

Яворський О.В.

Державний університет «Одеська політехніка»

РОЗРОБКА КІСУ САМОБАЛАНСУВАННЯ ДВОКОЛІСНОГО РОБОТА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ. КОНТРОЛЬ КУТА НАХИЛУ ПРОТОТИПУ

У статті приведено перелік необхідних деталей для побудови прототипу двоколісного робота, показана схема каскадної автоматизованої системи керування прототипом двоколісного робота, описаний принцип регулювання кута нахилу. Було проведено експериментальне дослідження впливу зміщення центру мас прототипу на якість регулювання його кута нахилу. У статті показані графіки відповідних перехідних процесів та наданий їх аналіз. Метою дослідження є перевірка гіпотези про вплив висоти центру мас на якість стабілізації робота та розробка схеми автоматизації самобалансуючого робота. В результаті дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи управління самобалансування двоколісного робота була розроблена схема автоматизації самобалансуючого робота і була спростована гіпотеза про те що чим вище центр мас тим краще стабілізація.

Технології робототехніки зарекомендували себе у багатьох сферах людської діяльності. Робототехнічні комплекси (РТК) використовуються на підприємствах для автоматизації виробничого процесу під час надзвичайних подій для оперативної та безпечної допомоги.

Застосування робототехніки пов'язане з оптимізацією процесу – зниженням витрат і термінів, а також якісним поліпшенням результату. Наприклад, застосування роботів на автомобільних заводах скорочує виробничий цикл, підвищує якість продукції, усуває фактор людської помилки.

Залежно від обсягу продукції та розміру заробітної плати, автоматизація виробничого процесу з використанням роботів може окупитись протягом 1-3 роки. Додаткові кошти, звільнені після оптимізації виробництва, можна використовувати для розширення продуктової лінії, надання послуг, виходу нові ринки.

Ключові слова: автоматизація, робот, самобалансування, регулятор, стійкість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Значимість цього проекту полягає в тому, що робот, що самобалансується, став надзвичайно популярним і так чи інакше використовується в ряді додатків. Чи говоримо ми про це на побутовому, комерційному чи промисловому рівні, цей робот пройшов через усе. Його можна використовувати як самоконтрольований візок у лікарнях, ресторанах, магазинах і т. д. Розробка та створення цього проекту з нуля дали чітке уявлення про роботу цього робота і проінструктували нас про різні компоненти та їх роль у досягненні балансу. Основна причина, через яку цей робот набув популярності, полягає в тому, що він заснований на ідеології популярної теорії перевернутого маятника, яка, згідно з Вікіпедією, «широко використовується як зразок для тестування алгоритмів управління».

Постановка завдання.

- Вивчення літератури що до об'єкту автоматизації та його опис;
- Розробка схеми автоматизації самобалансуючого робота;

– Перевірка гіпотези про вплив висоти центру мас на якість стабілізації робота

Виклад основного матеріалу дослідження

Опис об'єкту автоматизації. Проект включає мікроконтролер, датчик MPU6050 та драйвери двигунів. Був використаний ATmega328 на основі плати Arduino UNO, який зчитує необроблені дані з датчиків і оптопар, а потім за допомогою методів ПД-регулювання відправляє сигнали даних драйверу двигуна, який, у свою чергу, контролює момент двигунів, що крутить. Чіп датчика MPU6050 має вбудований акселерометр та гіроскоп, який допомагає вимірювати кутову швидкість та прискорення. Для робота, що самобалансується нахил – це кут тіла, який ми контролюємо. Цей кут розглядається як сигнал зворотного зв'язку від акселерометра для еталонного кута, що дорівнює нулю градусів. Тета-посилання – це коли робот перебуває у вертикальному положенні. Величина тета-різниці управляє швидкістю двигуна, а тета-зворотний зв'язок визначає напрямок. Оскільки вихідний сигнал акселерометра дуже шумний, гіроскоп використовується для точного вимі-

рювання зворотного зв'язку. Гіроскоп вимірює кутову швидкість, і комбінація двох виходів – це здебільшого наші необроблені дані.

На рисунку 1 зображено схему автоматизації двоколісного самобалансуючого робота

У цій статті буде розглянуто тільки контур регулятора кута нахилу.

На рисунку 2 зображена схема робота. Де 1 – управляюча електроніка, 2 – акумулятори, 3 – крокові двигуни

Основну масу робота складають три елемента це – управляюча електроніка, акумулятори і два крокових двигуни.

