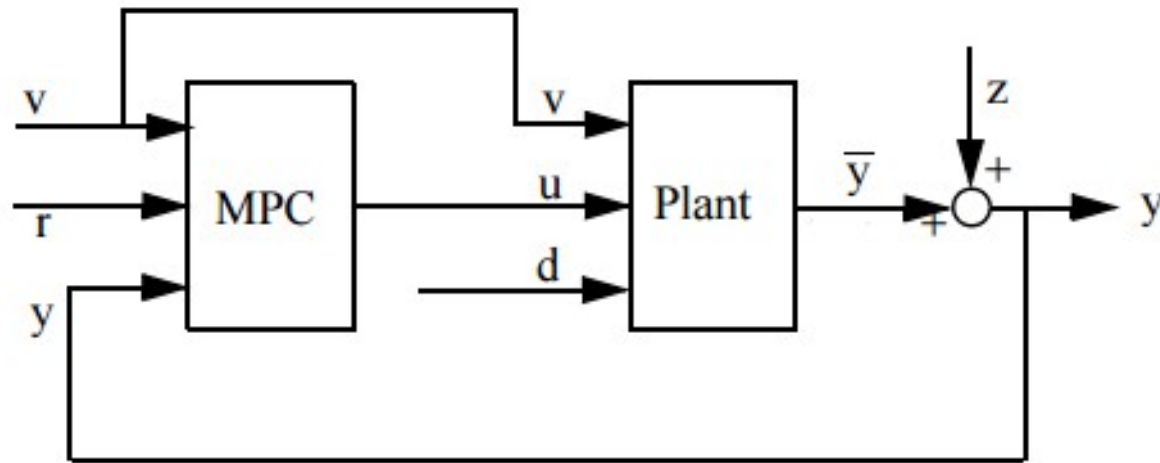


# Model Predictive Control Toolbox



Докладчик: Опочанский Александр, 33604

# История метода

- Этот подход начал развиваться в начале 60-х годов для управления процессами и оборудованием в нефтехимическом и энергетическом производстве, для которых применение традиционных методов синтеза было крайне затруднено в связи с исключительной сложностью их математических моделей.

# Принцип работы

- 1) Задаётся объект. В нашем случае моделью в Simulink
- 2) Целью управления является объектом является обеспечение выполнения равенств

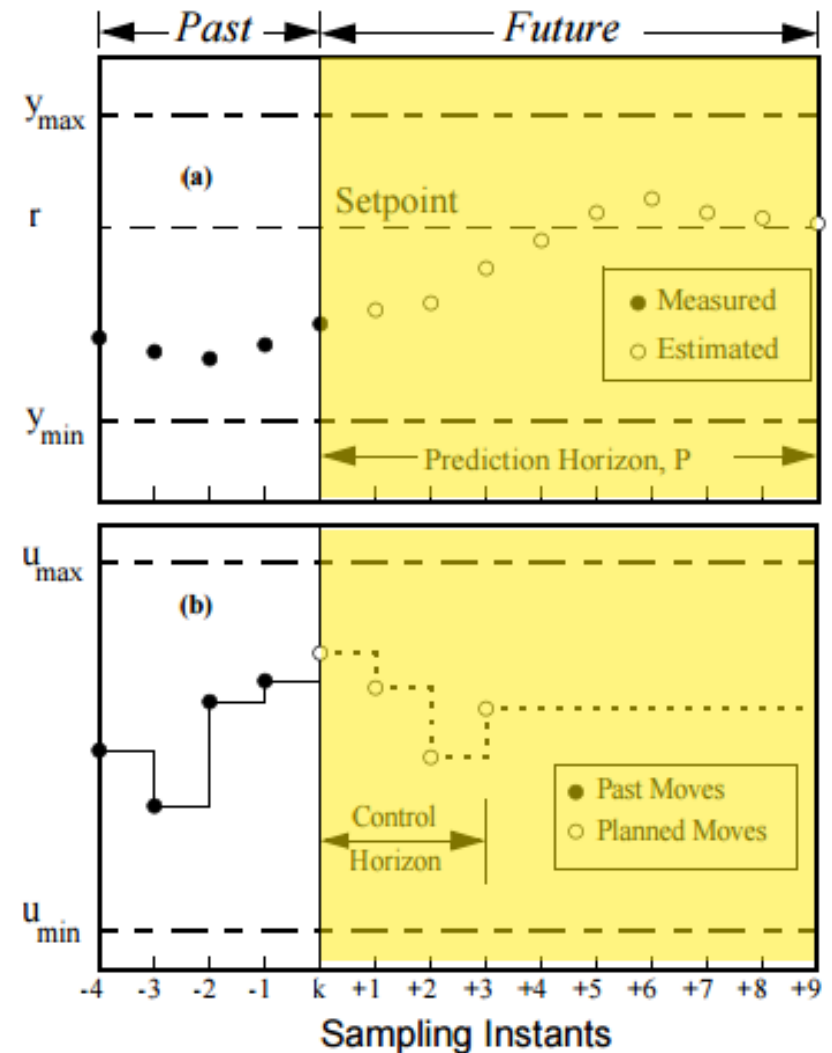
$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{x}(t) - \mathbf{r}_x(t)\| = 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{u}(t) - \mathbf{r}_u(t)\| = 0,$$

