

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА УПРАВЛЕНИЕ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ СПУТНИКА

Студент 413 группы Исмайылов Гусейн

Научный руководитель:

доцент И.А. Панкратов

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

Кинематическое уравнение Пуассона

$$2\dot{\Lambda} = \Lambda \circ \Omega \quad (1)$$

Граничные условия

$$\Lambda(0) = \Lambda^0 \quad (2)$$

$$\Lambda(T) = \Lambda^T \quad (3)$$

$$I = \int_0^T (\alpha_1 \omega_1 + \alpha_2 \omega_2 + \alpha_3 \omega_3) dt \rightarrow \min \quad (4)$$

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РЕШЕНИЯ

Воспользуемся методом максимума Понтрягина.

⇓

Получаем краевую задачу

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\dot{\Lambda} = \Lambda \circ \Omega, \\ 2\dot{\Psi} = \Psi \circ \Omega, \\ \Omega = \left(0, \left(\frac{p_1}{4\alpha_1}, \frac{p_2}{4\alpha_3}, \frac{p_3}{4\alpha_3} \right) \right), \\ \Lambda(0) = \Lambda^0, \\ \Lambda(T) = \Lambda^T, \end{array} \right. \quad (5)$$

где

$$\begin{cases} p_1 = -\psi_0\lambda_1 + \psi_1\lambda_0 + \psi_2\lambda_3 - \psi_3\lambda_2, \\ p_2 = -\psi_0\lambda_2 - \psi_1\lambda_3 + \psi_2\lambda_0 + \psi_3\lambda_1, \\ p_3 = -\psi_0\lambda_3 + \psi_1\lambda_2 - \psi_2\lambda_1 + \psi_3\lambda_0. \end{cases} \quad (6)$$

ЧИСЛЕННАЯ ЧАСТЬ РЕШЕНИЯ

Воспользуемся методом Ньютона.

⇓

Получаем на i -ой итерации задачу Коши вида

$$\begin{cases} 2\dot{\Lambda} = \Lambda \circ \Omega, \\ 2\dot{\Psi} = \Psi \circ \Omega, \\ \Lambda(0) = \Lambda_0^{(i)}, \\ \Psi(0) = \Psi_0^{(i)}, \\ \Omega(0) = \Omega_0^{(i)}. \end{cases} \quad (7)$$

Для решения (7) воспользуемся Рунге — Кутты 4-го порядка.

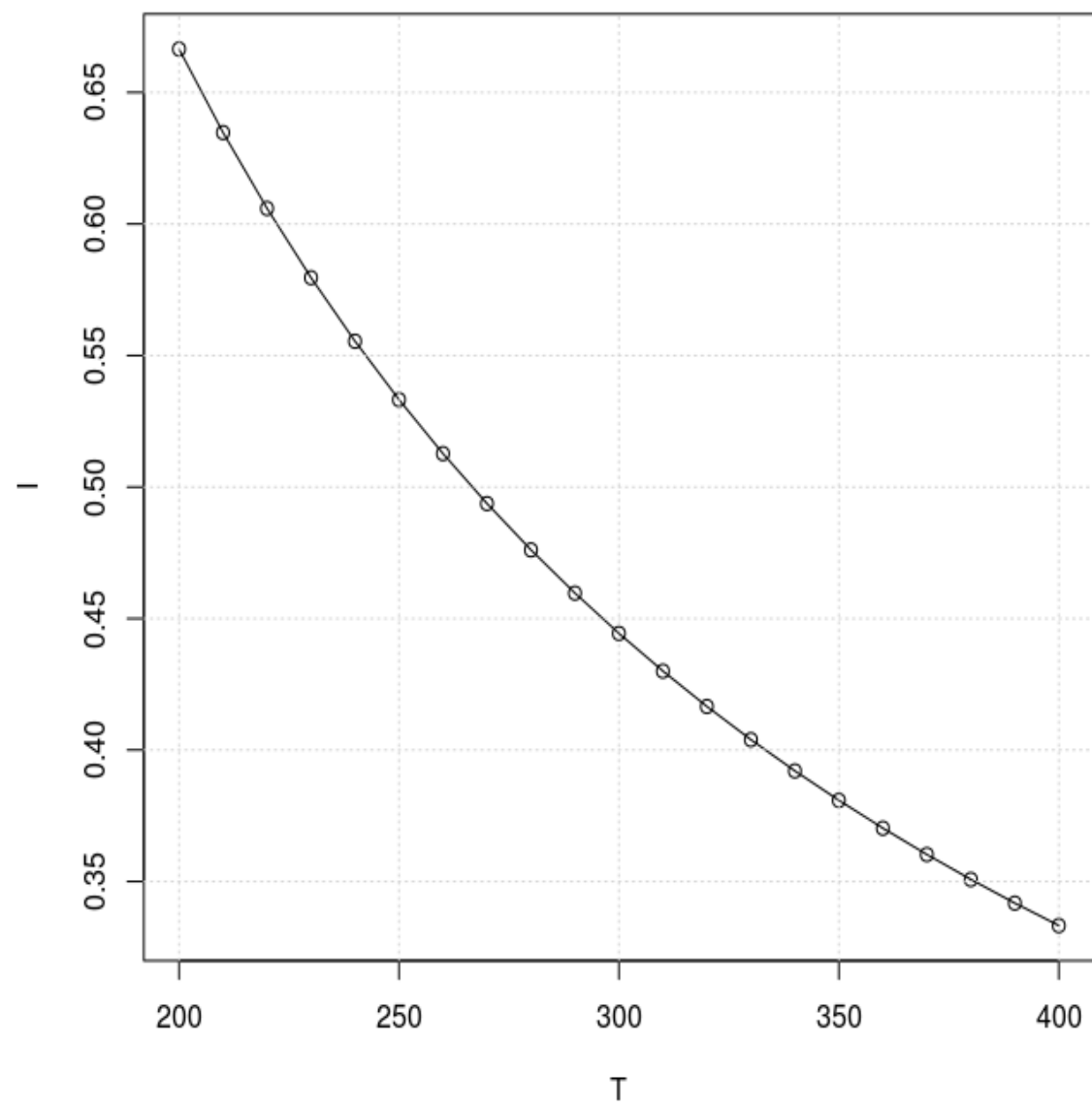
Исследование решений при малых углах поворота

