УДК 629.01.098

Ю.М. Дракунов, А.Ж. Сейдахмет, Б.А. Еспаев
д.т.н. проф. КазГУ, сотрудники КазГУ
Yu. M. Drakunov, A. Zh. Seydakhmet, B. A. Espayev
d.t.s., prof., KazSU, teachers of the KazSU

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ПОДЪЕМНИКОМ

В работе рассмотрено проектирование мобильного робота с подъемником. Созданы математические модели универсальной платформы с 2 ведущими колесами, рулевым управлением и подъемника на основе рычажного механизма VI класса. Все вычисления реализованы в системе аналитических вычислений Maple. Проведено трехмерное моделирование в системе Autodesk Inventor и дальнейшее изготовление всего мобильного робота.

Ключевые слова: мобильный робот, математические модели, система, конструкция.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF THE MOBILE ROBOT WITH THE ELEVATOR

In work design of the mobile robot with the elevator is considered. Mathematical models of a universal platform with 2 driving wheels, a steering and the elevator on the basis of the lever mechanism VI of a class are created. All calculations are realized in system of analytical calculations of Maple. Three-dimensional modeling in Autodesk Inventor system and further production of all mobile robots is carried out.

Keywords: mobile robot, the mathematical model, a system design.

В настоящее время колесные мобильные роботы широко применяются во многих отраслях. Мобильные колесные роботы – это сложные управляемые системы, которые состоят из платформы, ходовой части, двигателей, системы навигации и управления и других устройств.

Целью работы является создание конструкции колесного мобильного робота как универсальной платформы, на которой могут крепиться различные механизмы и устройства.

Разрабатываемая универсальная платформа состоит из рамы, на которую крепятся четыре колеса и два электродвигателя (рисунок 1). Ведущими являются два задних колеса.

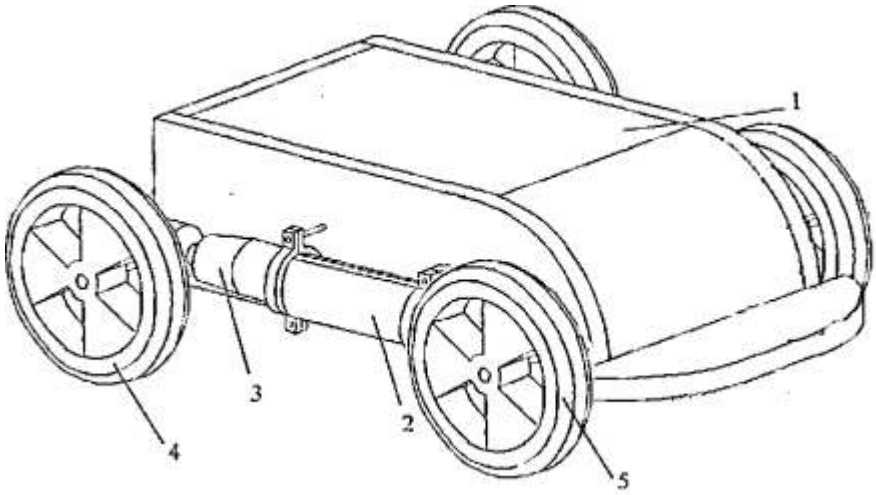

Рисунок 1 - Универсальная платформа мобильного робота
1 – платформа, 2 – электродвигатель, 3 – редуктор, 4 – ведущие колеса, 5 – передние колеса

Задние колеса приводятся в движение с помощью электродвигателей 2 через редукторы 3. Передние колеса являются ведомыми.

Платформа робота представляет собой раму, на которую могут устанавливаться различные механизмы. В данной работе таким механизмом является рычажный механизм IV класса, предназначенный для подъема грузов весом 300 кг.

Использовались следующие системы координат: неподвижная система координат Oxyz, подвижная система $Ax_1y_1z_1$ с началом в точке A, жестко связанную с платформой и подвижная система $Ax_2y_2z_2$ связанную с передними колесами (рисунок 2).

