

Как видно из таблицы, корреляционная связь между измеренными параметрами отсутствует, т.е. функциональная зависимость между значениями параметров продольной и поперечной шероховатости не выявлена.

Альтернативными методами неразрушающего определения параметров шероховатости эвольвентных поверхностей зубчатых колес может служить метод слепков, либо использование специального щупа TS120 к профилометру TR200 с мини-иглой для измерения шероховатости в каналах диаметром от 2-х мм.

В результате выполненной работы разработана цеховая методика профильного контроля шероховатости эвольвентных поверхностей прямозубых колес, пригодная для использования при отработке технологии.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Суслев, А.Г. Назначение, обозначение и контроль параметров шероховатости поверхностей деталей машин / А.Г. Суслев, И.М. Корсакова – М.: Издательство МГИУ, 2010. – 111 с.
2. Филонов, И.П. Вероятностно-статистические методы оценки качества в машиностроении: учебное пособие / И.П. Филонов, А.И. Медведев – Мн.: Тесей, 2000. – 128 с.

УДК 681.5

*Громада В.В., Янкович Е.И.*

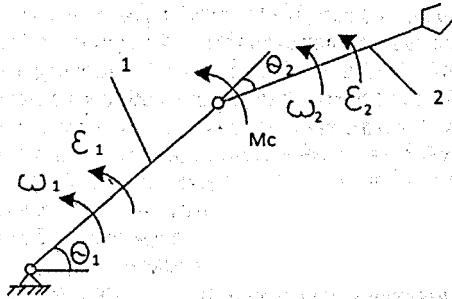
*Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.*

#### **СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ДВУХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА**

Сложность задачи синтеза обусловлена тем, что приводы отдельных звеньев оказывают влияние друг на друга при совместной отработке перемещений. В результате характер результирующего движения может не соответствовать показателям качества переходных процессов, обеспечиваемым каждым приводом в отдельности при независимой работе. Это должно учитываться при проектировании. Оно может осуществляться двумя способами. В первом случае система рассматривается как взаимосвязанная с двумя входами и двумя выходами. Расчет такой системы является достаточно сложным. Для проектирования необходимо использовать математическую модель, учитывающую наличие всех приводов и взаимосвязей между ними.

Во втором случае приводы проектируются как независимые системы автоматического регулирования (САР) по перемещению. Это позволяет рассчитывать каждый привод отдельно, что значительно упрощает расчет. Следует отметить, что даже в этом случае САР обычно является многоконтурной, так как помимо главной обратной связи по перемещению используют обратные связи по скорости, току двигателя и другим переменным. Качество работы такой системы на практике будет зависеть от того, насколько сильно взаимное влияние приводов будет проявляться при реальной работе. Для того чтобы исключить нежелательные ситуации при работе системы, желательно заранее исследовать ее поведение в различных режимах. Для этого опять же требуется полная математическая модель.

Таким образом, при любом подходе задачу синтеза системы управления манипулятором целесообразно решать с использованием математической модели, учитывающей взаимосвязь между приводами отдельных звеньев. Созданию такой модели посвящена данная работа. Задача решалась для двухзвенного манипулятора с шарнирно сочлененной рукой, схема которого представлена на рис. 1.



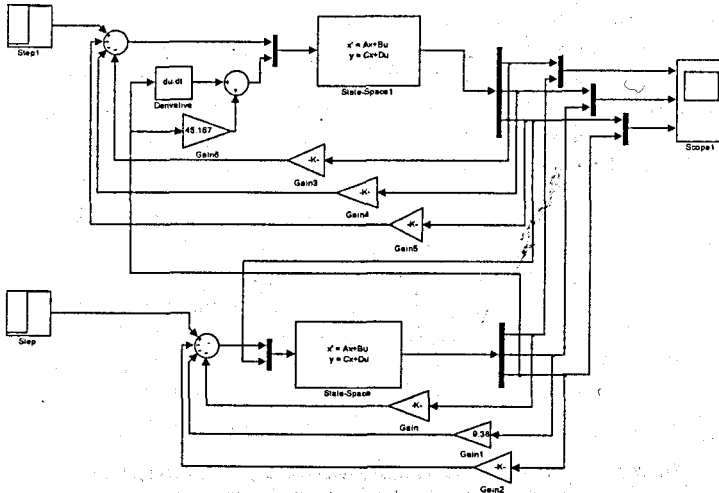
1 и 2 – звенья манипулятора;  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости звеньев в относительном движении;  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  – угловые ускорения;  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – углы поворота звеньев;  $M_c$  – момент в сочленении, создаваемый приводом второго звена

**Рисунок 1 – Схема двухзвенного манипулятора**

Данный манипулятор состоит из двух звеньев с поворотным движением. Привод осуществляется от двигателей постоянного тока 2ПБ180МУХЛ4 мощностью 9,5 кВт и 4,5 кВт. Параметры двигателей приведены в [1].

Описание приводов выполнено уравнениями состояния [2]. В качестве переменных состояния приняты угол поворота, угловая скорость и ток якоря двигателя. Каждый привод синтезирован отдельно методом размещения полюсов и представляет собой трехконтурную САП с обратными связями по переменным состояния. За счет выбора полюсов в каждом приводе обеспечивается монотонный переходный процесс по перемещению.

Разработанные модели приводов объединены в единую модель посредством сигналов, через которые осуществляется взаимодействие приводов. Так, на привод звена 1 через дополнительный вход подается сигнал тока двигателя второго звена, а на привод звена 2 подается сигнал ускорения первого звена. Полученная модель реализована в приложении SIMULINK среды программирования MATLAB, как показано на рис. 2.

