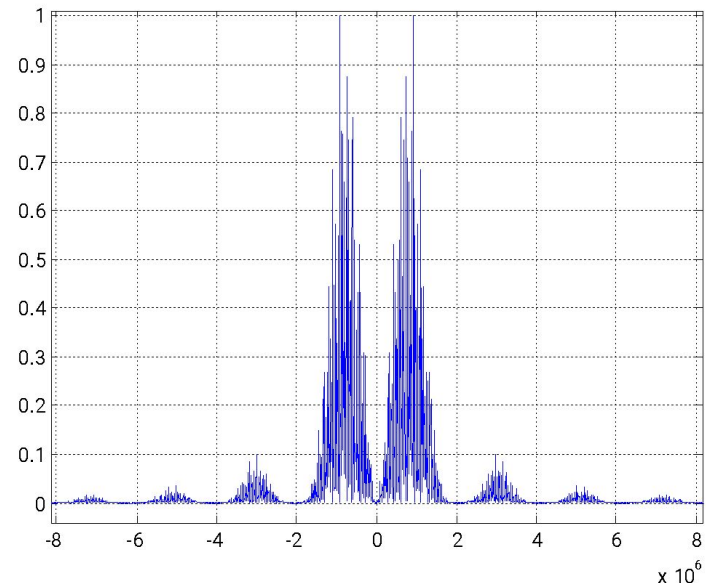
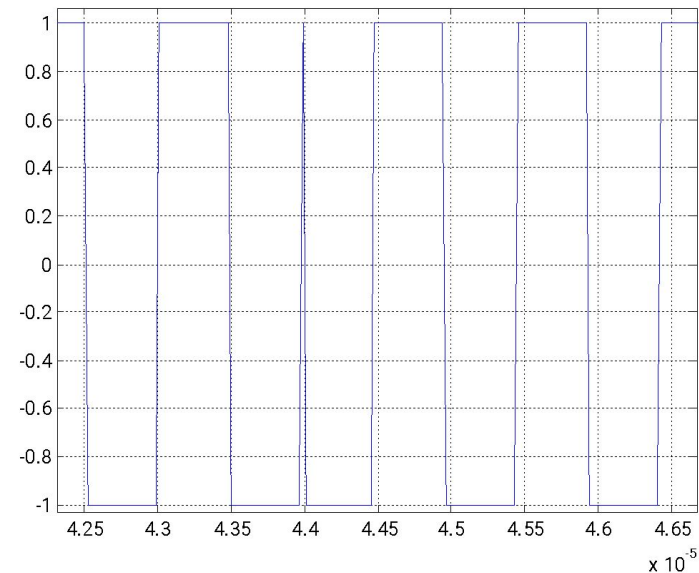
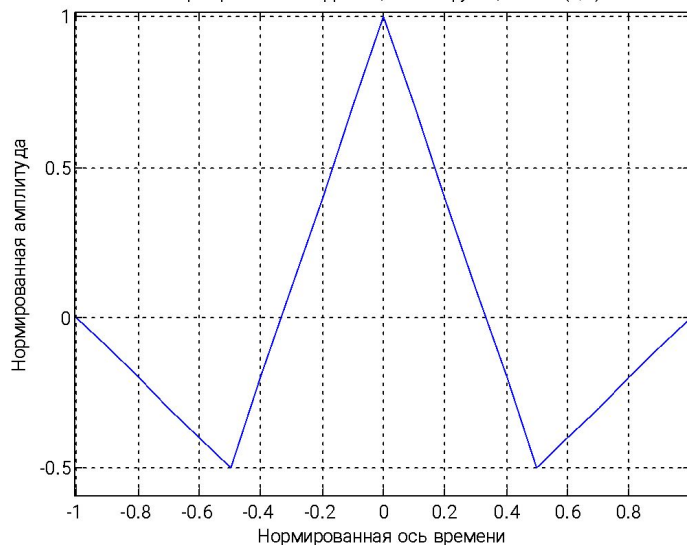
$$\rho_{BOC(1,1)}(\tau) = \begin{cases} (-1)^{v+1} \left[ \frac{1}{p} (-v^2 + 2vp + v - p) - \frac{|\tau|}{\tau_c} (4p - 2v + 1) \right] = (-1)^{v+1} \left[ \frac{|\tau|}{\tau_c} - 1 \right], & \text{if } |\tau| \leq \tau_c, \\ 0, & \text{if } |\tau| > \tau_c. \end{cases}$$

, где:  $p = 1, v = \lceil 2|\tau| / \tau_c \rceil$  - целочисленный параметр.