1) Случаи разных временных отрезков

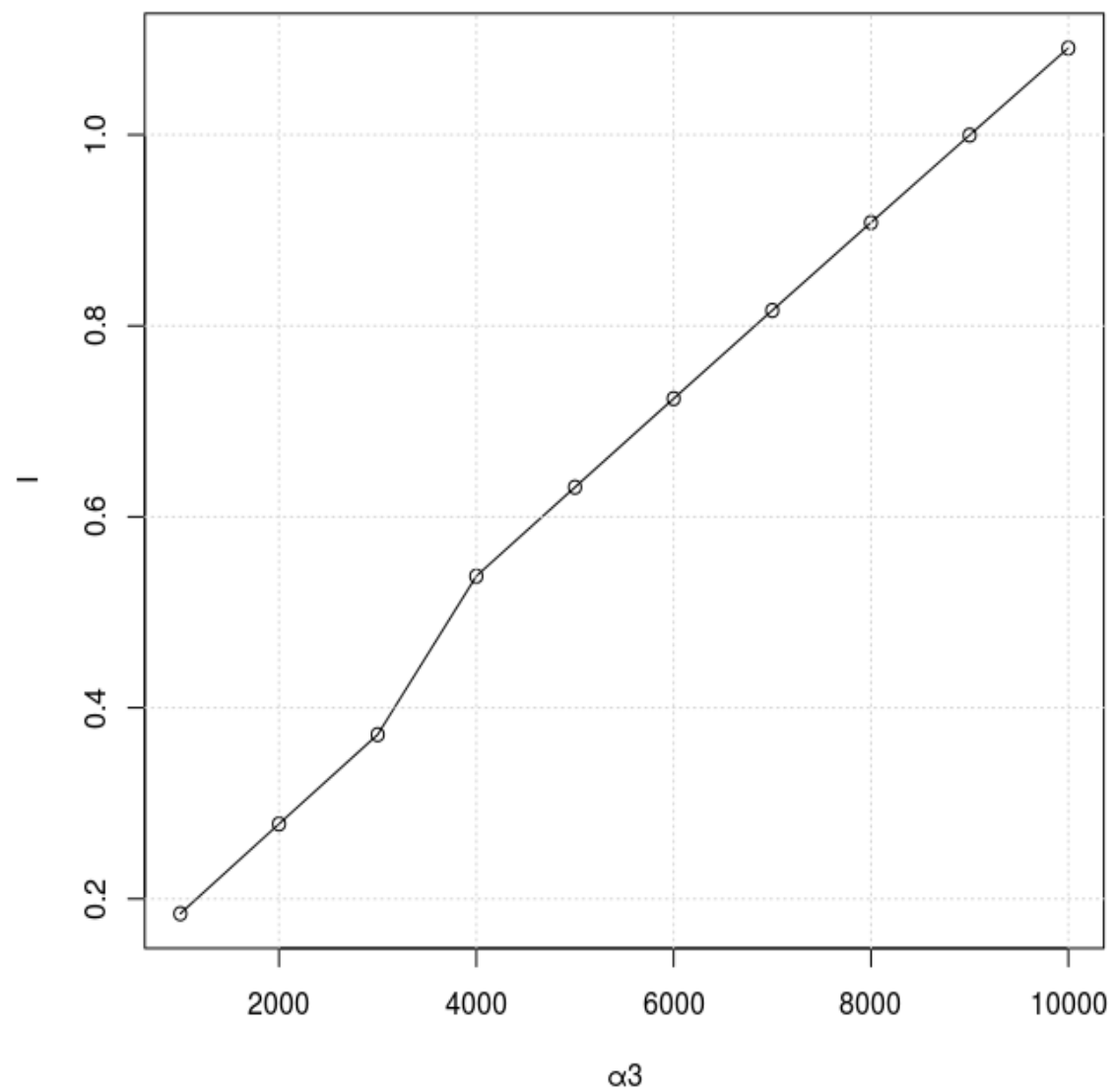
$$\alpha = 10^\circ, \beta = 8^\circ, \gamma = 5^\circ, \quad (8)$$