Була висунута гіпотеза, що чим вище знаходиться центр мас тим краще стабілізація робота. Для проведення експерименту необхідно зміщу-

вати центр мас і для цього була обрана платформа з акумуляторами, як найважчий елемент і більш простий для переміщення.

В ході дослідження був проведений експеримент, який складався з двох етапів по два досліди. В першому етапі платформа була у верхньому положенні при якому центр мас знаходився на висоті 12 см від підлоги, що показано на рисунку 3.

В другому етапі платформа була у нижньому положенні з центром мас на висоті 6 см, що показано на рисунку 4.

Для пошуку центру мас самобалансуючого робота було встановлено на вільний підвіс спочатку в одній точці, а потім в другій. Після цього по черзі були проведені перпендикуляри до горизонтальної поверхні, що перетинають

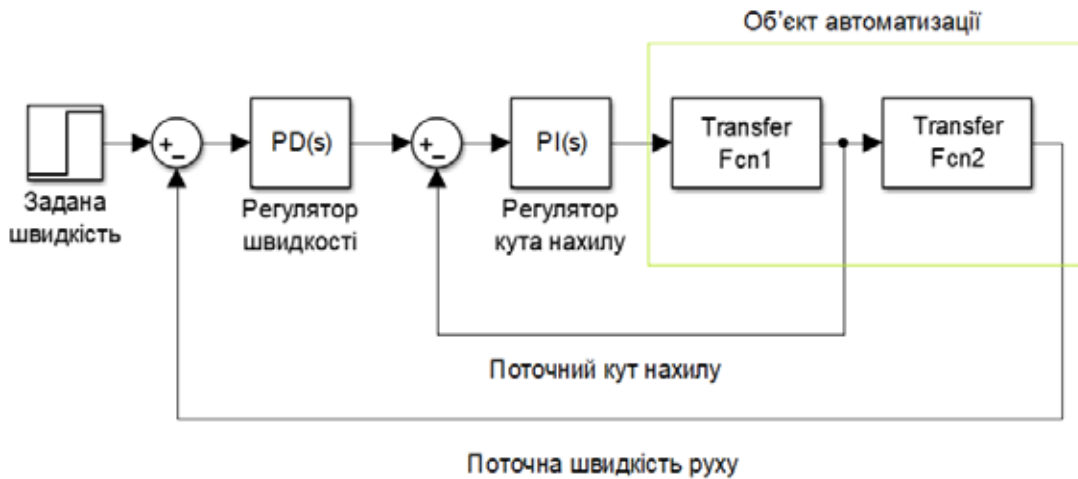


Рис. 1. Схему автоматизації двоколісного самобалансуючого робота

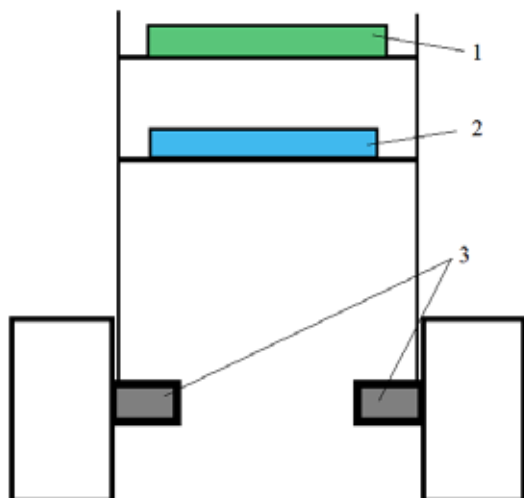


Рис. 2. Схематичне зображення самобалансуючого робота

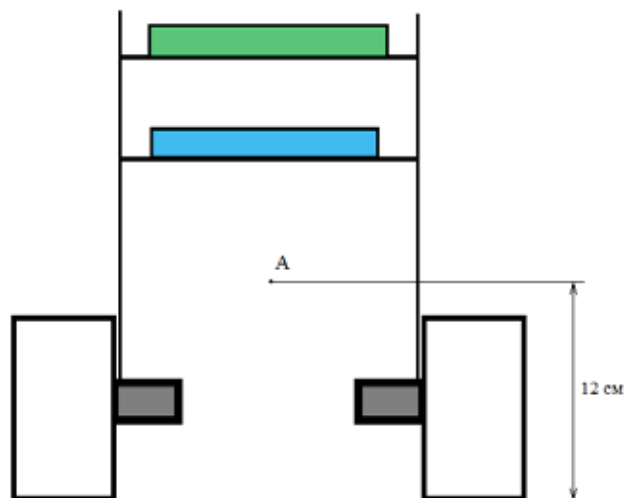


Рис. 3. Схема що відображає центр мас відносно підлоги при платформі з акумуляторами у верхньому положенні

