

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ И ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СМАРТФОНАХ

Студент: Татьяна Антоновна Бровко

Группа: ЭР-12м-19

Направление: 11.04.01 Радиотехника

Научный руководитель: к.т.н., зав. каф. РТС, Роман Сергеевич Куликов

Актуальность

- С 2019 года в смартфоны внедряют приемопередатчик СШП сигналов
- Недостаток СШП сигналов: снижение точности измерений при нарушении прямого распространения из-за препятствий
- Для повышения точности позиционирования приемопередатчик СШП сигналов можно комплексировать с датчиком угловых скоростей смартфона

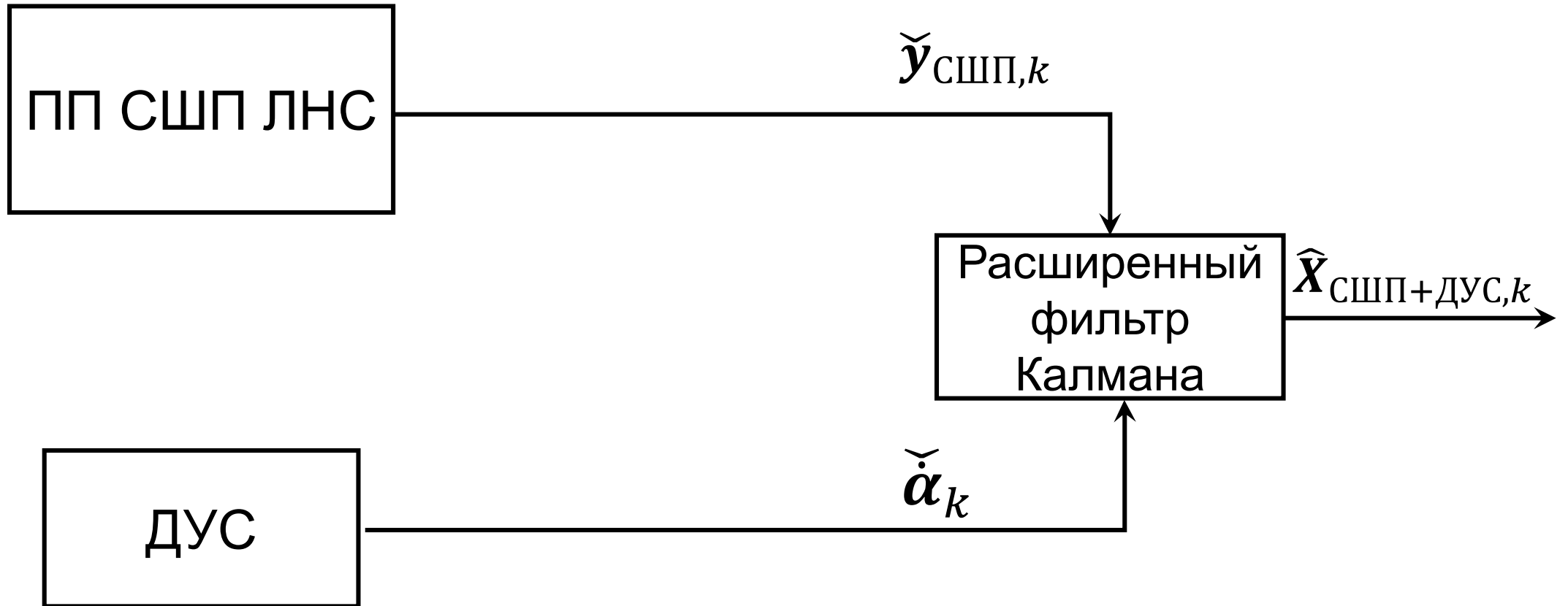
Цель

Разработать и исследовать алгоритм комплексирования сверхширокополосной системы локальной радионавигации и датчика угловой скорости для использования в смартфонах

Задачи

- Синтез алгоритма комплексирования
- Аналитическая оценка ошибок фильтрации
- Имитационное моделирование
- Эксперимент
- Анализ результатов

