

С учетом возможной деформации ходового винта можно, исходя из требований точности позиционирования, устанавливать требуемую точность изготовления винта.

Так, если принимать  $\Delta_{\text{поз}} = 20$  мкм, а  $\Delta_{\delta} = 1$  мкм, то погрешность изготовления должна быть не более  $(\Delta_{\text{поз}} - \Delta_{\delta})/3 = (20-1)/3 = 6,3$  мкм, и это соответствует 10 классу точности по DIN или 3 классу точности по OСТ.

#### Список цитированных источников

1. Горбунов, В.П. Баланс погрешностей выходного параметра многоцелевого станка в системе привода подач – подвижный орган / В.П. Горбунов, В.Ф. Григорьев // Вестник БрГТУ – Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – 2002. – №4(16). – С. 4-7.

2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3-х т. / А.С. Проников [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков. – С. 372.

УДК 681.5

Козлович К.А.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

### АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Управление движением мобильного робота может осуществляться различными способами. В большинстве случаев траектория планируется заранее, запоминается и затем реализуется при движении. Это требует значительного объема памяти управляющей системы. Ранее был разработан алгоритм [1], обеспечивающий управление движением на основе информации о положении целевой точки, в которую должен попасть робот. Данная информация поступает от датчиков робота непосредственно в ходе движения. Таким образом, расчет траектории не производится заранее. В данной работе рассматривается, как разработанный алгоритм может быть применен для управления роботом, содержащим четыре двухколесных приводных модуля. Кинематическая схема такого робота приведена на рисунке 1.

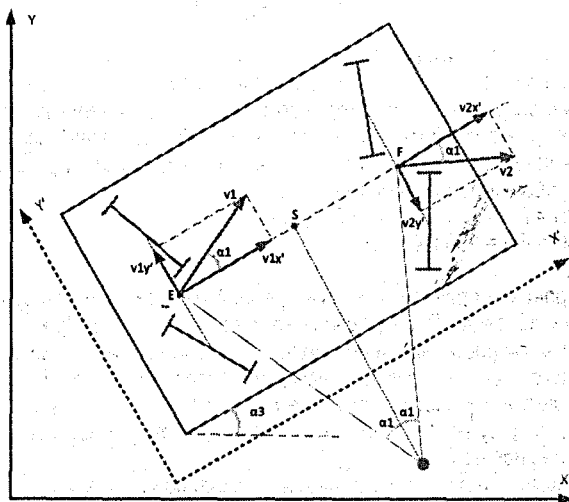


Рисунок 1 – Кинематическая схема робота

При изменении направления движения передние и задние модули разворачиваются в противоположных направлениях на одинаковый угол. Средний угол поворота колес  $\alpha_1$  соответствует отклонению вектора скорости в точках Е и F. Изменение данного угла в процессе движения определяет форму траектории. Таким образом, задача управления состоит в изменении данного угла таким образом, чтобы обеспечить попадание в целевую точку с заданной точностью по гладкой траектории.

Исходя из геометрических построений, данный угол может быть вычислен в следующей последовательности.

В соответствии с предложенным алгоритмом заданное значение угла  $\alpha_1$  в процессе движения определяется выражением:

$$\alpha_{1\text{зад}} = 1,75 \left( 1 + \frac{\sqrt{(X_{\text{зад}} - X)^2 + (Y_{\text{зад}} - Y)^2}}{2} \right) (\beta_1 - \alpha_3) - (\beta_2 - \alpha_3), \quad (1)$$

где  $X$  и  $Y$  – текущие значения координат робота;  $X_{\text{зад}}$  и  $Y_{\text{зад}}$  – координаты целевой точки;  $\beta_1$  – угол отклонения целевой точки от оси робота;  $\alpha_3$  – текущее значение угла поворота робота;  $\beta_2$  – требуемый угол поворота робота в целевой точке.

Текущие значения указанных переменных определяются выражениями:

$$X = \int (v_1 \cos(\alpha_1) \cos(\alpha_3)) dt, \quad (2)$$

$$Y = \int (v_1 \cos(\alpha_1) \sin(\alpha_3)) dt, \quad (3)$$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{Y_{\text{зад}} - Y}{\sqrt{(X_{\text{зад}} - X)^2 + (Y_{\text{зад}} - Y)^2}}, \quad (4)$$

$$\alpha_3 = \int \frac{v_1}{SE} \sin(2\alpha_1) dt, \quad (5)$$

где  $v_1$  – средняя окружная скорость колес.

На рисунке 2 приведена математическая модель системы, реализующей управление в соответствии с разработанным алгоритмом с учетом приведенных кинематических зависимостей, которая разработана в приложении SIMULINK. Она позволяет оценить качество управления движением при использовании указанной конструкции робота.

При моделировании приняты размеры:

$AK = AL = MB = BN = OC = CP = QD = DR = 150$  мм.

$AE = EB = CF = FD = 196$  мм.

$SE = 400$  мм.

При моделировании принято значение средней угловой скорости вращения всех двигателей равным 80 рад/с. Передаточное отношение редуктора равно 21,36. При этом средние угловые скорости вращения колес 3,75 рад/с. Изменение скоростей относительно указанного значения производится для поворота модулей. Привод колес осуществляется от двигателей постоянного тока мощностью 90 Вт. В приводах используется обратная связь по углу поворота, угловой скорости и току. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

Исследование показало, что отклонение от заданной целевой точки при любых значениях координат и конечного угла поворота не превышает 10 см. Отклонение по углу не

более 10. Для робота с указанными размерами платформы это можно считать вполне приемлемым. Траектории движения являются гладкими кривыми.