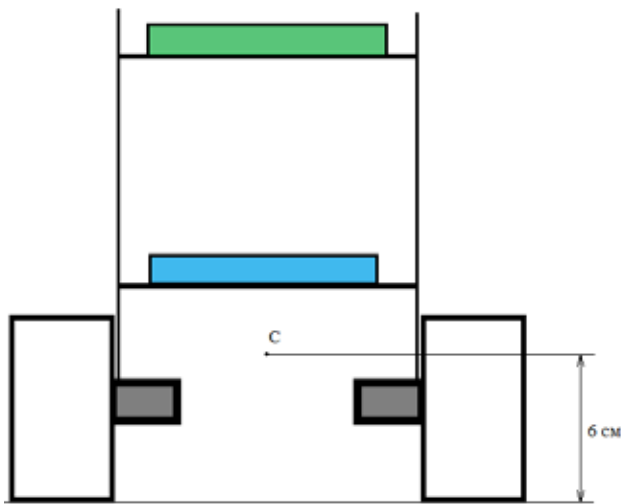


Рис. 4. Схема що відображає центр мас відносно підлоги при платформі з акумуляторами у нижньому положенні

точки підвісу. І у результаті в точці перетину ліній утворених перпендикулярами знаходиться центр мас.

У кожному етапі був один дослід з збуренням поданим по каналу управління швидкістю, а другий по каналу відхилення кута.

Для подачі крокового збурення по каналу управління швидкістю в програмі було задано набирання та дотримання швидкості 60 умовних одиниць. Крокове збурення по каналу управління швидкістю та реакція об'єкта при платформі в нижньому положенні на нього показана

на рисунку 5. Де 1 – збурення відображене по допоміжній осі в умовних одиницях, 2- поточний кут відображений по головній осі в градусах, 3 – цільовий кут відображений по головній осі в градусах. Δt – це цикл роботи програми

Крокове збурення по каналу управління швидкістю та реакція об'єкта при платформі у верхньому положенні на нього показана на рисунку 6.

По каналу відхилення кута було подане імпульсне збурення, для чого було використано пружинний механізм з функцією визначеного натягнення пружини.

Імпульсне збурення по каналу відхилення кута та реакція об'єкта при платформі в нижньому положенні на нього показана на рисунку 7. Де 1 – цільовий кут в градусах, 2- поточний кут в градусах.

Імпульсне збурення по каналу відхилення кута та реакція об'єкта при платформі у верхньому положенні на нього показана на рисунку 8.

Для перевірки якості стабілізації робота залежно від висоти центру мас була розрахована дисперсія від кута нахилу для кожного дослідів та результат зведено до таблиці 1.

Також було знайдено кількість циклів за яких робот входив до сталого режиму та зведено до таблиці 2. Де один цикл роботи програми $\Delta t \approx 50$ мс.

Як видно з таблиці 1 по каналу відхилення кута при верхньому положенні центру мас маємо дисперсію менше ніж при нижньому положенні