Постановка задачи синтеза



От СШП ЛНС: координаты с БГШ
От ДУС: скорость угла курса

Синтез алгоритма

Модель динамики:

$$x_k = x_{k-1} + V_{k-1} \cdot \cos \alpha_{k-1} T$$

$$y_k = y_{k-1} + V_{k-1} \cdot \sin \alpha_{k-1} T$$

$$V_k = V_{k-1} + \xi_{k-1} T$$

$$\alpha_k = \alpha_{k-1} + \dot{\alpha}_{k-1} T$$

$$\dot{\alpha}_k = \dot{\alpha}_{k-1} + \zeta_{k-1} T$$

Матрица наблюдений:

$$\mathbf{H} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Изменение вектора состояния:

$$\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \hat{\mathbf{x}}_{k-1} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cos \alpha_{k-1} T & -V_{k-1} \sin \alpha_{k-1} T & 0 \\ 0 & 1 & \sin \alpha_{k-1} T & V_{k-1} \cos \alpha_{k-1} T & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Аналитическая оценка ошибок фильтрации

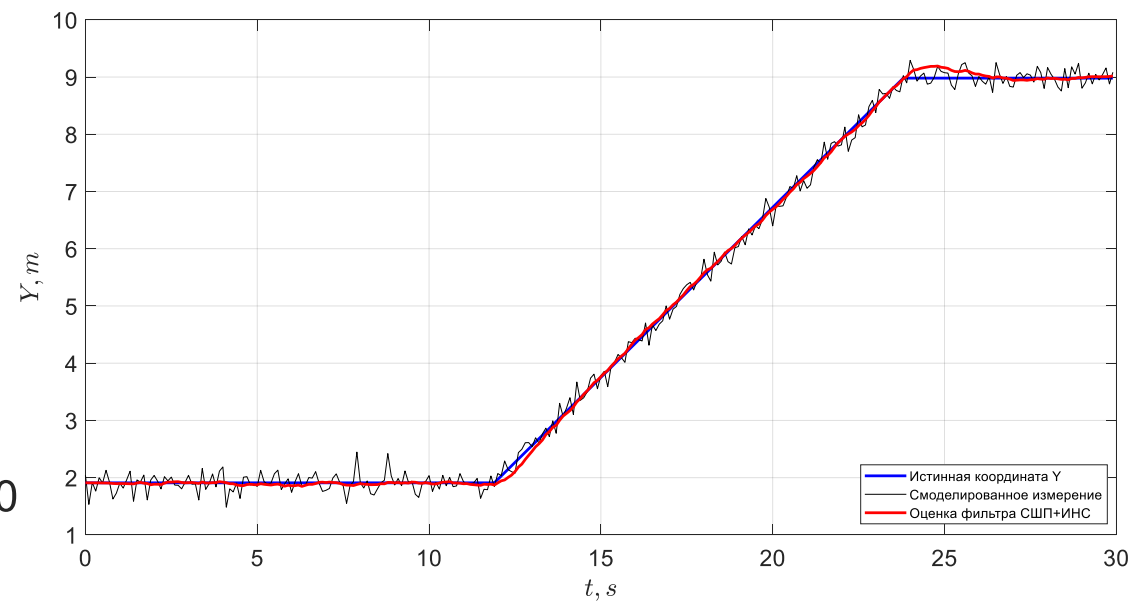
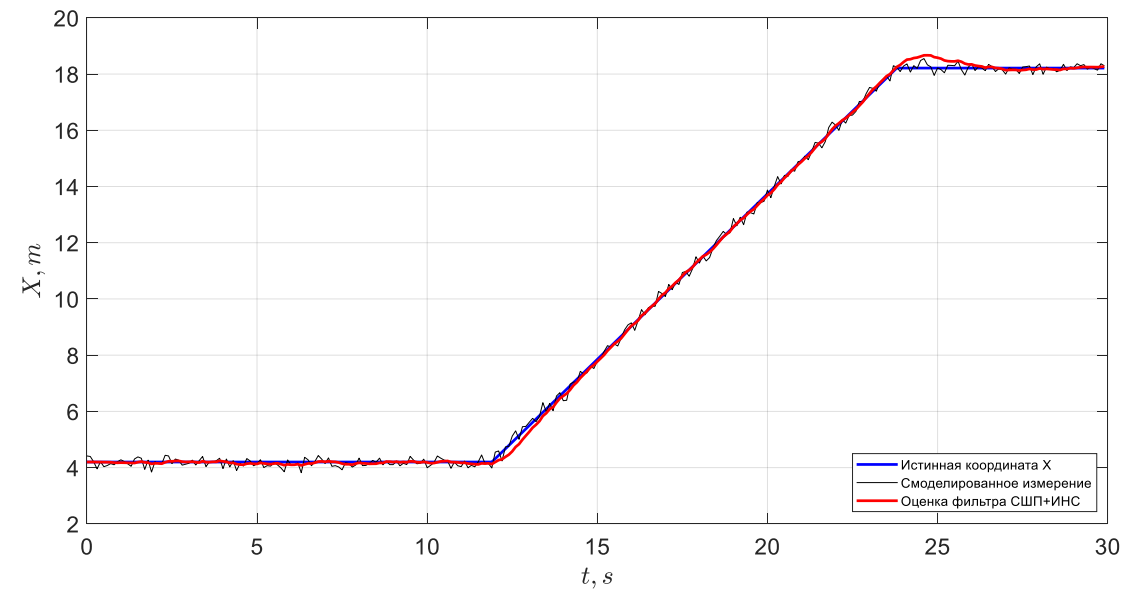
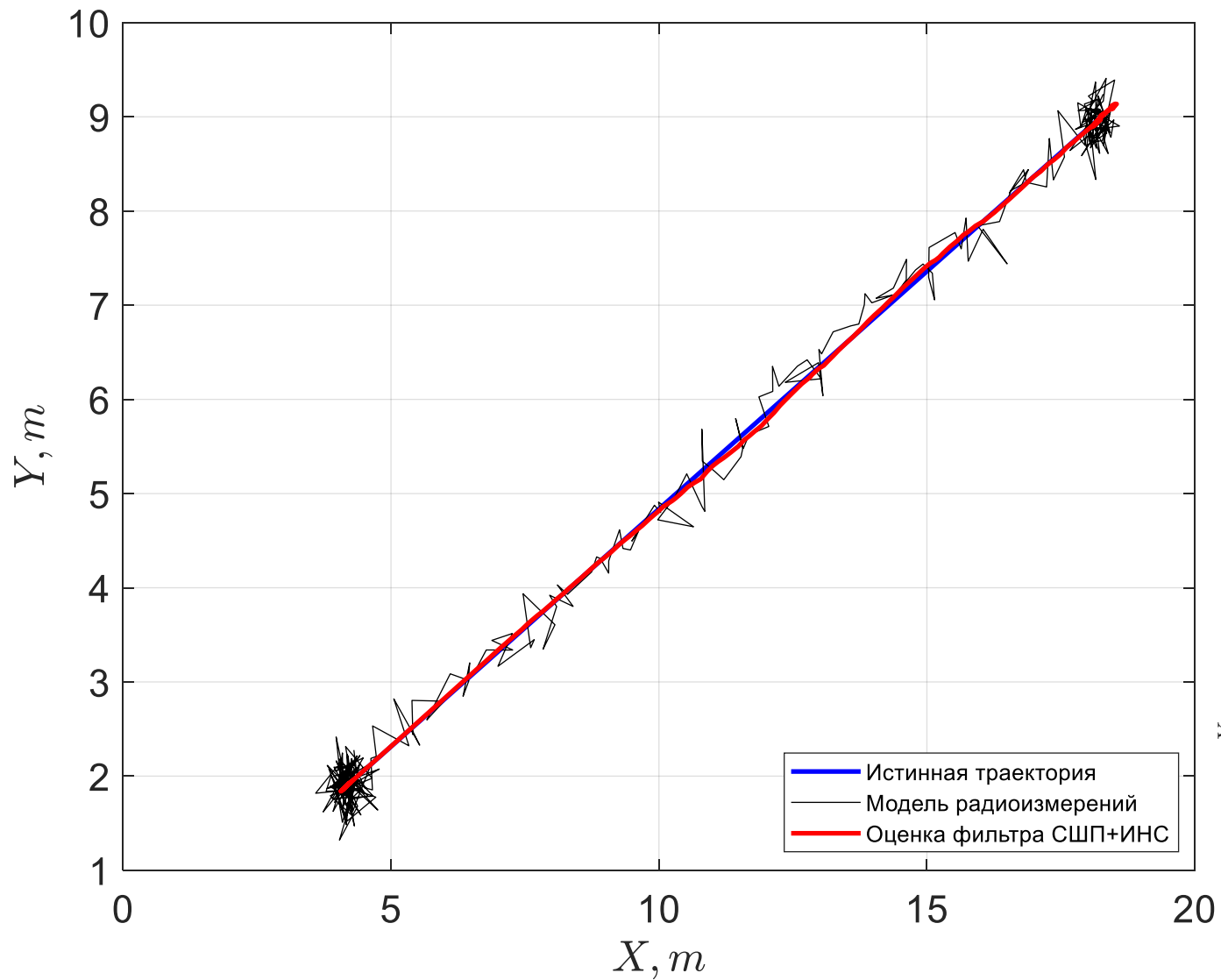
$$D_{11} = \frac{\sigma_{ny}^4 \sin^4(\alpha_{ycm})}{2\sigma_{nx}^2 \sigma_{\xi}^4 \cos^2(\alpha_{ycm})} \left[\left(\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)^{\frac{3}{4}} + \right. \\ \left. + \sqrt{\left(\frac{4\sigma_{nx}^2 \sigma_{\xi}^6 \sin^2(\alpha_{ycm}) + 2\sigma_{ny}^2 \sigma_{\xi}^6 \sin^2(\alpha_{ycm})}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} - \frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)} \times \right. \\ \left. \times \sqrt[4]{\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})}} - \right. \\ \left. - \left(\sigma_{nx}^4 \cos^4(\alpha_{ycm}) - \sigma_{ny}^4 \sin^4(\alpha_{ycm}) \right) \cdot \left(\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)^{\frac{3}{4}} \right]$$