- Спектральная плотность мощности модулирующего сигнала с модуляцией BOC(1,1) и начальной фазой равной нулю:

$$N_{BOC(1,1)}(f) = \frac{1}{f_c} \sin^2(\pi f / f_c) \text{tg}^2\left(\frac{\pi f}{2 f_s}\right), \text{if } \delta \neq 0 \text{ if } k = 2$$

Нормированная корреляционная функции BOC(1,1)



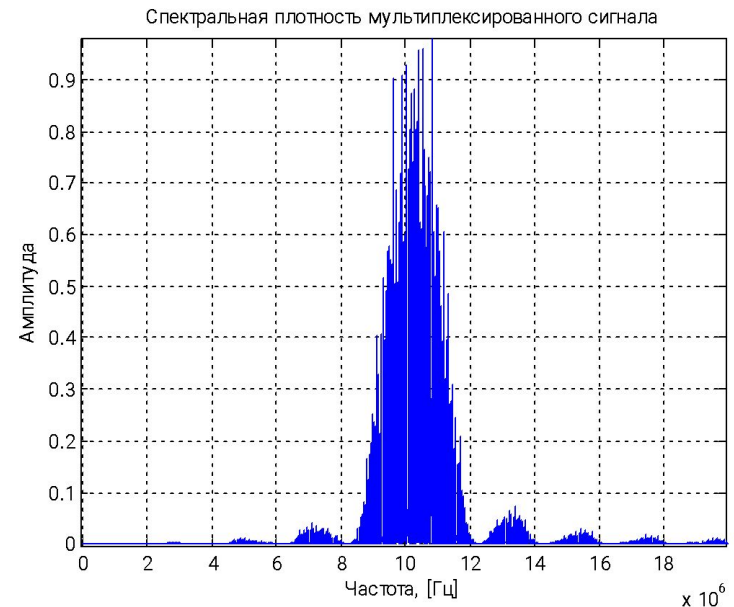
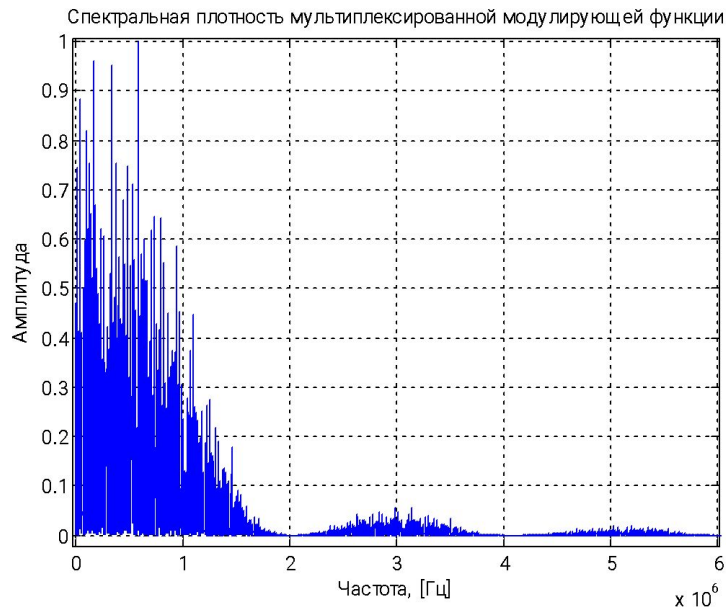
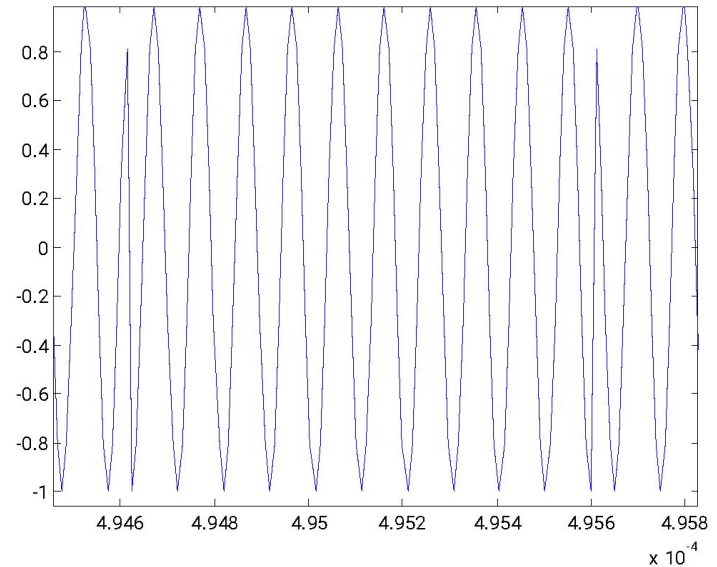
# Мультиплексированный сигнал.

