

Курс повышения квалификации
для сотрудников
ИСС им. академика М.Ф. Решетнёва

Методы обработки
измерений:
Итоги





Цели и задачи курса

Цель:

Повысить квалификацию сотрудников ИСС им. академика М.Ф. Решетнёва в области применения методов обработки измерений

Задачи:

- Приобрести и закрепить теоретические основы среднеквадратических методов обработки измерений
- Научиться применять методы для определения движения космических аппаратов
- На примере конкретных задач приобрести навык обработки измерений с использованием изученных методов



Расширенный фильтр Калмана

Модель движения КА

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) + \mathbf{q}_k,$$

$$\mathbf{M}(\mathbf{q}_k) = 0, \mathbf{M}(\mathbf{q}_k \mathbf{q}_k^T) = \mathbf{Q}_k,$$

Модель измерений

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{h}(\mathbf{x}_k, t) + \mathbf{r}_k.$$

$$\mathbf{M}(\mathbf{r}_k) = 0, \mathbf{M}(\mathbf{r}_k \mathbf{r}_k^T) = \mathbf{R}_k.$$

Линеаризация

$$\mathbf{F}_k = \left. \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}, t)}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}_{k-1}^-}, \mathbf{H}_k = \left. \frac{\partial \mathbf{h}(\mathbf{x}, t)}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}_{k-1}^-}$$

$$\Phi_k = \mathbf{E} + \mathbf{F}_k (t_k - t_{k-1}).$$

Этап прогноза (интегрирование)

1. Прогноз вектора состояния

$$\hat{\mathbf{x}}_k^- = \hat{\mathbf{x}}_{k-1}^+ + \int_{t_{k-1}}^{t_k} \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) dt,$$

2. Прогноз матрицы ошибок

$$\mathbf{P}_k^- = \Phi_k \mathbf{P}_{k-1}^+ \Phi_k^T + \mathbf{Q}_k,$$

Этап коррекции (обработка измерения)

1. Вычисление весовой матрицы

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_k^- \mathbf{H}_k^T (\mathbf{H}_k \mathbf{P}_k^- \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k)^{-1},$$

2. Коррекция $\hat{\mathbf{x}}_k^-$ с использованием \mathbf{z}_k

$$\hat{\mathbf{x}}_k^+ = \hat{\mathbf{x}}_k^- + \mathbf{K}_k [\mathbf{z}_k - \mathbf{h}(\hat{\mathbf{x}}_k^-, t)],$$

3. Усечение матрицы ошибок

$$\mathbf{P}_k^+ = [\mathbf{E} - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k] \mathbf{P}_k^-.$$

Начальный вектор состояния \mathbf{x}_0 ,

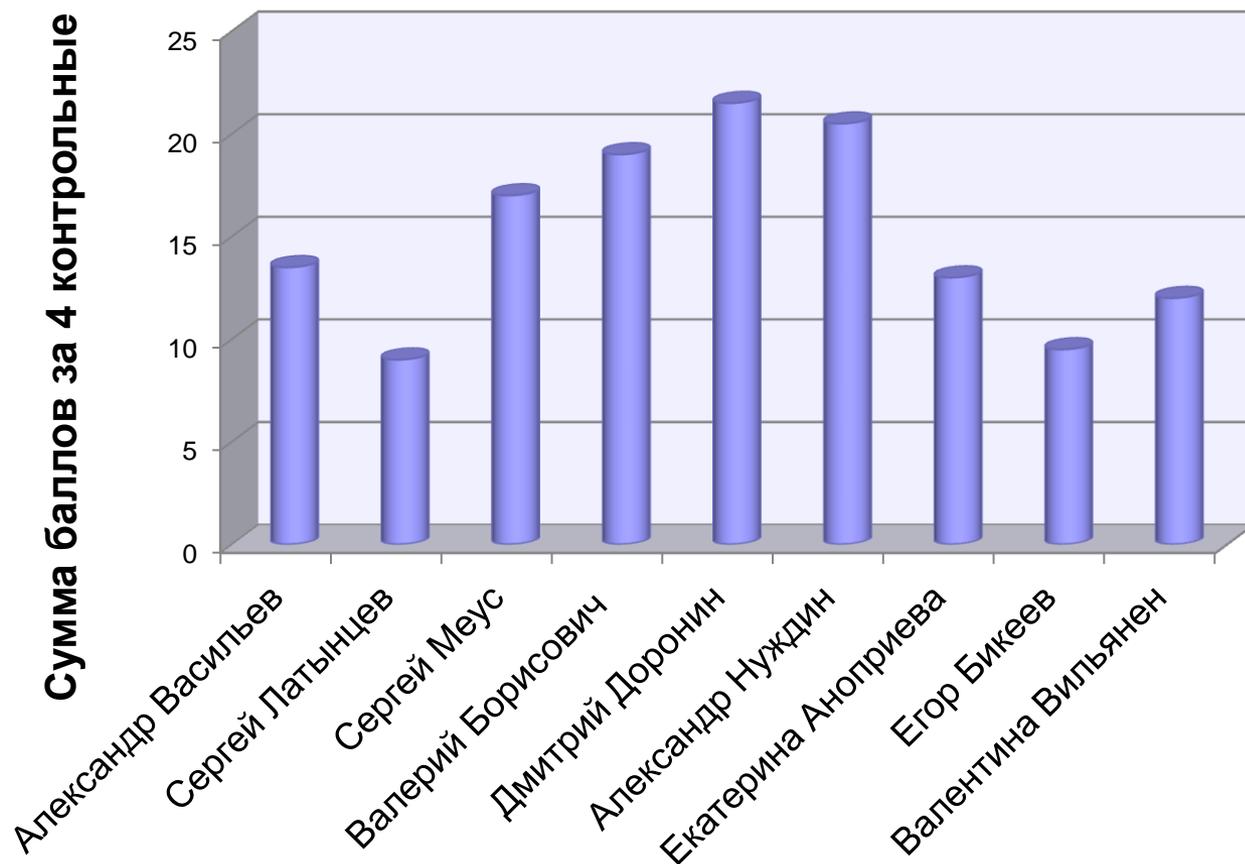
Начальная матрица ошибок \mathbf{P}_0



Первый этап 19-23 мая 2014: теоретический

Было изучено
167 слайдов

Ответили (или
попытались
ответить) на 27
вопросов
контрольных.





Второй этап 6-10 октября 2014: практический

Были подробно разобраны следующие задачи:

- Оценка амплитуды, частоты и фазы собственных упругих колебаний рефлектора с помощью фильтра Калмана
- Оценка смещения нуля БИС по измерениям БИС и ПЗВ с применением фильтра Калмана
- Определение ориентации по магнитометру и Солнечному датчику
- Оценка действующих возмущений по измерениям ПЗВ



Третий этап 24-28 ноября 2014: закрепляющий

Были подробно разобраны следующие задачи:

- Оценка смещения измерений ПЗВ с помощью фильтра Калмана
- Оценка углового движения по измерениям только магнитометра с помощью фильтра Калмана
- Оценка углового движения по измерениям только солнечного датчика с помощью фильтра Калмана
- Методы настройки фильтра Калмана
- Метод наименьших квадратов для оценки тензора инерции по измерениям ПЗВ



Сертификаты о повышении квалификации





Заключение

- После прохождения курса обучения Слушатели могут применить полученные навыки для решения задач в области определения движения спутников по данным измерений бортовых датчиков.
- Изученные методы обработки измерений могут быть внедрены на предприятии.
- Курс повысил общий профессиональный уровень Слушателей, что должно быть оценено и поощрено руководством.