Где заданные векторные функции  $\mathbf{r}_x(t)$  и  $\mathbf{r}_u(t)$  определяют некоторое желаемое движение объекта, в нашем случае константы. Стоит также понимать что равенств может быть больше.

# Принцип работы

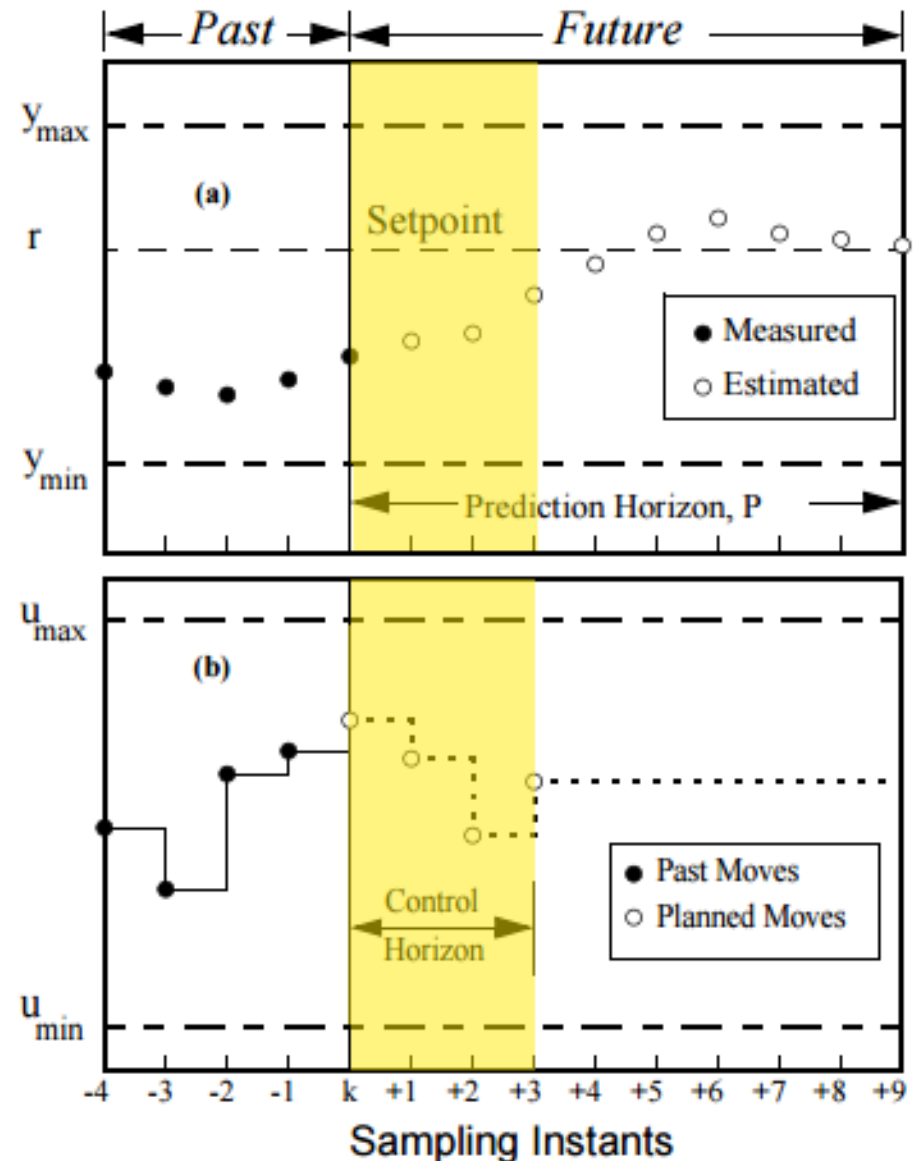
3) Для упрощённой модели объекта и начальных условий выполняется прогнозирование поведения под воздействием управляющего сигнала на некотором конечном отрезке времени, называемом горизонт прогноза (Prediction Horizon).