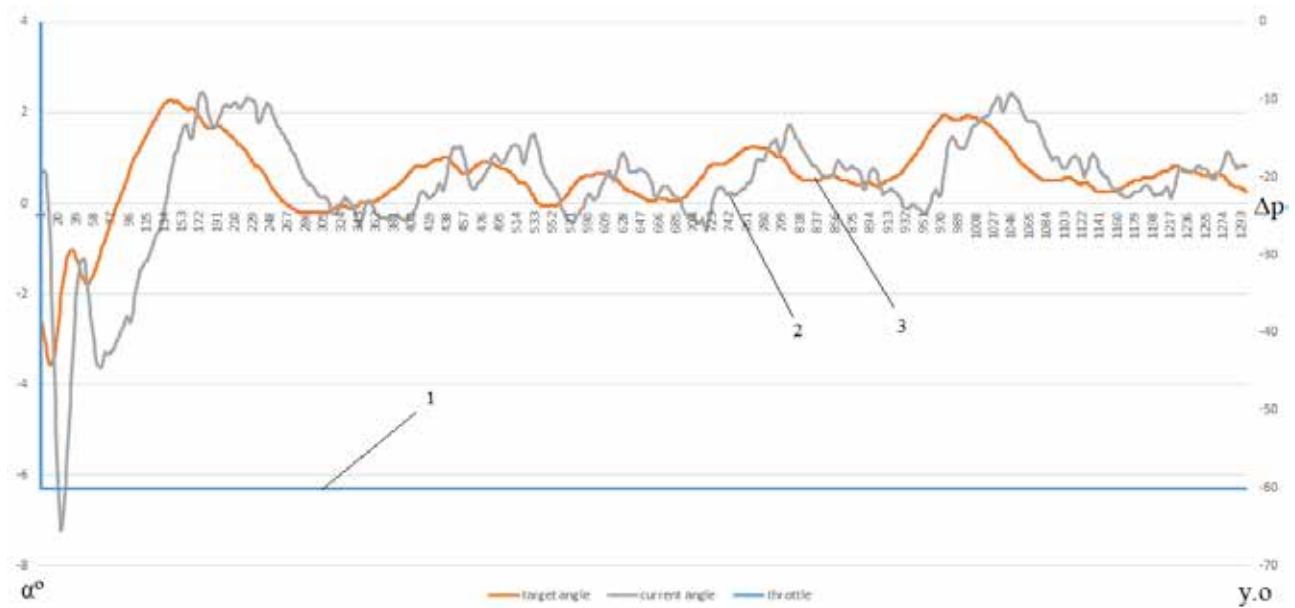


Рис. 5. Реакція об'єкта на збурення по каналу управління швидкістю при платформі у нижньому положенні

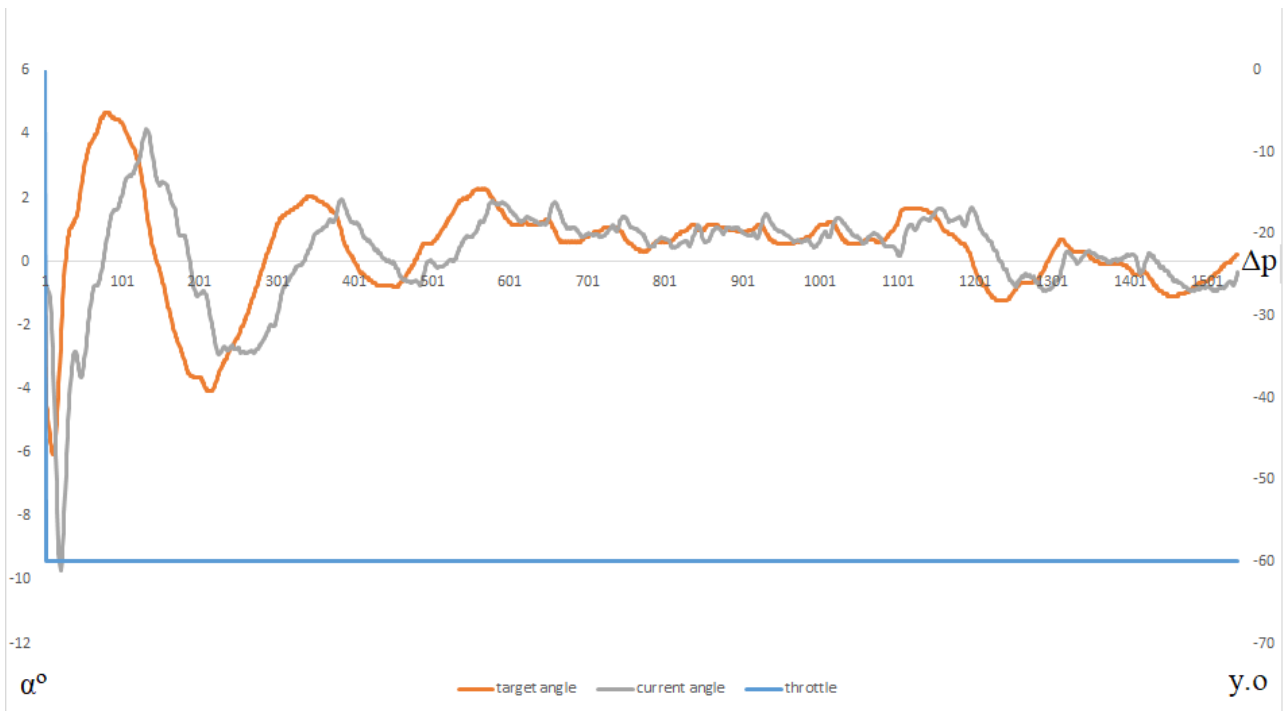


Рис. 6. Реакція об'єкта на збурення по каналу управління швидкістю при платформі у верхньому положенні