$$D_{33} = \sqrt[4]{\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})}}$$

$$D_{22} = \frac{\sigma_{ny}^4 \sin^4(\alpha_{ycm})}{2\sigma_{nx}^2 \sigma_{\xi}^4 \cos^2(\alpha_{ycm})} \left[\left(\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)^{\frac{3}{4}} - \right. \\ \left. - \sqrt{\left(\frac{4\sigma_{nx}^2 \sigma_{\xi}^6 \sin^2(\alpha_{ycm}) + 2\sigma_{ny}^2 \sigma_{\xi}^6 \sin^2(\alpha_{ycm})}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} - \frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)} \times \right. \\ \left. \times \sqrt[4]{\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})}} - \right. \\ \left. - \left(\sigma_{nx}^4 \cos^4(\alpha_{ycm}) - \sigma_{ny}^4 \sin^4(\alpha_{ycm}) \right) \cdot \left(\frac{4\sigma_{\xi}^6}{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})} \right)^{\frac{3}{4}} \right]$$

$$D_{44} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha_{ycm}) \cdot \sigma_{\xi}^2}{\sqrt{\sigma_{nx}^2 \cos^2(\alpha_{ycm}) + \sigma_{ny}^2 \sin^2(\alpha_{ycm})}}$$

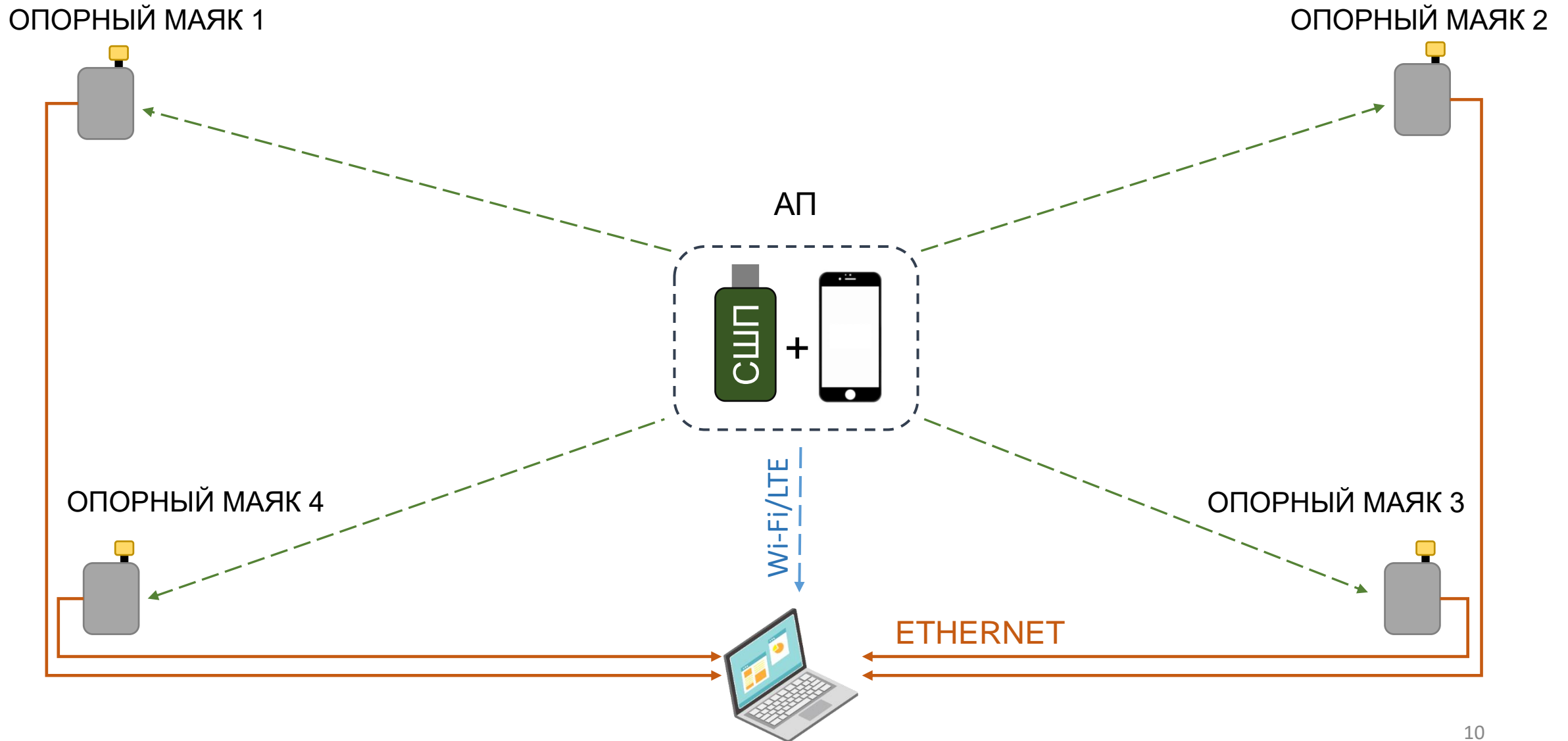
Имитационное моделирование



Оценка предельных ошибок по уровню 3σ

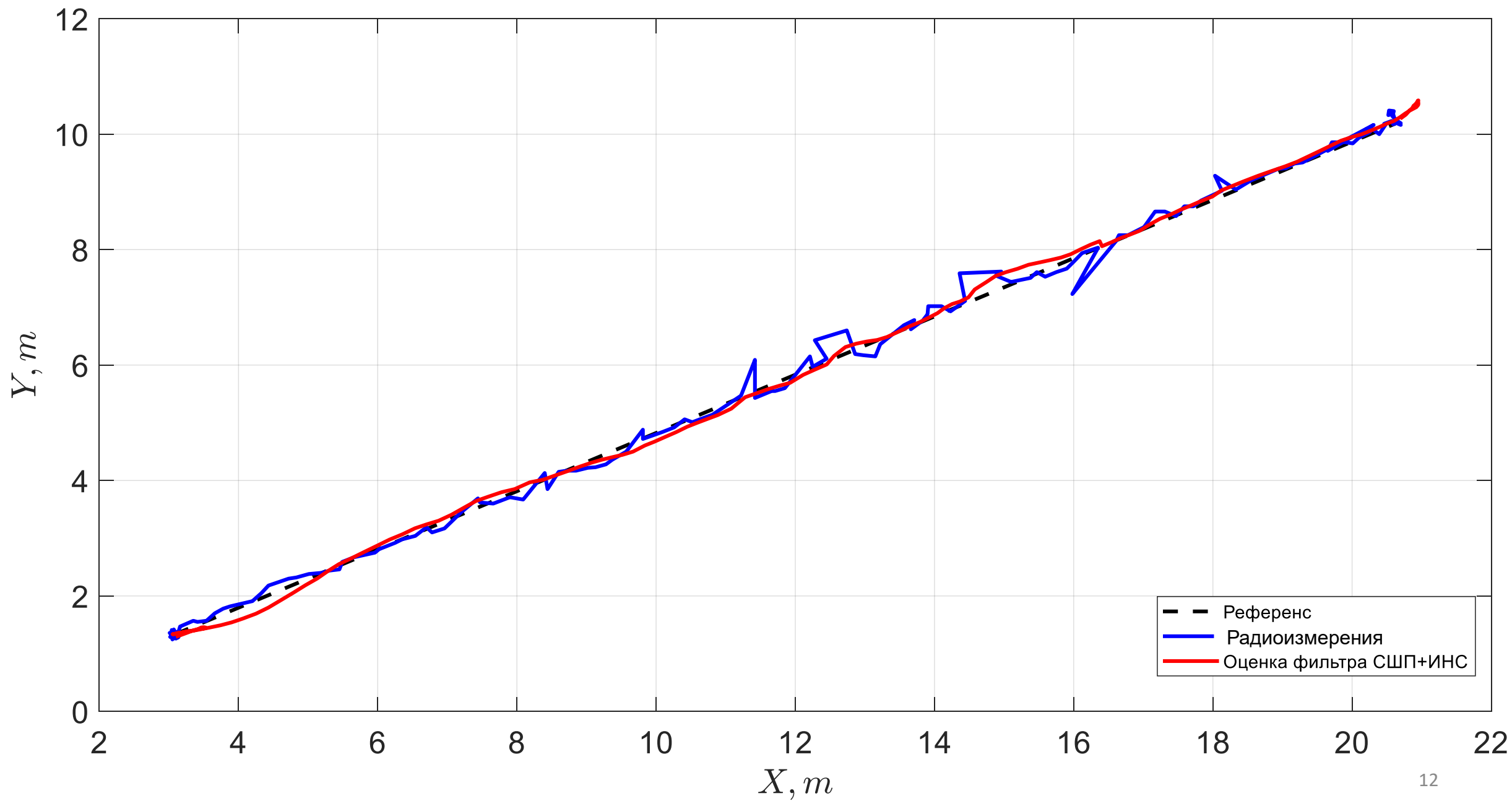
| | X, м | Y, м | V, м/с | $\alpha, ^\circ$ |
|-------------------------|------|------|--------|------------------|
| Аналитическая оценка | 0,28 | 0,28 | 0,5 | 16,6 |
| Оценка моделирования | 0,22 | 0,16 | 0,3 | 2,0 |

Экспериментальный стенд



ОПОРНЫЕ МАЯКИ

ПОТРЕБИТЕЛЬ С МЕТКОЙ



Оценка предельных ошибок по уровню 3σ

| | X, м | Y, м | V, м/с | α , ° |
|----------------------|------|------|--------|--------------|
| Аналитическая оценка | 0,28 | 0,28 | 0,5 | 16,6 |
| Оценка моделирования | 0,22 | 0,16 | 0,3 | 2,0 |
| Оценка эксперимента | 0,35 | 0,36 | 0,6 | 9,2 |

Выводы

- Цель достигнута, все задачи выполнены
- Работа является законченным исследованием
- Новизна: комплексирование СШП и ДУС; облегченный вектор состояний
- По результатам работы 3 публикации: 2 с индексированием РИНЦ и 1 с индексированием Scopus