4) Выполняется оптимизация управляющего сигнала с учётом всего комплекса ограничений, наложенных на управляющие и регулируемые переменные. Находится оптимальное управление.



# Принцип работы

- 5) На временном отрезке, определяемом одним шагом вычисления составляющем фиксированную малую часть горизонта прогноза, называемом горизонтом управления (Control Horizon), реализуется найденное оптимальное управление.
- 6) По окончании интервала осуществляется измерение фактического состояния, которые принимаются за новые начальные условия.
- 7) Горизонт прогноза сдвигается на шаг вперед, и повторяются пункты 3 — 6 данной последовательности действий.



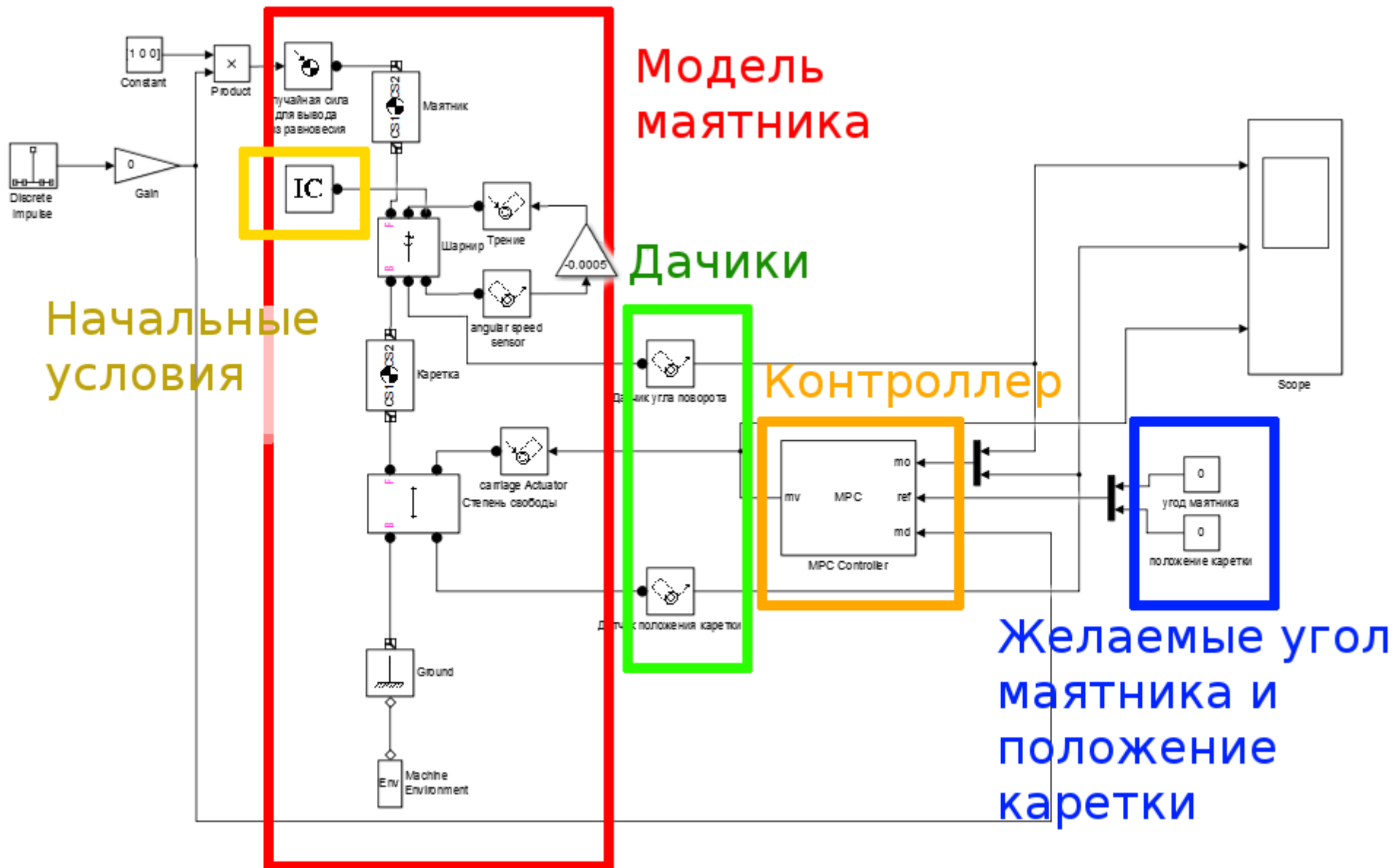
# Настройка контроллера

- Выбор максимально широкого горизонта прогноза, который ограничивается вычислительными возможностями контроллера и возможностью решить уравнения модели на таком промежутке.
- Выбор горизонта управления в интервалах (5-10% от горизонта прогноза) и по времени
- Задание численного ограничения управляющего воздействия и максимальных отклонений
- Задание значимости (веса) каждой цели регулирования

# Сравнение с ПИД-регулятором

- Необходимость создавать модель объекта управления
- Возможность наложить ограничения на величину управляющего воздействия и максимальные отклонения
- При наличии двух целей регулирования их взаимодействию определяется весовыми параметрами
- Необходимость подбора коэффициентов регулятора
- На каждую цель свой регулятор