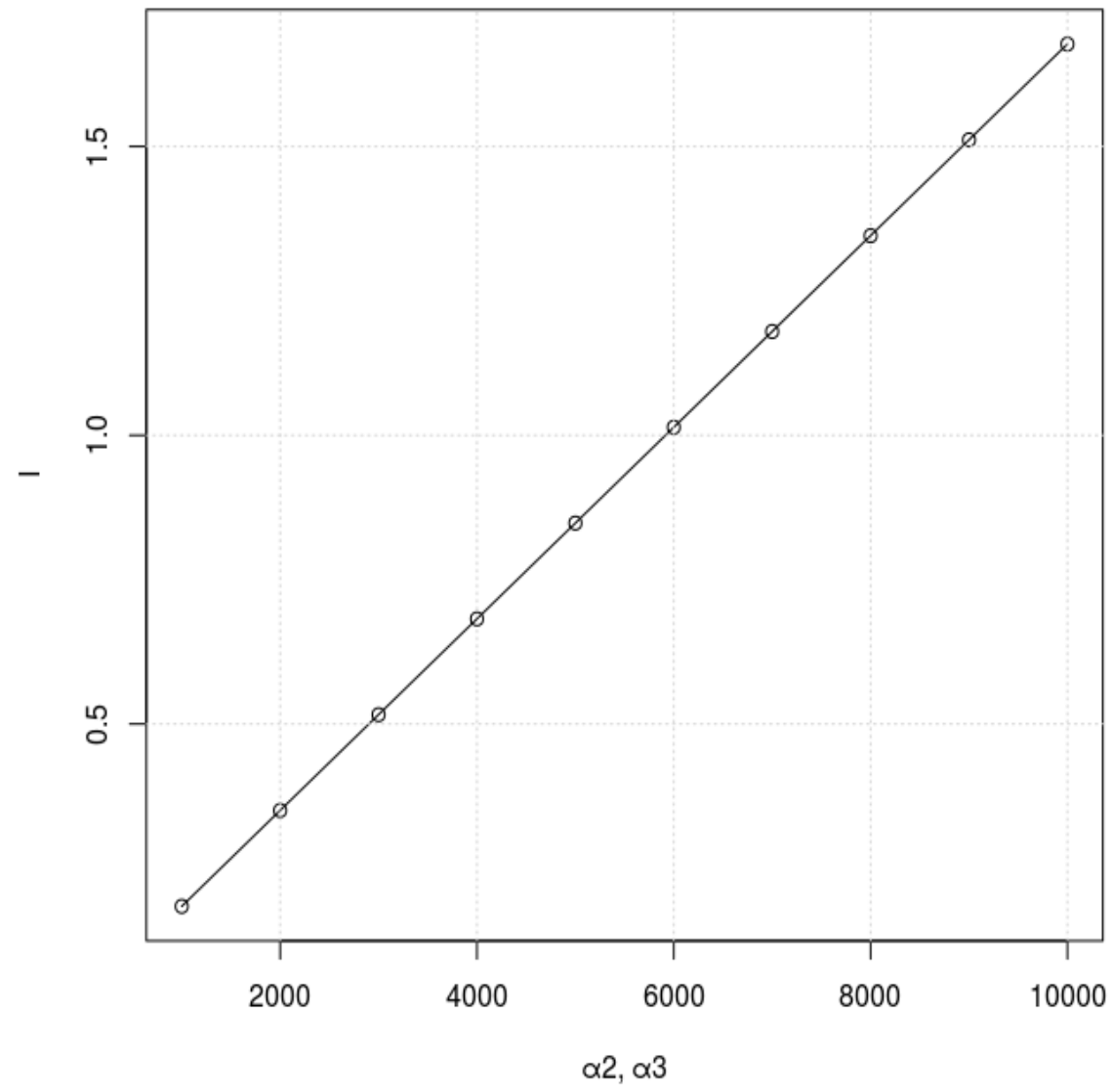
$$\tilde{\alpha} = 0^\circ, \tilde{\beta} = 0^\circ, \tilde{\gamma} = 0^\circ, \quad (9)$$