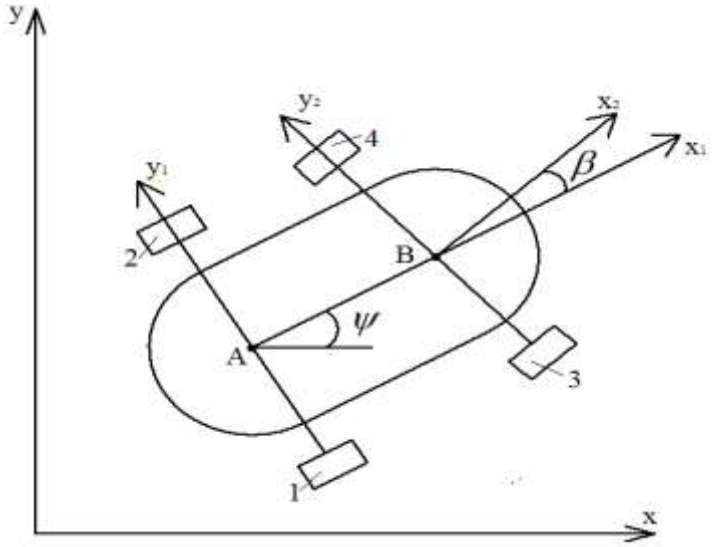

Рисунок 2 -схема 4-х колесного мобильного робота с 2 ведущими колесами и рулевым управлением

Уравнения Лагранжа для неголономных систем имеет следующий вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial p_i}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_i}+\frac{\partial \Pi}{\partial q_i}=Q_i+\sum_{j=1}^{s}\lambda_j A_{,i}$$

$$i=1,..,n,\ p_i=\frac{dq_i}{dt}$$

Для получения конечных дифференциальных уравнений движения мобильного робота с 2 ведущими колесами и рулевым управлением использовался пакет аналитических вычислений Maple. Сам процесс вывода и решения дифференциальных уравнений полностью автоматизирован.

Ниже показаны используемые программой уравнения связи и выражения для кинетической, потенциальной энергий, обобщенных сил.

Уравнения связей имеют вид:

$$\cos(\psi)\cdot\dot{x}+\sin(\psi)\cdot\dot{y}+l\cdot\dot{\psi}-r\cdot\dot{\varphi}_1=0$$

$$-\sin(\psi)\cdot\dot{x}+\cos(\psi)\cdot\dot{y}=0$$

$$\cos(\psi)\cdot\dot{x}+\sin(\psi)\cdot\dot{y}-l\cdot\dot{\psi}-r\cdot\dot{\varphi}_2=0$$

$$\cos(\psi+\beta)\cdot\dot{x}+\sin(\psi+\beta)\cdot\dot{y}+b\cdot\dot{\psi}\cdot\cos\beta+l(\dot{\psi}+\dot{\beta})-r\dot{\varphi}_3=0$$

$$-\sin(\psi+\beta)\cdot\dot{x}+\cos(\psi+\beta)\cdot\dot{y}+b\cdot\dot{\psi}\cdot\cos(\beta)+l\cdot(\dot{\psi}+\dot{\beta})-r\cdot\dot{\varphi}_3=0$$

$$-\sin(\psi+\beta)\cdot\dot{x}+\cos(\psi+\beta)\cdot\dot{y}+b\cdot\dot{\psi}\cdot\cos(\beta)-l\cdot(\dot{\psi}+\dot{\beta})-r\cdot\dot{\varphi}_4=0$$