# Рассмотрение примера

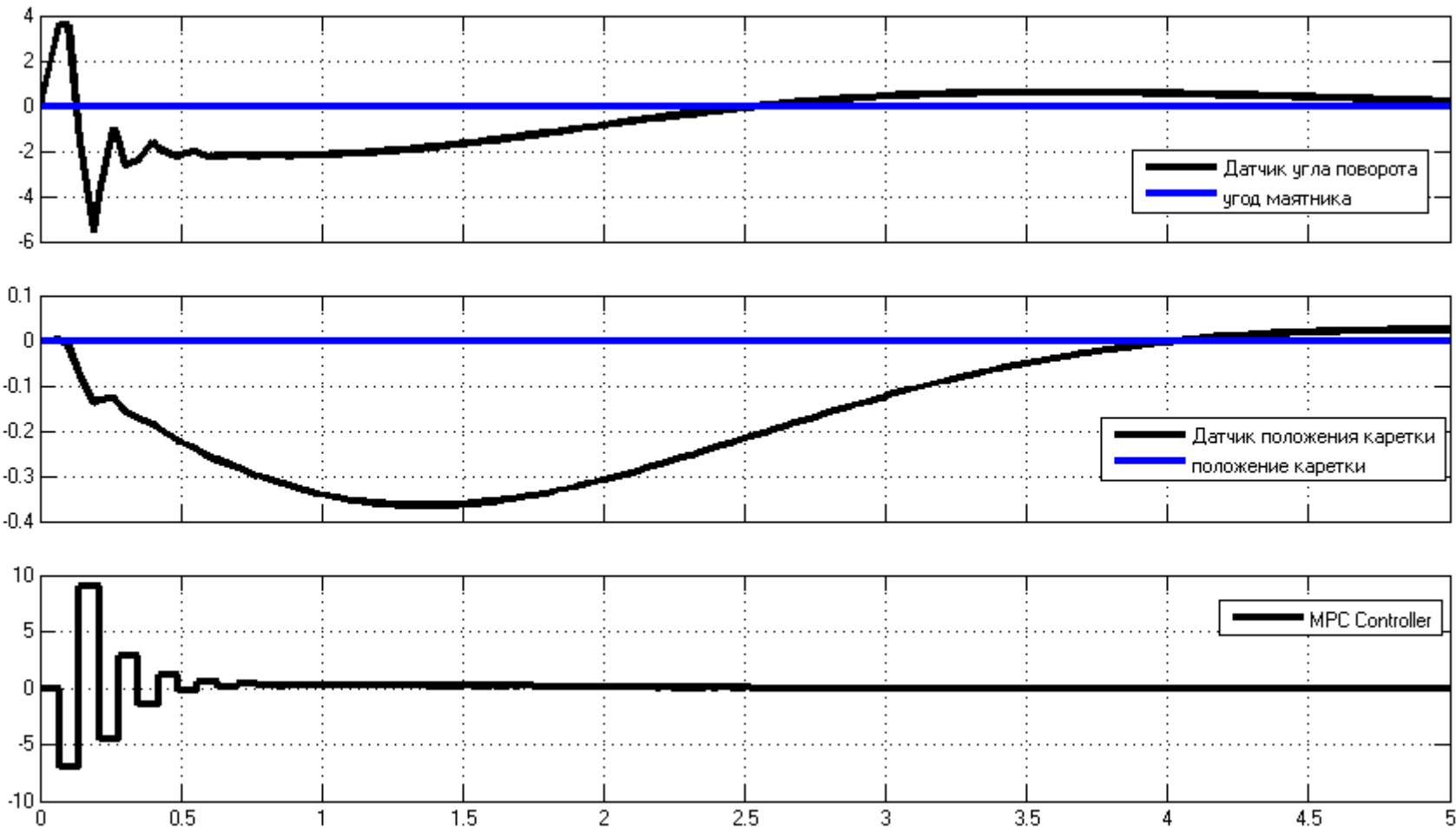




# Результат работы алгоритма с разными параметрами

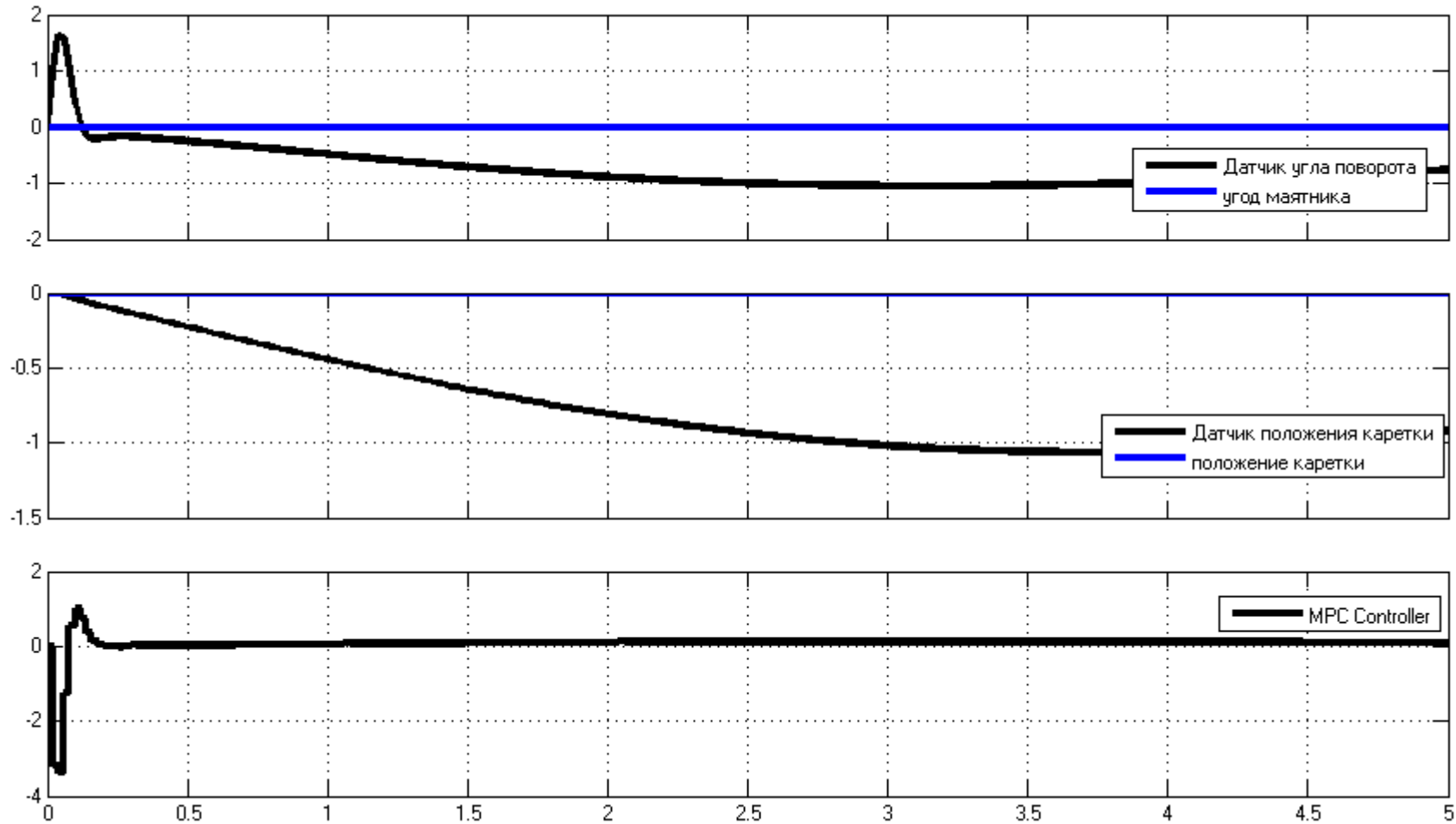
- Для всех графиков вес цели «угол маятника = 0» = 1  
вес цели «положение каретки = 0 » = 10
- Начальные условия: угловая скорость маятника 50 град/сек