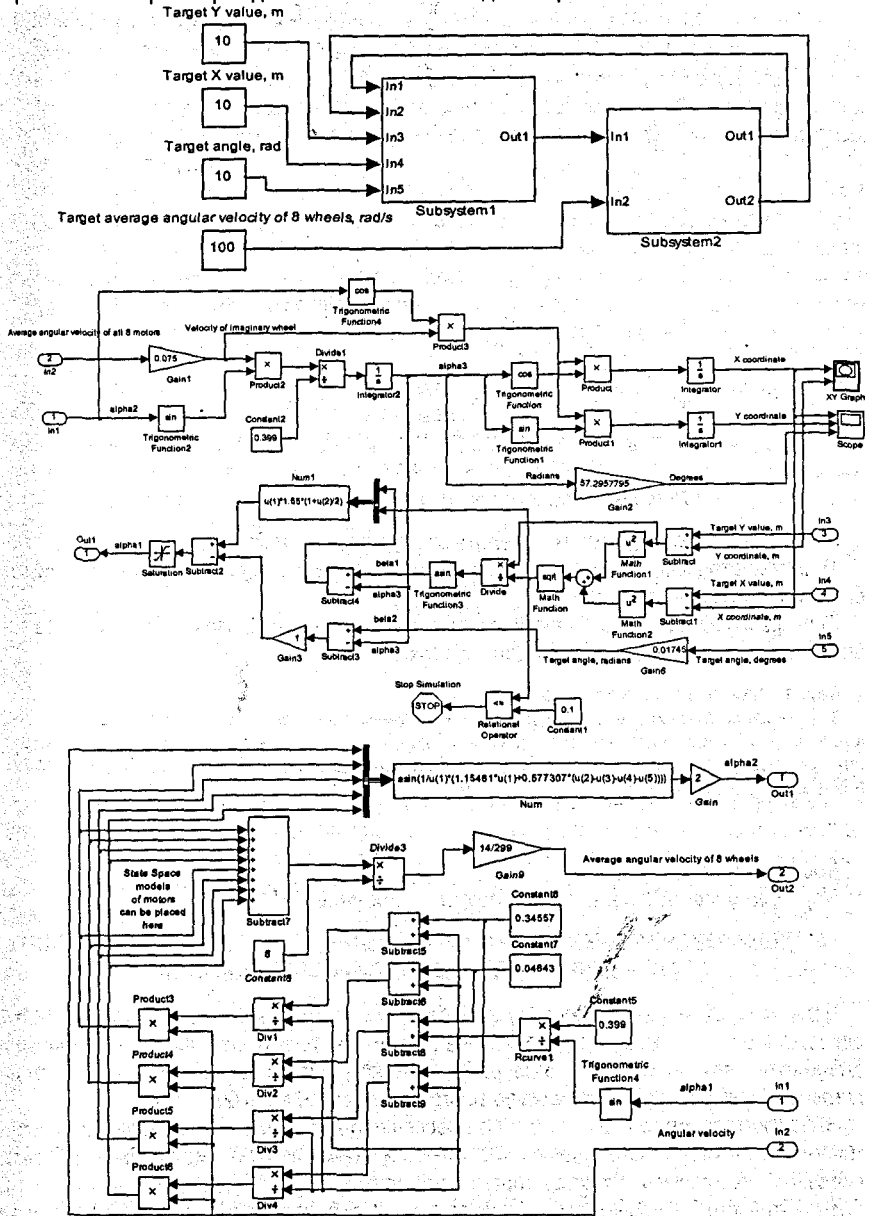
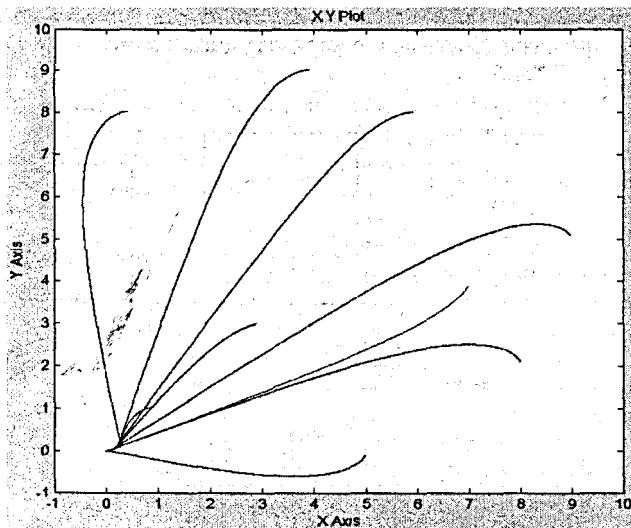


Рисунок 2 – Модель системы управления в приложении SIMULINK



**Рисунок 3 – Результаты моделирования движения робота**

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

- 1) разработанный алгоритм обеспечивает хорошее качество управления и может быть использован на практике;
- 2) разработанная математическая модель может быть использована для анализа работы и подбора параметров приводов роботов.

**Список цитированных источников**

1. Прокопеня, О.Н. Управление движением мобильных роботов / О.Н. Прокопеня, В.В. Халитов, К.А. Козлович // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы Междунар. научно-практ. конф. / редкол.: Хрусталеv Б.М. (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2013. – С. 29-30.

**Костючик Ю.И.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ КОРПУСА ШПИНДЕЛЬНОЙ БАБКИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ**

Большое количество в парке металлорежущих станков занимают токарные станки, шпиндельные узлы которых являются наиболее ответственными формообразующими элементами механизмами. От совершенства конструкции, а также от качества изготовления и сборки шпиндельного узла во многом зависит точность обработки.

Высокую точность обработки можно обеспечивать на стадии проектирования и изготовления станков, однако, увеличение точности станка за счёт ужесточения допусков, введения специальных конструкторских элементов требует дополнительных затрат. Возможно прогнозирование повышения точности обработки за счёт изменения точности шпиндельного узла, его положения.