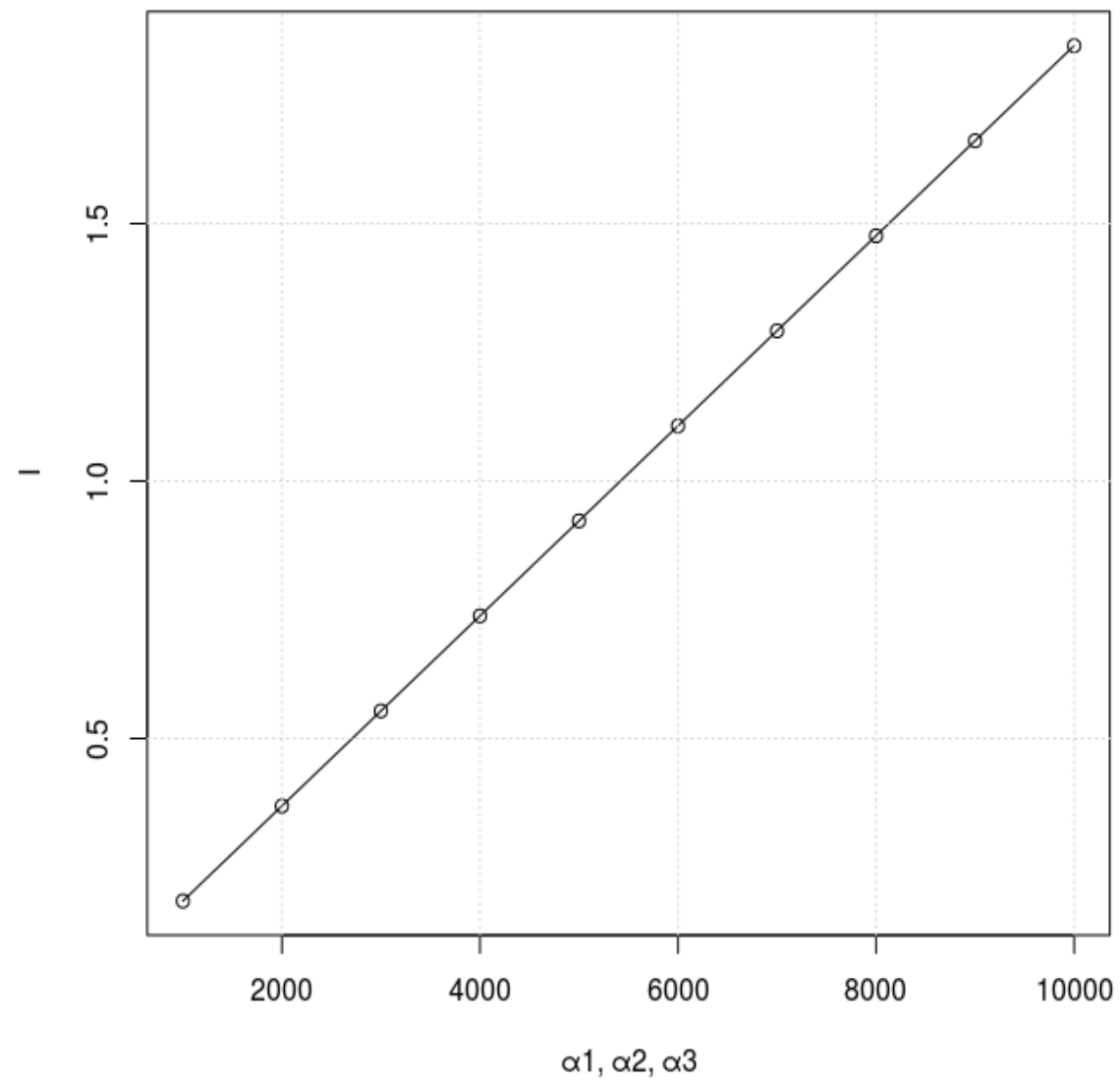
Пусть требуется решить задачу с точностью $\varepsilon = 10^{-9}$ при фиксированных
 $\alpha_1 = 1000, \alpha_2 = 2000, \alpha_3 = 3000$.



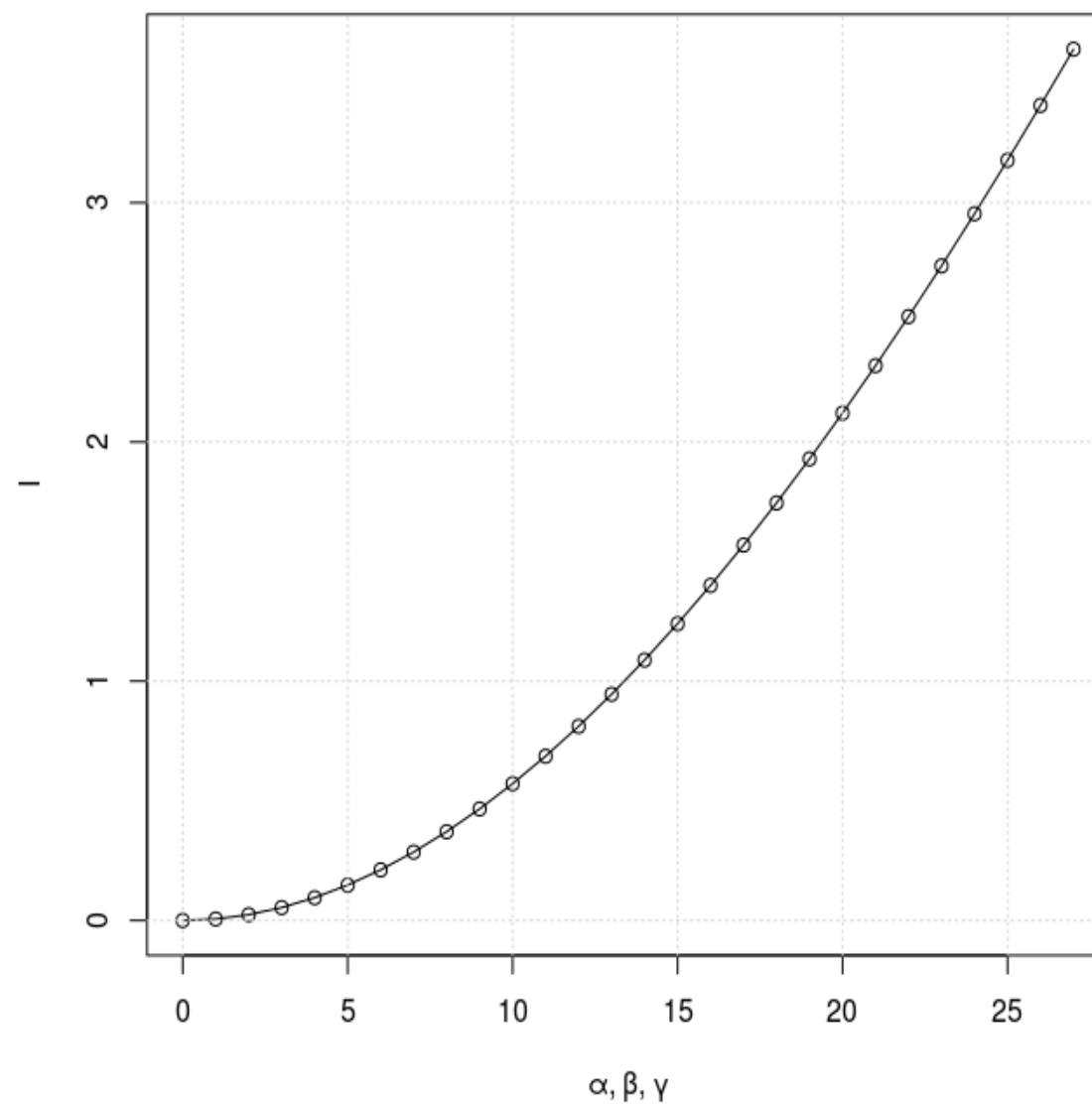
2) Случаи разных весовых множителей функционала качества