# Результат работы алгоритма с разными параметрами



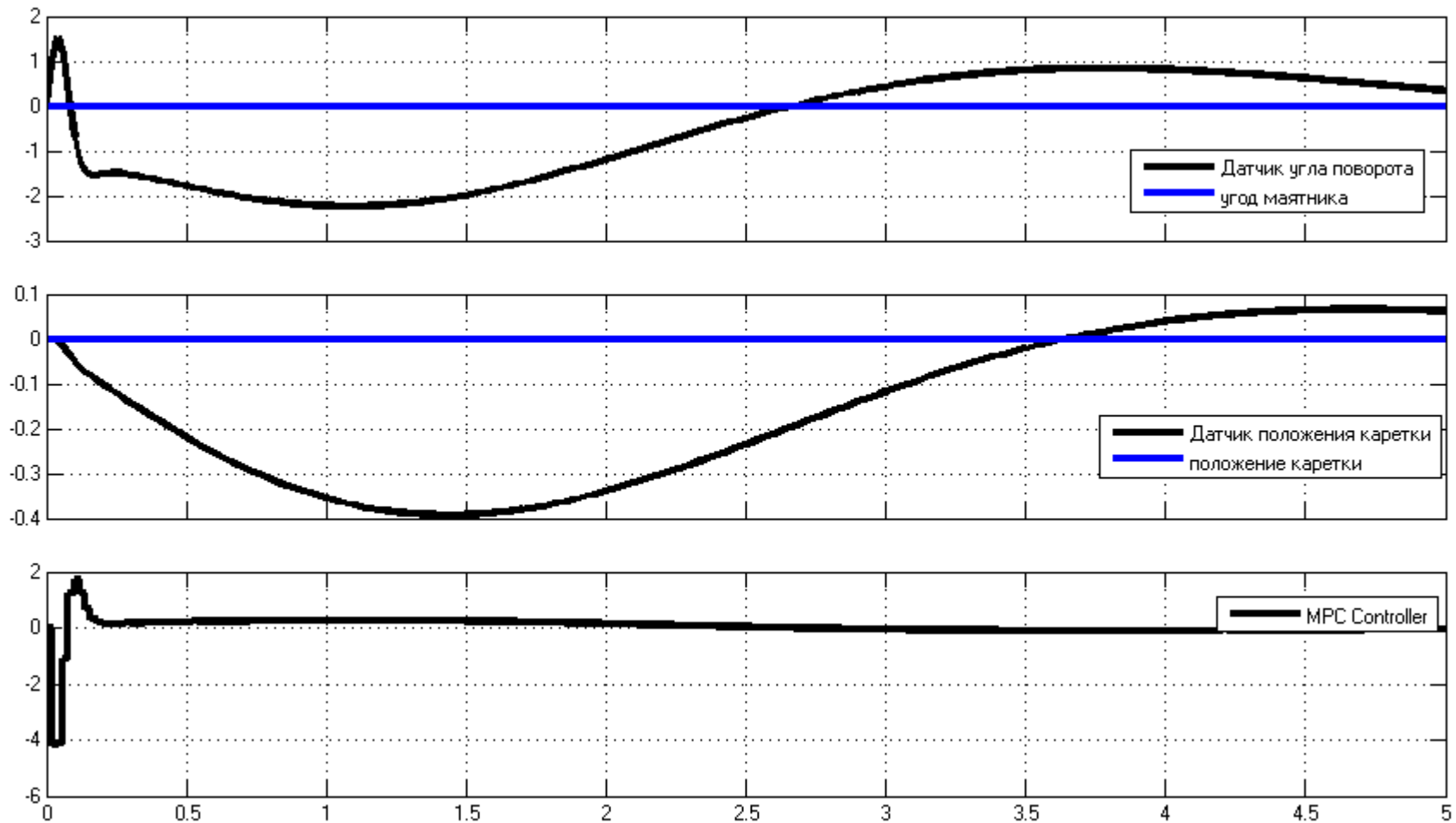
- Preid. hor. = 25 intervals
- Control hor. = 5 intervals = 0.07 time units