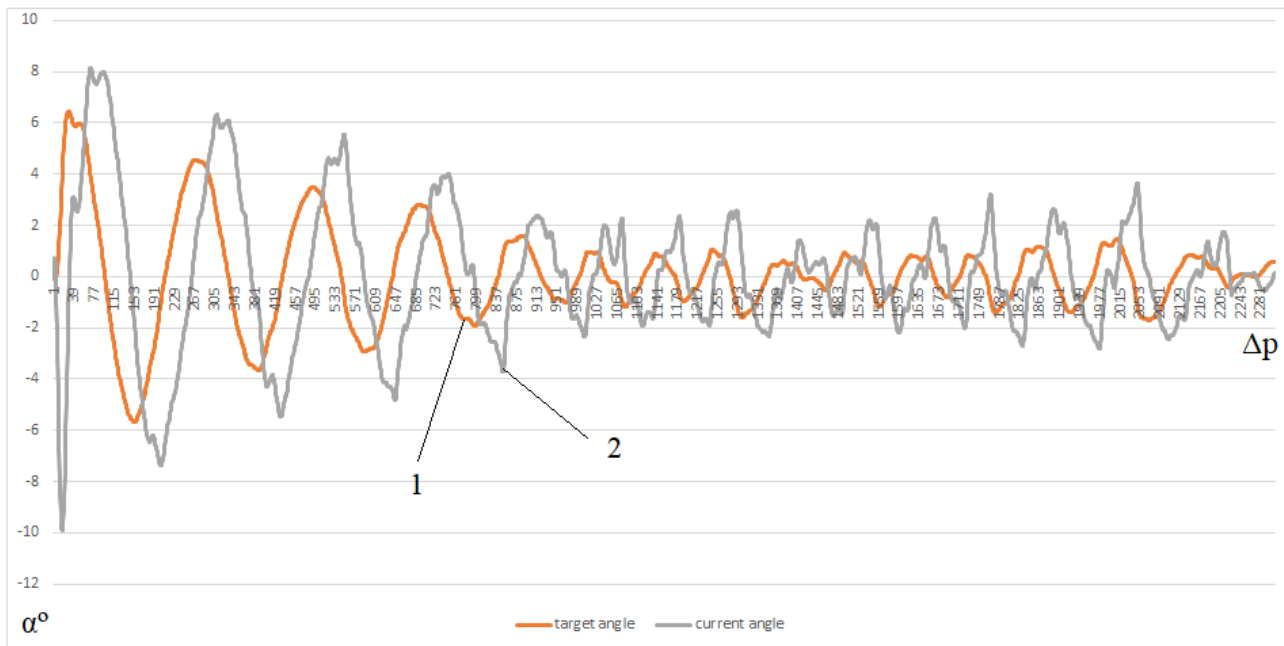


Рис. 7. Реакція об'єкта на збурення по каналу відхилення кута при платформі у нижньому положенні

що говорить про кращу стабілізацію при центрі мас зверху. Однак для каналу управління швидкістю спостерігається зворотна ситуація. В таблиці 2 також спостерігається протиріччя між каналами управління швидкістю та відхилення кута.

Висновки

У цій статті була розроблена схема автоматизації самобалансуючого робота. Була спростована гіпотеза про те що чим вище центр мас тим краще стабілізація. В ході експерименту виявилось, що висота центру мас має прямий вплив на стабілі-