Кинетическая энергия:

$$T=\frac{1}{2}m_1(\dot{x}^2+\dot{y}^2+a^2\dot{\psi}^2+2d\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y}))+\frac{1}{2}J_1\dot{\psi}^2+\frac{1}{2}m_k(4\dot{x}^2+4\dot{y}^2+2l^2\dot{\psi}^2+$$
$$2l\dot{\psi}(\sin\psi\cdot\dot{y}-\cos\psi\cdot\dot{x})-2l\dot{\psi}(\cos\psi\cdot\dot{x}+\sin\psi\cdot\dot{y})+2b^2\dot{\psi}^2+4b\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y})+$$
$$2l^2(\dot{\psi}+\dot{\beta})^2+2(\dot{\psi}+\dot{\beta})\cdot l\cdot((\dot{x}-b\dot{\psi}\sin\psi)\cdot\cos(\psi+\beta)+(\dot{y}+b\dot{\psi}\cos\psi)\cdot\sin(\psi+\beta))-$$
$$2(\dot{\psi}+\dot{\beta})\cdot l\cdot((p_1-bp_3\sin\psi)\cdot\cos(\psi+\beta)-(\dot{y}+b\dot{\psi}+b\dot{\psi}\cos\psi)\cdot\sin(\psi+\beta)))+$$
$$\frac{1}{2}J_k(\dot{\varphi}_1^2+\dot{\varphi}_2^2+\dot{\varphi}_3^2+\dot{\varphi}_4^2)+\frac{1}{2}m_0(\dot{x}^2+\dot{y}^2+b^2\dot{\psi}^2+2b\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y}))+$$
$$\frac{1}{2}J_0(\dot{\psi}+\dot{\beta})^2+\frac{1}{2}L_1(\dot{e}_1^2+\dot{e}_2^2)+cN\phi_1\dot{e}_1^2+cN\phi_2\dot{e}_2^2$$
$$\Pi=0$$
$$T-\Pi=\frac{1}{2}m_1(\dot{x}^2+\dot{y}^2+a^2\dot{\psi}^2+2d\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y}))+\frac{1}{2}J_1\dot{\psi}^2+\frac{1}{2}m_k(4\dot{x}^2+4\dot{y}^2+2l^2\dot{\psi}^2+$$
$$2l\dot{\psi}(\sin\psi\cdot\dot{y}-\cos\psi\cdot\dot{x})-2l\dot{\psi}(\cos\psi\cdot\dot{x}+\sin\psi\cdot\dot{y})+2b^2\dot{\psi}^2+4b\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y})+$$
$$2l^2(\dot{\psi}+\dot{\beta})^2+2(\dot{\psi}+\dot{\beta})\cdot l\cdot((\dot{x}-b\dot{\psi}\sin\psi)\cdot\cos(\psi+\beta)+(\dot{y}+b\dot{\psi}\cos\psi)\cdot\sin(\psi+\beta))-$$
$$2(\dot{\psi}+\dot{\beta})\cdot l\cdot((p_1-bp_3\sin\psi)\cdot\cos(\psi+\beta)-(\dot{y}+b\dot{\psi}+b\dot{\psi}\cos\psi)\cdot\sin(\psi+\beta)))+$$
$$\frac{1}{2}J_k(\dot{\varphi}_1^2+\dot{\varphi}_2^2+\dot{\varphi}_3^2+\dot{\varphi}_4^2)+\frac{1}{2}m_0(\dot{x}^2+\dot{y}^2+b^2\dot{\psi}^2+2b\dot{\psi}(-\sin\psi\cdot\dot{x}+\cos\psi\cdot\dot{y}))+$$
$$\frac{1}{2}J_0(\dot{\psi}+\dot{\beta})^2+\frac{1}{2}L_1(\dot{e}_1^2+\dot{e}_2^2)+cN\phi_1\dot{e}_1^2+cN\phi_2\dot{e}_2^2$$

Обобщенные силы:

$Q_1 = -\mu_{10}(\cos(\psi)\cdot\dot{x}+\sin(\psi)\cdot\dot{y})\cdot\cos(\psi)$

$Q_2 = -\mu_n(\cos(\psi)\cdot\dot{x}+\sin(\psi)\cdot\dot{y})\cdot\sin(\psi)$

$Q_3 = -\mu_b\cdot\dot{\psi}$

$Q_4 = M_{fr1}$

$Q_5 = M_{fr2}$

$Q_6 = M_{fr3}$

$Q_7 = M_{fr4}$

$Q_8 = M_0$

$Q_9 = U1\text{-}R\cdot\dot{e}_1$

$Q_{10} = U2\text{-}R\cdot\dot{e}_2$

Полученные дифференциальные уравнения использовались для моделирования движения универсальной платформы вдоль заданной траектории. На рисунке 3 показана заданная траектория и анимация движения универсальной платформы вдоль заданной траектории (рисунок 3).

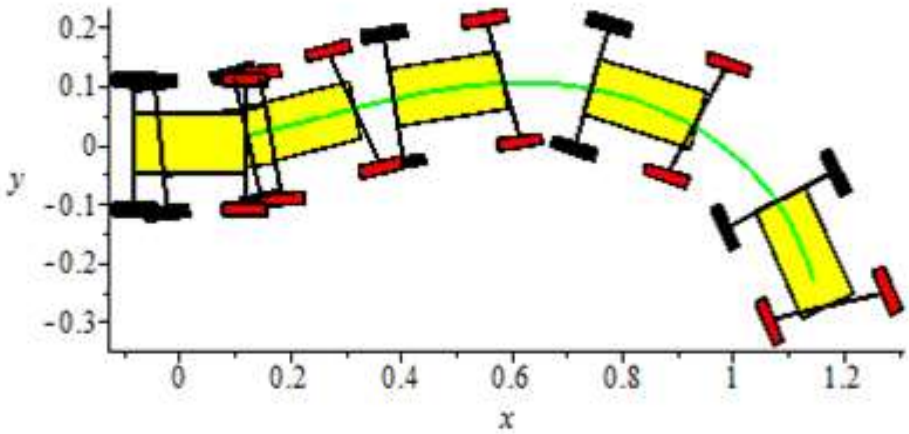

Рисунок 3 - Анимация движения универсальной платформы

При проектировании универсальной платформы и подъемника применялась система трехмерного проектирования Autodesk Inventor. Данная система дает возможность создания моделей отдельных деталей, сборки в полную модель, получения чертежей, презентаций и прочностных расчетов узлов. На рисунке 4 показана трехмерная модель рамы универсальной платформы.

Рисунок 4 - Трехмерная модель рамы универсальной платформы

Конструкция подъемника грузоподъемностью 300 кг проектировалась на основе рычажного механизма с заданным относительным движением подвижных звеньев. Для данной схемы подъемника с помощью пакета программ был проведен синтез восьмизвенного шарнирно-рычажного механизма с прямолинейно поступательным движением платформы по критерию наилучшей передачи силы. Для подъемника были введены критерии оптимизации и найдено оптимальное расположение гидроцилиндра в механизме. На рисунке 5 показана трехмерная модель мобильного робота с подъемником.

Рисунок 5 - Трехмерная модель мобильного робота с подъемником

В настоящее время, совместно с научно-инновационным центром по механизмам переменной структуры (г. Бишкек, Киргизская Республика) проводятся работы по изготовлению проектируемого мобильного робота. В дальнейшем мобильный робот будет оснащен системой управления.

Литература:

1. Сейдахмет А.Ж. Оптимальное проектирование подъемного стола на основе рычажного механизма с заданным относительным движением подвижных звеньев. Сборник материалов Международной научно-методичнской конференции «Актуальные проблемы естественно-научных дисциплин», Алматы: КазГАСА, 21 января 2010 г, с. 114-117
2. Дэниэл Т. Банах, Трэвис Джонс, Алан Дж. Каламейя. Autodesk Inventor. Издательство «Лори», 2006, 714 с.