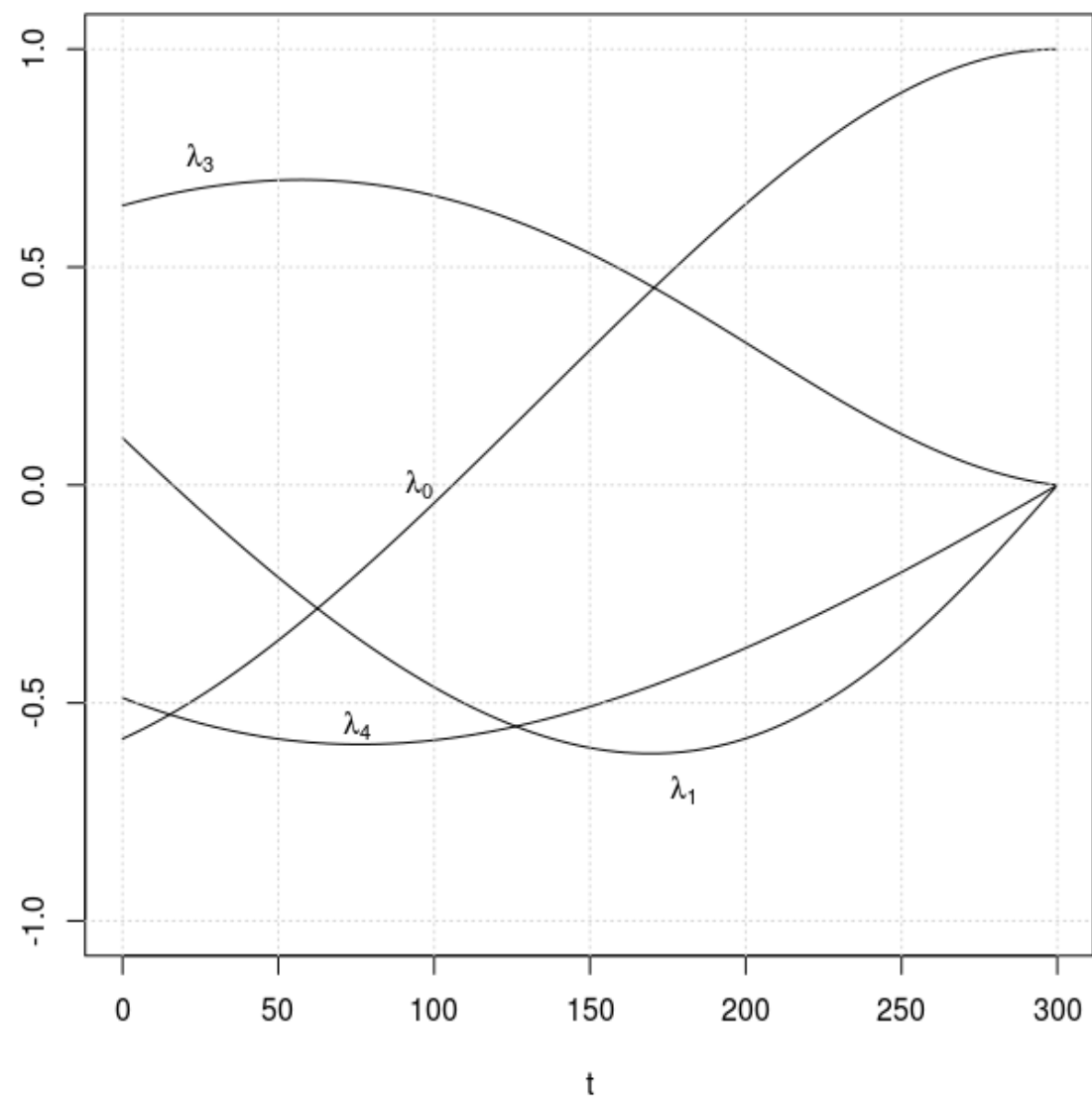
3) Случаи разных начальных углов поворота