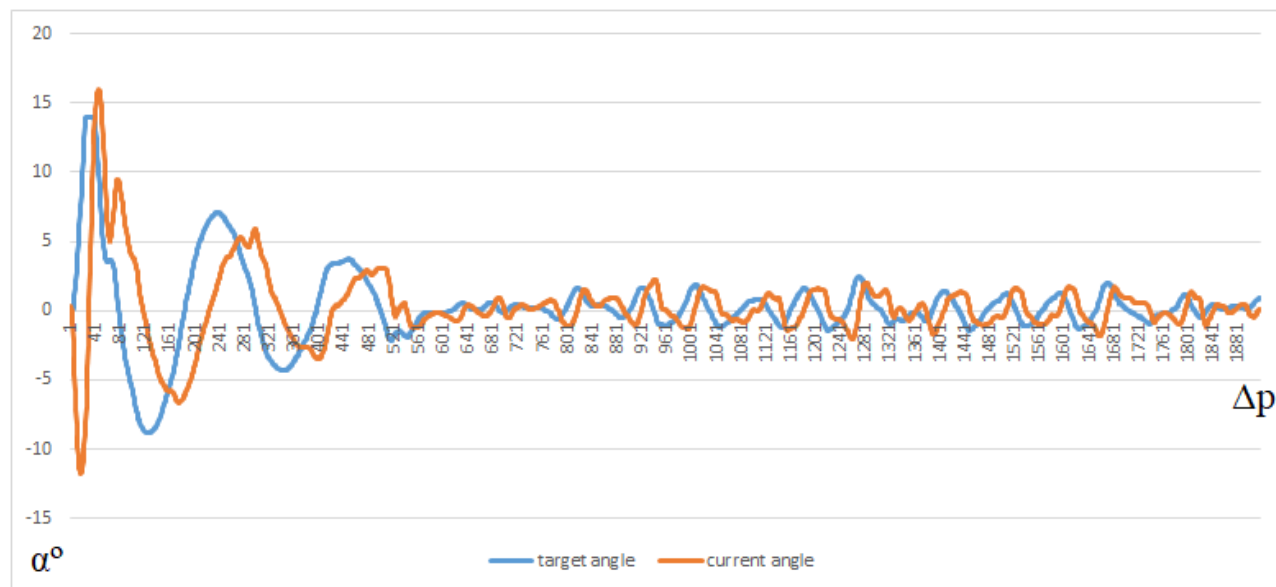


Рис. 8. Реакція об'єкта на збурення по каналу відхилення кута при платформі у верхньому положенні

Таблиця 1

Дисперсія сталого режиму роботи робота

		Положення платформи	
		Верхнє	Нижнє
Збурення	по каналу управління швидкістю	0,51460148	0,032035
	по каналу відхилення кута	0,76772329	1,879742

Таблиця 2

Кількість циклів за яких робот входить до сталого режиму

		Положення платформи	
		Верхнє	Нижнє
Кількість циклів програми	по каналу управління швидкістю	600	320
	по каналу відхилення кута	520	1000

зацію кута при нульовому збуренні по каналу управління швидкістю і зворотній вплив при ненульовому збуренні по каналу управління швидкістю. Однак для більшої достовірності необхідно

провести більше дослідів по кожному з чотирьох варіантів та усереднити їх результати. Так як результати досліджень в цій статті могли вміщати в себе погрішності виміру та зовнішні збурення.

Список літератури:

1. Муколянець А. А., Музафаров А. Р. Енергоефективність використання установки горячего водоснабжения на основе солнечного коллектора. 2015. № 2. – С. 8 – 12.
2. Рац Г. И. Развитие альтернативных источников энергии в решении глобальных энергетических проблем / за ред. М.А. Мординова. Известия Байкальского государственного университета, 2012. № 2. 132–136 с.
3. Тодорцев Ю. К. Объектно-ориентированная модель системы теплоснабжения. Информационные модели. 2005. Вып. 2(24). 160 – 164 с.
4. Лунева С. К. Эффективность применения тепловых насосов. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2015. № 3(33). 59– 62 с.

Yavorskyi O.V. DEVELOPMENT OF PSV FOR SELF-BALANCING OF TWO-WHEELED ROBOT TO IMPROVE STABILITY. CONTROL OF PROTOTYPE'S INCLINATION ANGLE

The article lists the necessary details for building a prototype two-wheeled robot, shows a diagram of a cascade automated control system prototype two-wheeled robot, describes the principle of adjusting the angle. An experimental study of the effect of shifting the center of mass of the prototype on the quality of its angle of inclination was conducted. The article shows the graphs of the corresponding transients and provides their analysis. The aim of the study is to test the hypothesis about the influence of the height of the center of mass

on the quality of robot stabilization and to develop a scheme for automation of self-balancing robot. A study of a computer-integrated two-wheeled robot self-balancing control system developed a self-balancing robot automation scheme and refuted the hypothesis that the higher the center of mass, the better the stabilization.

Robotics technology has proven itself in many areas of human activity. Robotic complexes (RTC) are used in enterprises to automate the production process during emergencies for operational and safe assistance.

The use of robotics is associated with the optimization of the process – reducing costs and time, as well as qualitative improvement of the result. For example, the use of robots in automobile plants reduces the production cycle, improves product quality, eliminates the factor of human error.

Depending on the volume of production and the amount of wages, automation of the production process using robots can pay off in 1-3 years. Additional funds released after the optimization of production can be used to expand the product line, provide services, enter new markets.

Key words: automation, robot, self-balancing, regulator, stability.