# Результат работы алгоритма с разными параметрами



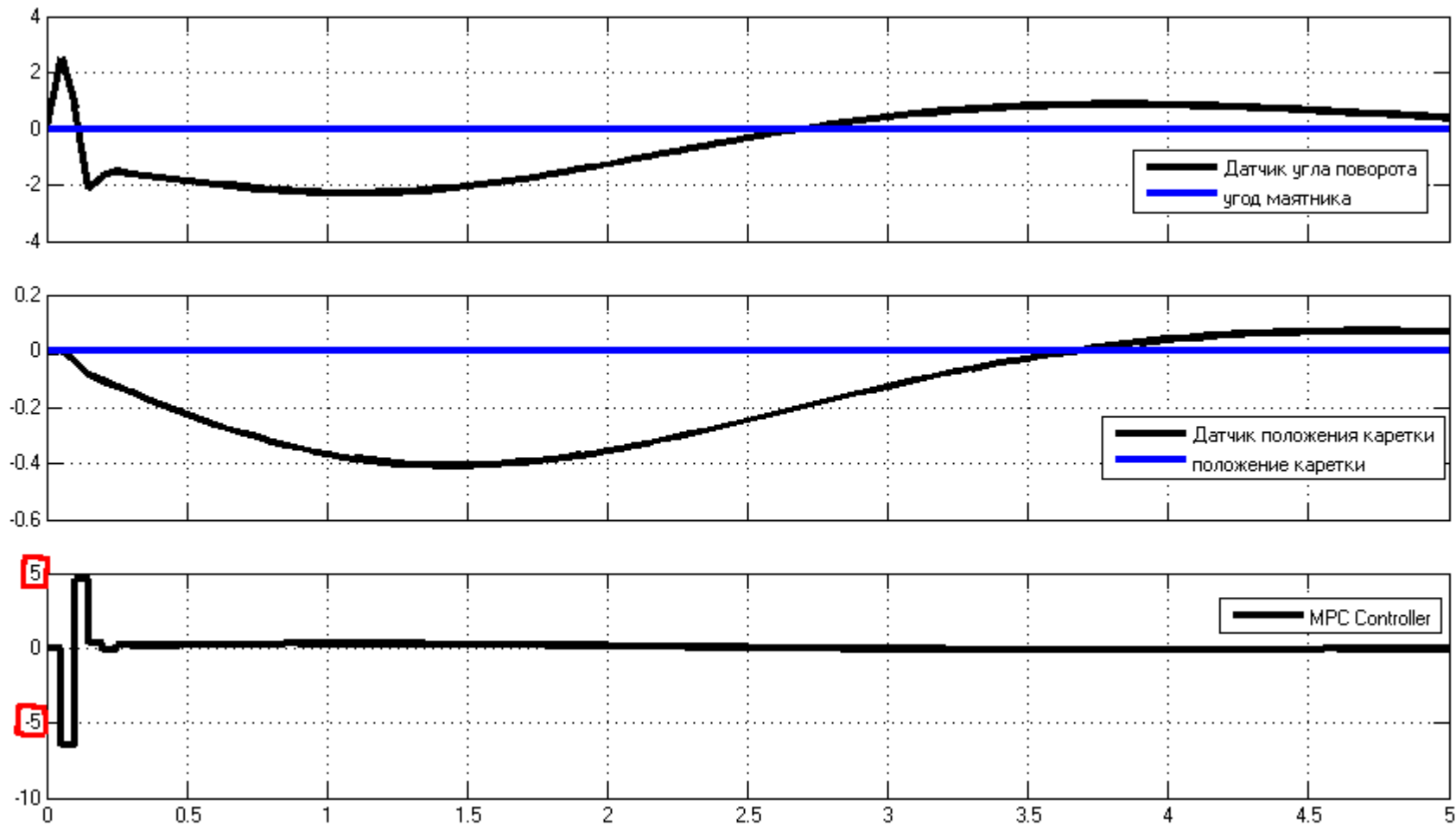
- Preid. hor. = 25 intervals = 0,1 time units
- Control hor. = 5 intervals = 0.02 time units

