

# СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ КОЛЕС МОБИЛЬНОГО РОБОТА

*А.С. Беляев, аспирант А7-36,  
Е. А. Иванов, студент гр. 8Е71,  
О.А. Брылев, студент гр. 8Е71  
Томский политехнический университет  
E-mail: oab12@tpu.ru*

## Введение

Перемещение робота по неоднородной поверхности осложняется множеством факторов, одним из которых является проскальзывание колес, которое отрицательно сказывается на точности локальной навигации и управления [1]. В работе [2] предлагается метод определения проскальзывания колеса на основе показаний датчиков тока электродвигателя. Однако условия, в которых функционирует робот, не предполагают изменения типа поверхности. В данной работе проведена проверка работоспособности системы компенсации проскальзывания колес мобильного робота на неоднородной поверхности на основе показаний энкодеров и датчиков тока. В работах [3, 4] для решения задачи навигации робота в условиях неоднородности поверхности получены нефизические модели координат и угловой ориентации робота на основе нейронных сетей. В данной работе предполагается получение физических зависимостей. В качестве платформы в работе используется робот Festo Robotino.

## Описание модели сцепления

Модель сцепления колеса робота с поверхностью описывается зависимостью коэффициента сцепления колеса от значений тока двигателя постоянного тока [2]. Пусть коэффициент сцепления колеса задается следующим соотношением

$$c = \frac{\omega_{eff}}{\omega_{act}},$$

где  $\omega_{eff}$  – скорость колеса, полученная с экспертной системы технического зрения;  $\omega_{act}$  – действительная скорость колеса, полученная с энкодера.

Для построения модели сцепления был получен набор данных, характеризующих движения робота по полигону, имитирующему неоднородную поверхность. В эти данные входят: действительные скорости вращения колес с энкодеров; скорость робота в локальной системе координат, определяемая по камере; значения токов со встроенных датчиков тока.  $\omega_{eff}$  были определены с помощью скоростей робота и обратной кинематики. Используя инструмент Regression Learner, входящего в состав пакета прикладных программ Matlab, были получены модели сцепления для трех колес. На рисунке 1 приведены модели сцепления колес.

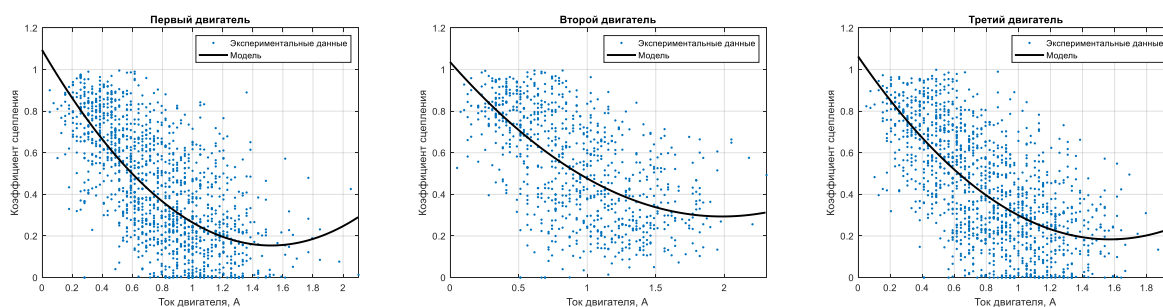


Рис. 1. Модель сцепления колес

## Описание и проверка работы системы

Основная проблема, которая возникает при проскальзывании колес робота, это потеря прямой зависимости положения или скорости робота в локальной системе координат от показаний одометрии. Поэтому система должна оценивать действительное положение робота в локальной системе координат и формировать компенсирующие воздействия, если действительное положение отклонилась от заданного в результате проскальзывания.

Структурная схема системы компенсации проскальзывания колес приведена на рисунке 2.