Наиболее эффективный способ объединения сигналов - метод временного мультиплексирования. Для реализации временного мультиплексирования длительность символа кода увеличивается в два раза на оси временного мультиплексирования

Суть метода: ось суммарного сигнала разбивается на равные промежутки времени - длительности символов кода. На такие же промежутки разбиты оси самих принимаемых сигналов. Сигналы обязательно синхронизированы по времени. Тогда на ось суммарного сигнала поочередно переставляются элементы сигналов:

$S(t)$	$S_1(t)$	$S_2(t)$	$S_1(t)$	$S_2(t)$
$S_{\Sigma}(t)$	1.1	2.1	1.2	2.2

Такой способ сложения можно легко представить при помощи устройства ключ, когда при подаче определенного разрешающего сигнала на устройство в течение заданного времени ключ переключается то на сигнал Пилот, то на сигнал Дата.

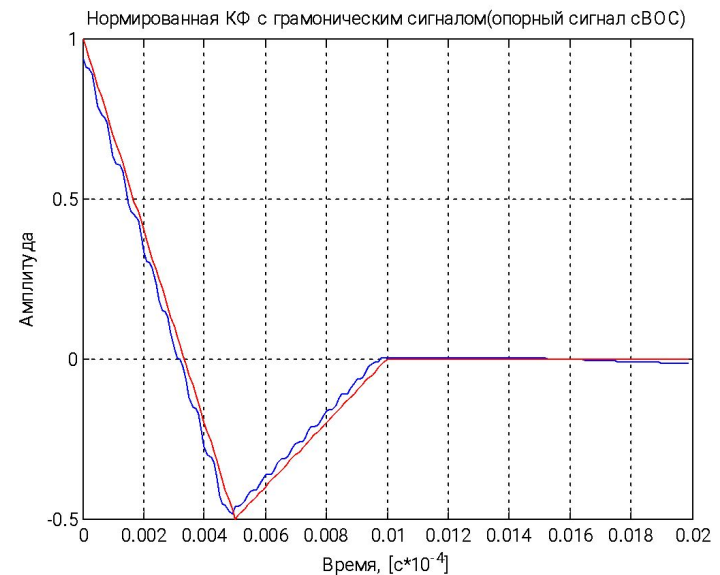
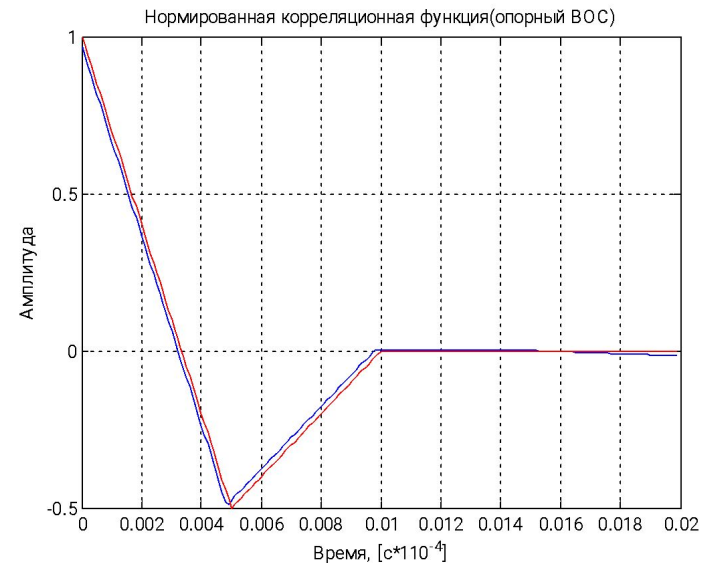


# Обработка на корреляторе.

- После АЦП принимаемый сигнал попадает на коррелятор – важнейшее устройство для выделения и обработки информации.
- Коррелятор, в простейшем смысле, представляет устройство перемножения приемного сигнала на опорный и интегрирования по времени.
- Сигналы с временным мультиплексированием излучаются, а, соответственно, и принимаются на корреляторе для дальнейшей обработки и извлечения параметров. Необходимо создать такую модель коррелятора, чтобы при перемножении мультиплексированного сигнала с опорной функцией можно было получить только одно из слагаемых, т.е. или сигнал Пилот или Дата.