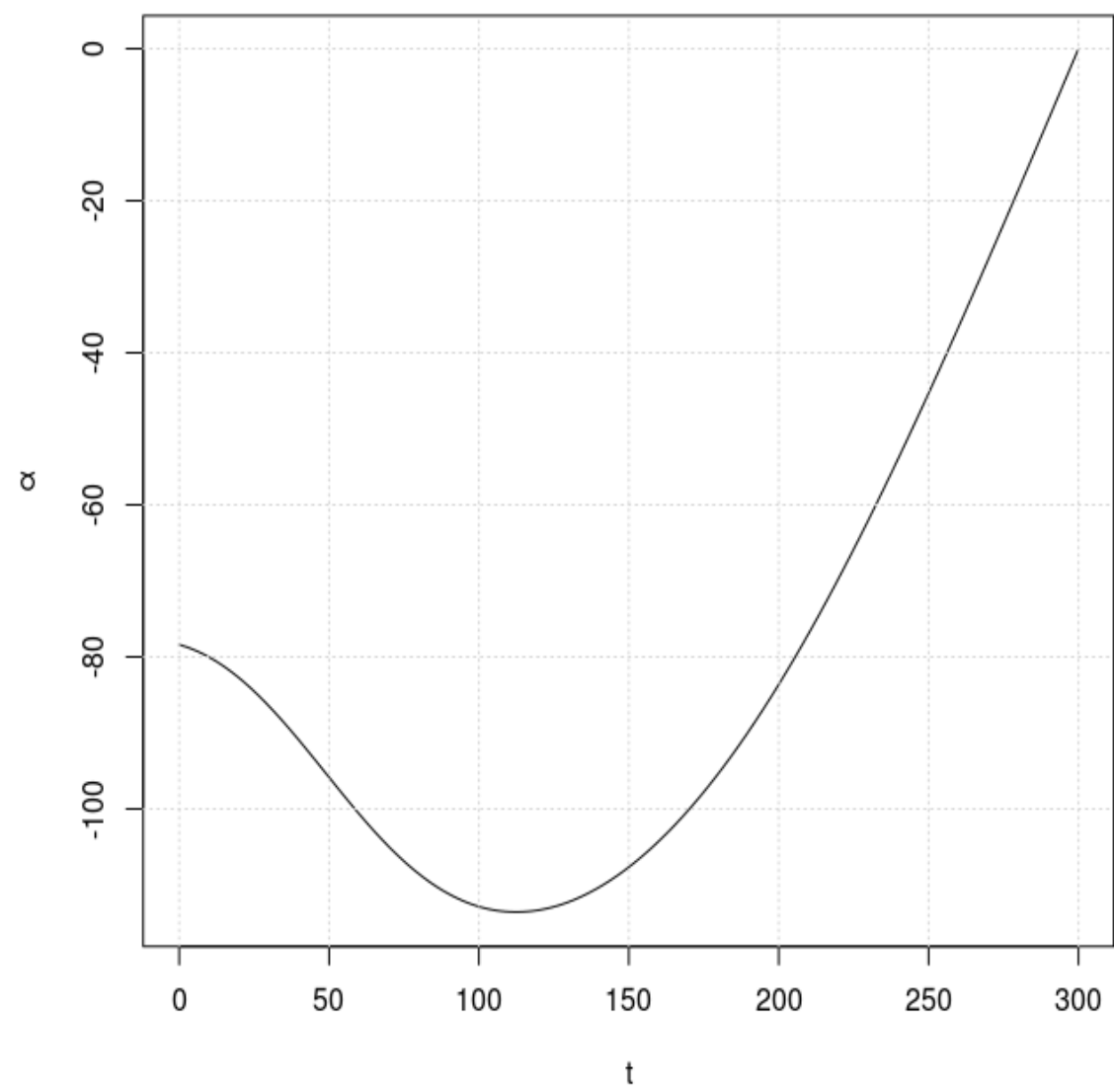


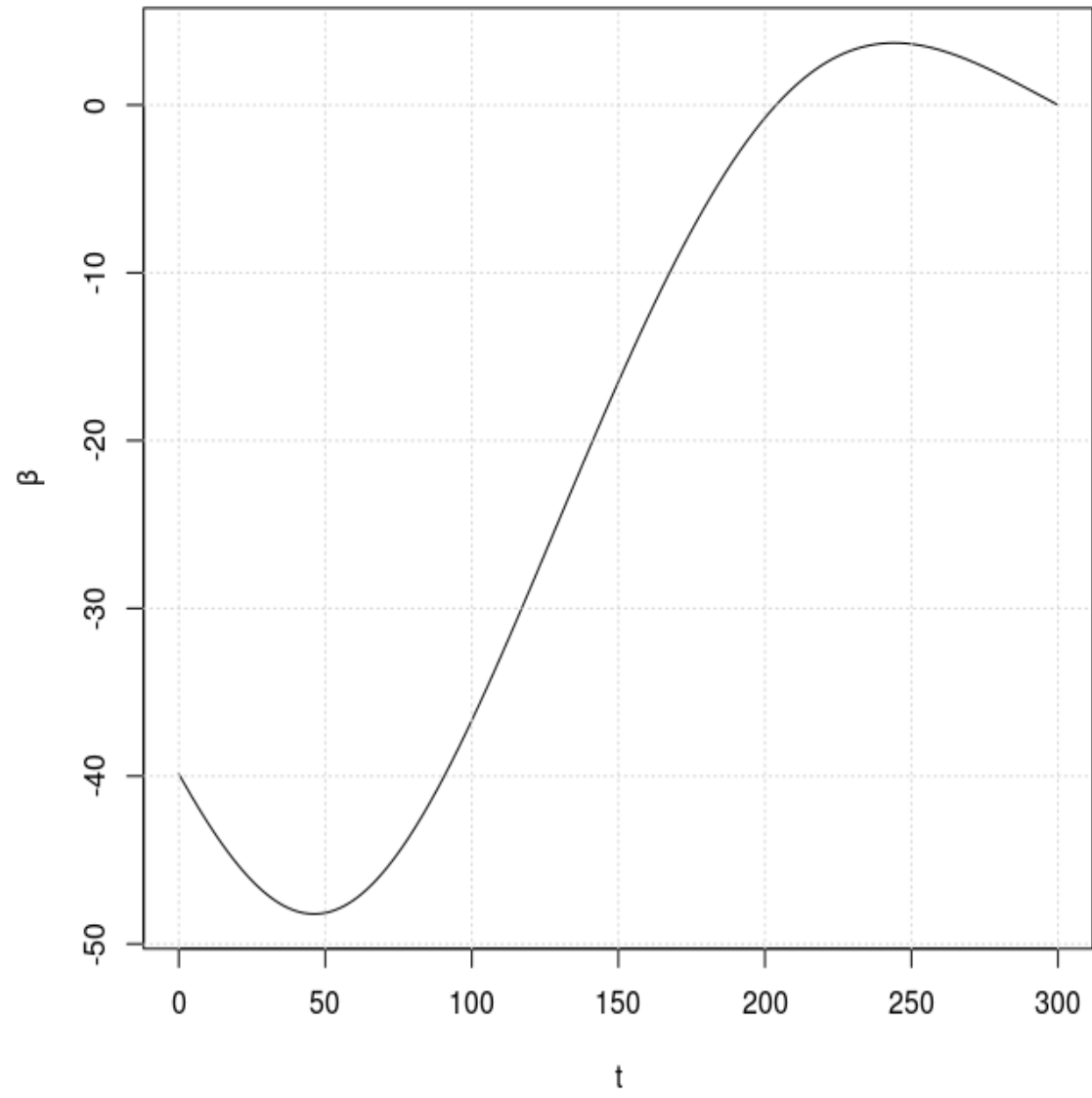
Примеры для больших углов поворота

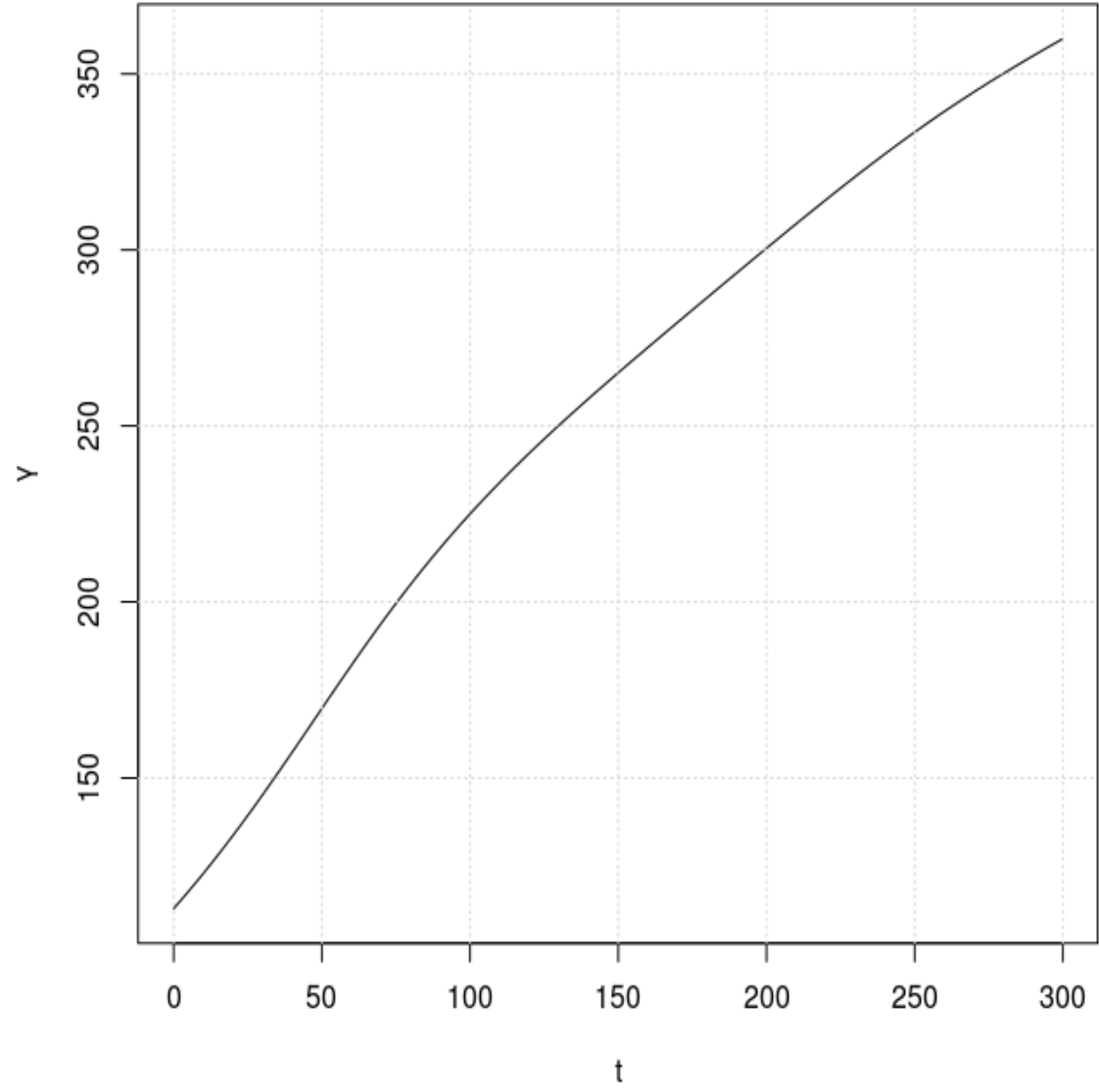
Пусть требуется решить задачу с точностью $\varepsilon = 10^{-9}$ при весовых множителях $\alpha_1 = 1000$, $\alpha_2 = 2000$, $\alpha_3 = 3000$ для $T = 300с$, $\alpha = -78.4^\circ$, $\beta = -39.9^\circ$, $\gamma = 112.9^\circ$.