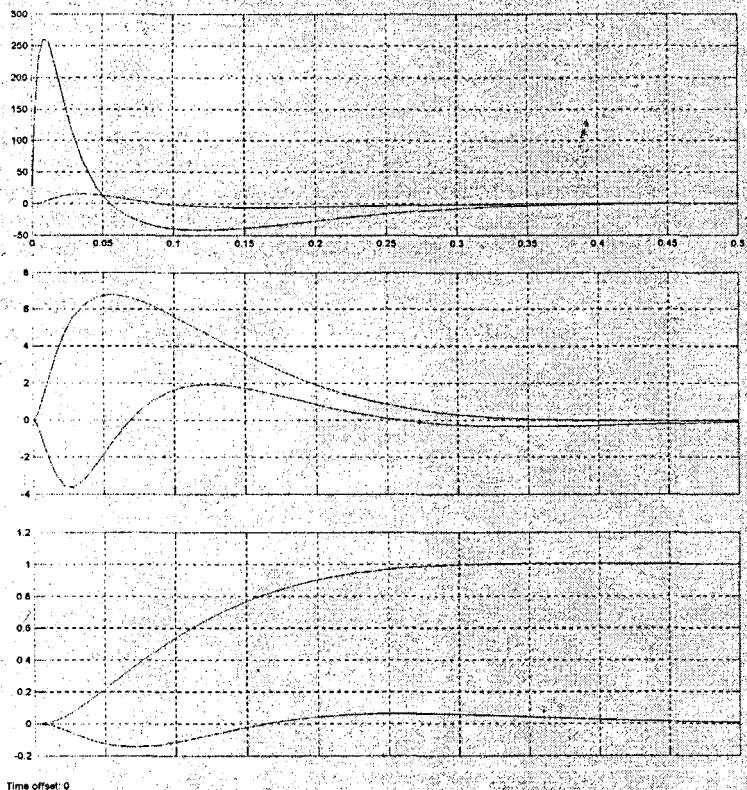


**Рисунок 2 – Модель системы двухзвенного манипулятора в приложении SIMULINK**

Модель имеет два входа, на которые от генераторов ступенчатой функции подаются заданные перемещения звеньев манипулятора. На осциллограф выводятся кривые изменения углов поворота звеньев, угловых скоростей и токов двигателей. Вид осциллограммы при отработке перемещения в 1 радиан приводом первого звена приведен на рис. 3.

Данная осциллограмма показывает, что даже при нулевом задающем сигнале в приводе второго звена имеет место переходный процесс, обусловленный возмущающим действием привода первого звена. Он носит колебательный характер с начальной амплитудой 0,18 рад и имеет большую длительность, чем переходный процесс в приводе звена 1. Время установления для первого привода примерно 0,3 с, а для второго 0,5 с. В момент завершения движения первым звеном, отклонение второго составляет 0,05 рад. Следовательно, из-за взаимного влияния приводов время отработки заданного перемещения манипулятором возрастает в данном случае на 0,2 с.

Таким образом, представленная модель позволяет исследовать работу системы управления движением при различных способах подачи задающих сигналов и подобрать наилучший алгоритм управления для конкретных условий.



**Рисунок 3 – Осциллограмма изменения токов, угловых скоростей и углов поворота звеньев соответственно**

С помощью данной модели была исследована работа системы при различных смещениях по времени задающих сигналов приводов. Установлено, что при совместной отработке перемещений приводами в отдельных случаях может возникать перерегулирование до 12%. Наилучшее качество обеспечивается при подаче задающего сигнала на привод второго звена с запаздыванием относительно первого примерно на 0,2 с. При этом отсутствует перерегулирование, а переходные процессы в приводах заканчиваются одновременно.

Проведенный анализ показал следующее:

1) взаимодействие приводов при отработке заданного перемещения манипулятором может оказывать существенное влияние на характер и параметры движения в определенных условиях, что необходимо учитывать при проектировании;

2) разработанная математическая модель позволяет оценивать степень такого влияния и подбирать в каждом конкретном случае наилучший алгоритм управления, следовательно она может использоваться для решения задач синтеза систем управления движением применительно к рассмотренной конфигурации манипулятора.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Копылова, И.П. Справочник по электрическим машинам: в 2-х т. / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – Т. 2. – 688 с.

2. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.

УДК 681.5

*Кучик В.И.*

*Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.*

### РЕВЕРСИВНЫЙ ПРИВОД МАНИПУЛЯТОРА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Двигатели постоянного тока обладают хорошими регулировочными характеристиками и широко применяются в приводах технологического оборудования. Для регулирования скорости обычно используют тиристорные управляемые выпрямители. Роботы и другие манипуляционные устройства часто имеют приводы небольшой мощности. В этом случае для управления целесообразно применять широтно-импульсные регуляторы на транзисторах. Работа транзисторов в ключевом режиме обеспечивает низкие потери и высокий КПД привода.

Однако питание двигателя импульсным напряжением отражается на его механических характеристиках [1]. В частности при малых нагрузках жесткость характеристик снижается, и скорость вращения стремится к максимальному значению. В то же время рассматриваемые устройства работают в широком диапазоне изменения нагрузок. Перемещение звеньев может происходить как при максимальной массе манипулируемых объектов, так и при их отсутствии. Как импульсный характер управляющего напряжения отразится на работе привода в таких условиях, предсказать трудно. Данный вопрос требует дополнительного исследования применительно к конкретным параметрам привода и условиям его работы.

Для анализа поведения привода была разработана математическая модель в приложении SIMULINK программы MATLAB, которая приведена на рис. 1.