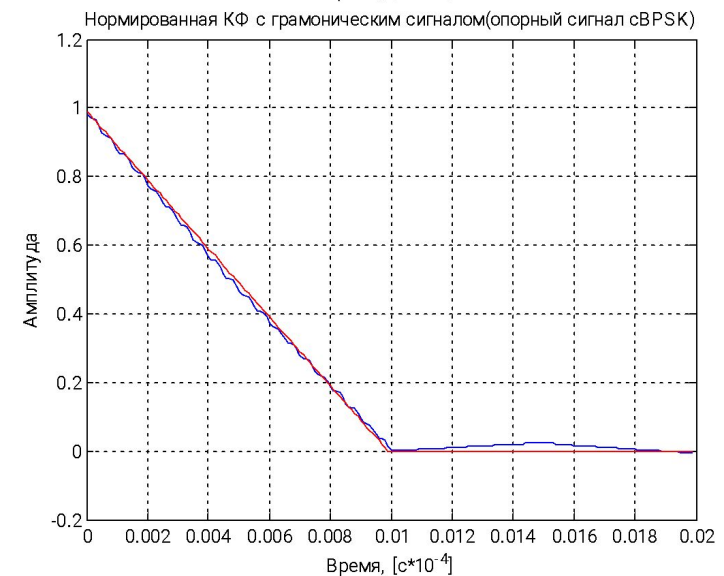
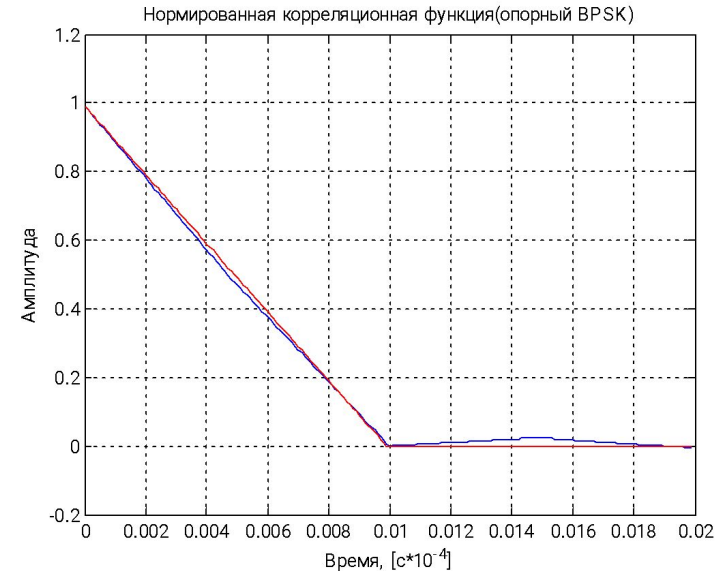
Исходя из этих соображений, вид опорного сигнала будет идентичен принимаемому, но одна из компонент та, которую обрабатывать по данному каналу не нужно, будет равна нулю.

- Сравнивая, теоретическое (красным) построение корреляционной функции с реальным (синим), можно судить об ошибке выделения сигнала.



# Обработка на корреляторе.

- На первом слайде нормированная КФ с выхода коррелятора при выделении сигнала Pilot. Верхний рисунок - нормированная КФ с выхода коррелятора для модулирующих последовательностей. Нижний рисунок - нормированная КФ с выхода коррелятора с добавлением гармонической составляющей.
- На данном слайде нормированная КФ с выхода коррелятора при выделении сигнала Data. Верхний рисунок - нормированная КФ с выхода коррелятора для модулирующих последовательностей. Нижний рисунок - нормированная КФ с выхода коррелятора с добавлением гармонической составляющей.





# Выводы по работе.

В бакалаврской работе проведены исследования и получены следующие основные результаты.

1. Изучены типы и характеристики используемых в настоящее время и разрабатываемых перспективных навигационных сигналов системы ГЛОНАСС.
2. Создана математическая модель перспективного навигационного сигнала, состоящего из суммы двух компонент.
3. Выявлено, что наилучшим способом объединения компонент передаваемого сигнала является метод временного мультиплексирования.
4. Проанализированы основные принципы работы коррелятора навигационного приемника. Разработана модель коррелятора для приема перспективного сигнала с кодовым разделением и с временным уплотнением информационной и пилотной компонент сигнала. Проведено имитационное моделирование корреляторов, предназначенных для работы по пилотной и информационной компонентам сигнала, в результате которого показано, что в корреляторах правильно выделяются соответствующие компоненты из мультиплексированного сигнала.

Все теоретические расчеты подтверждены моделированием в пакете MatLab.