# Результат работы алгоритма с разными параметрами



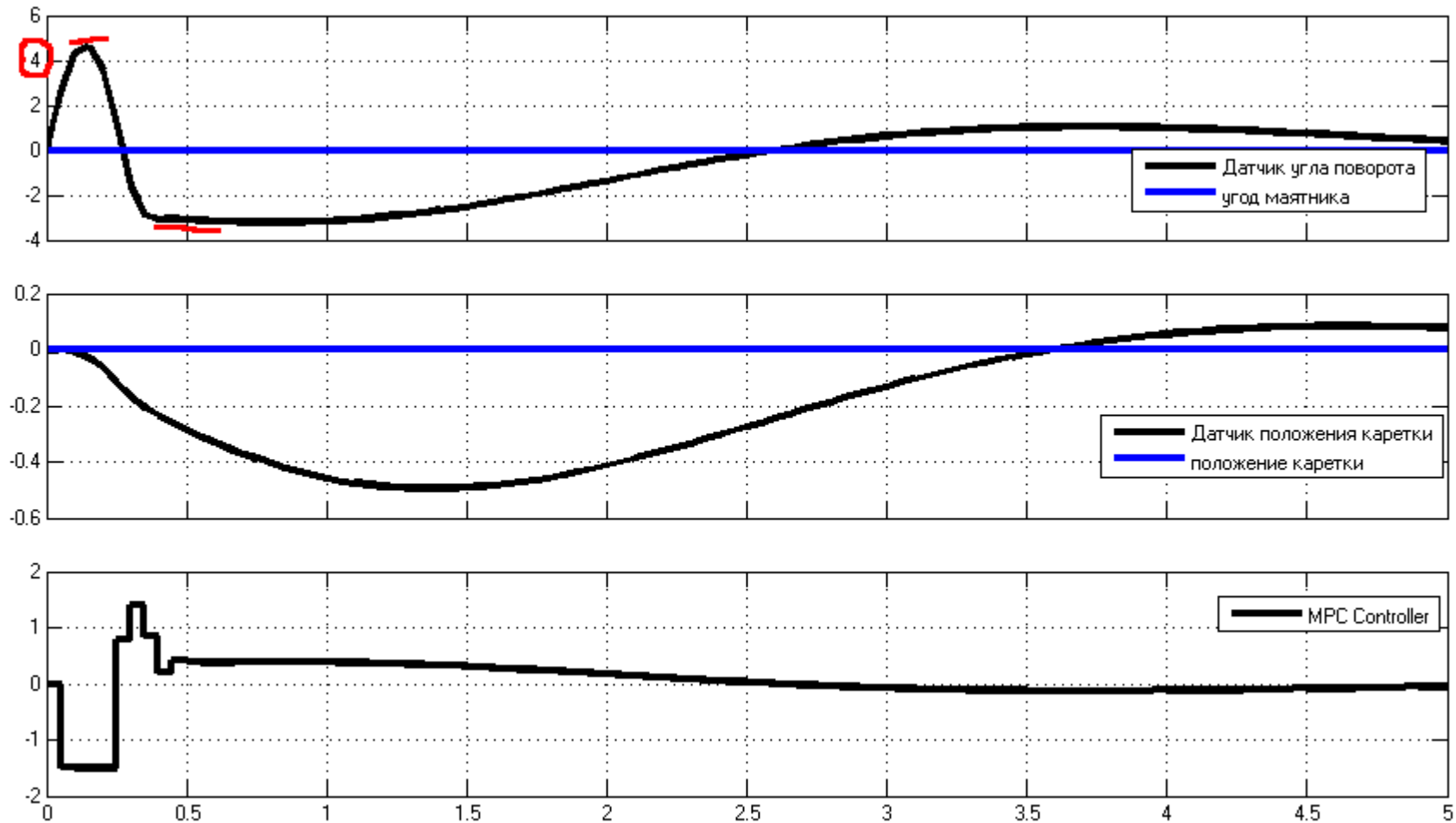
- Preid. hor. = 62 intervals = 0,248 time units
- Control hor. = 5 intervals = 0.02 time units

# Результат работы алгоритма с разными параметрами



- Preid. hor. = 25 intervals = 0,25 time units
- Control hor. = 5 intervals = 0.05 time units

# Ограничения на управляющее воздействие



- Preid. hor. = 25 intervals = 0,25 time units
- Control hor. = 5 intervals = 0.05 time units
- Ограничение на  $U = [-1.5, 1.5]$

# Выводы

- Горизонт прогнозирования в секундах определяется через горизонт управления в секундах и горизонту управления в интервалах. При слишком большом горизонте прогнозирования решение не сходится.
- При слишком малом горизонте предсказания модель стабилизируется хуже

# Материалы

- Е.И.Веремей, В.В.Еремеев. Статья "Введение в задачи управления на основе предсказаний".  
<http://matlab.exponenta.ru/modelpredict/book1/0.php#1>
- Model Predictive Control Toolbox Alberto Bemporad Manfred Morari N. Lawrence Ricker <http://instruct.uwo.ca/engin-sc/391b/downloads/mpc.pdf>