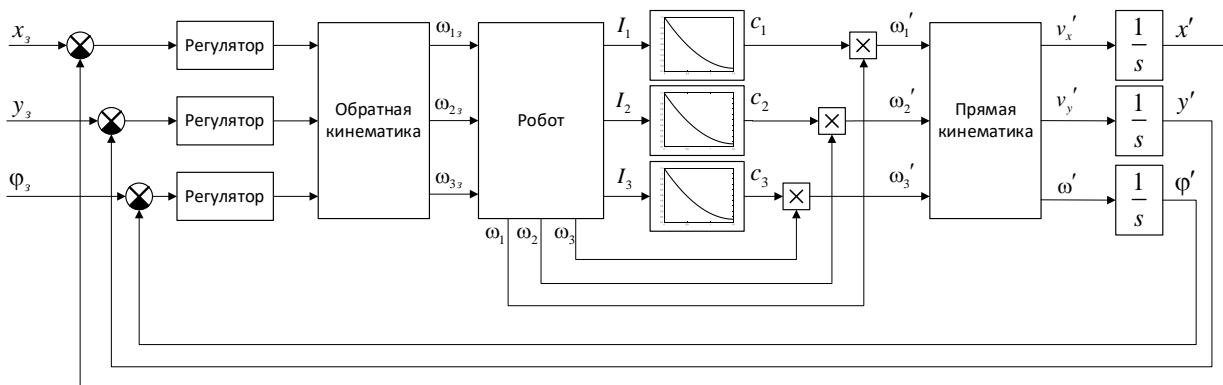


Рис. 2. Структурная схема системы компенсации проскальзывания колес мобильного робота

Для проверки работоспособности предложенной системы управления она была собрана в среде Simulink. В качестве регуляторов используются грубо настроенные пропорциональный регулятор с насыщением по оси X и трехпозиционные релейные регуляторы с гистерезисом по оси Y и углу поворота робота в локальной системе координат. На рисунке 3 приведены графики положения робота в локальной системе координат при движении вдоль оси X на 600 мм.

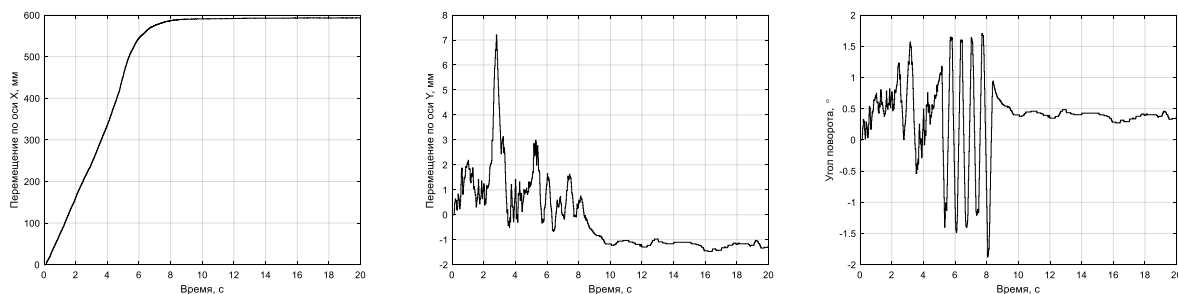


Рис. 3. Графики положения робота в локальной системе координат

## Заключение

Как можно видеть из графиков положения робота система управления обрабатывает определенные отклонения координат и углового положения робота. Однако, в ходе экспериментов было выяснено, что полученные модели сцепления колес не описывают случаи застревания робота, т.е. когда робот вязнет в среде и его линейные и угловые скорости становятся равными нулю. Таким образом возникает ошибка определения пройденного пути системой управления. Дальнейшая работа будет направлена на улучшение моделей сцепления колес. Кроме того, вследствие грубости настройки регуляторов и использования релейного закона управления система имеет статические ошибки по всем координатам.

## Список использованных источников

1. F. Rogers-Marcovitz, M. George, N. Seegmiller and A. Kelly, "Aiding off-road inertial navigation with high performance models of wheel slip," 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Vilamoura-Algarve, Portugal, 2012, pp. 215-222, doi: 10.1109/IROS.2012.6385701.
2. L. Ojeda, D. Cruz, G. Reina and J. Borenstein, "Current-Based Slippage Detection and Odometry Correction for Mobile Robots and Planetary Rovers," in IEEE Transactions on Robotics, vol. 22, no. 2, pp. 366-378, April 2006, doi: 10.1109/TRO.2005.862480.
3. Andrakhanov A., Belyaev A. Navigation learning system for mobile robot in heterogeneous environment: Inductive modeling approach //2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). – IEEE, 2017. – Т. 1. – С. 543-548.
4. Andrakhanov A., Belyaev A. GMDH-Based Learning System for Mobile Robot Navigation in Heterogeneous Environment // Advances in Intelligent Systems and Computing II. – Springer, Cham, 2017. – С. 1-20.