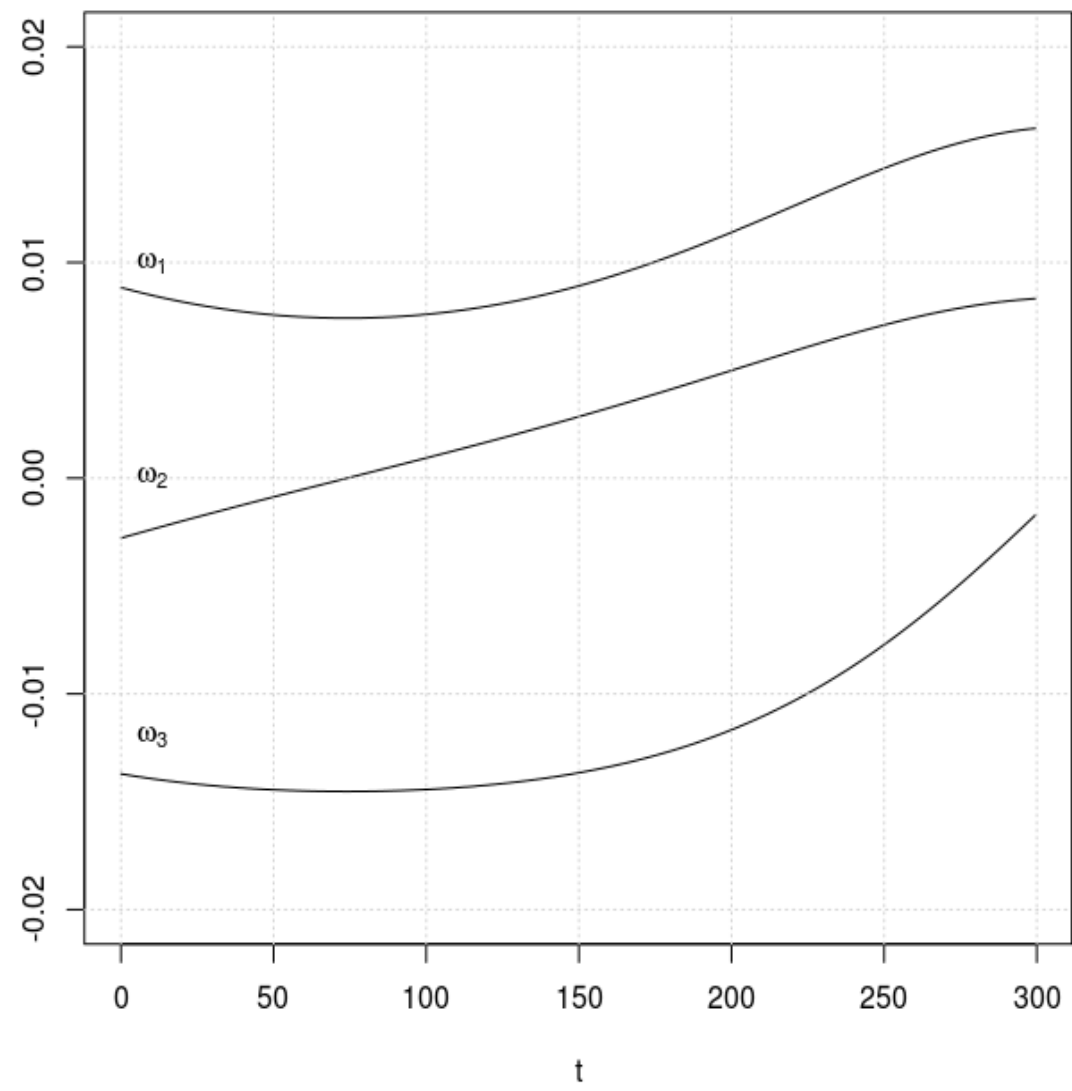
$$\left\{ \begin{array}{l} 2\dot{\Lambda} = \Lambda \circ \Omega, \\ \Lambda(0) = \Lambda^0(\lambda_0^0, (\lambda_1^0, \lambda_2^0, \lambda_3^0)), \\ \lambda_0^0 = -0.5821271946729387, \\ \lambda_1^0 = 0.10821947847990215, \\ \lambda_2^0 = 0.641192910029563, \\ \lambda_3^0 = 0.48814764756943485. \\ \Lambda(T) = \Lambda^T(\lambda_0^T, (\lambda_1^T, \lambda_2^T, \lambda_3^T)), \\ \lambda_0^T = 1, \lambda_1^T = 0, \lambda_2^T = 0, \lambda_3^T = 0. \end{array} \right. \quad (10)$$











СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