

## СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ЗАГРУЗКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ В СТАНКАХ С ЧПУ – КЭОСВТ

**Гаврилов П.А., Коваленко В.И.** (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В данной работе предлагается сетевая автоматизированная система управления станками с ЧПУ при помощи персонального компьютера.

Система предназначена для двустороннего обмена УП, а также другой технологической и тестовой информацией между компьютером и станками с ЧПУ, удаленными в пределах цеховой площадки.

Она состоит из:

1. Компьютера с сетевой платой,
2. Линий связи,
3. Станков с контроллером на борту.

Возможно подключение к одному компьютеру до 250 станков с различными типами стоек ЧПУ (2C42-65, 2C42-61, H33, H22, HЦ31, MC2109, CNC-600, CNC-432, Siemens, Bosch, Fanuc и др.). Система обеспечивает возможность одновременной загрузки программ на все стойки, включенные в сеть. Максимальный размер загружаемой управляющей программы определяется стойкой станка ЧПУ;

Процедура загрузки программ состоит в:

- составлении запроса на программу. На пульте оператора заводится технологическая программа из одного кадра, в котором указано имя запрашиваемой программы,
- выдаче запрошенной программы на перфоратор или канал RS232C стандартной командой стойки,
- установке стойки в режим ввода технологической программы с фотосчитывателя или с канала RS232C стандартной командой стойки.

Процедура выгрузки программы из стойки состоит в простой выдаче программы в интерфейсный канал стандартной командой стойки.

Достоинства системы:

- система позволяет изготавливать сложные детали с объемом управляющей программы в несколько Мегабайт на станках с малой памятью благодаря автоматической подзагрузке очередной части программы в станок,
- также система поддерживает блочный режим станков (покадровая подкачка программы, по мере ее отработки стойкой),
- имеет средства тестирования всех составных элементов,
- позволяет заказчику обслуживанию силами своих специалистов,
- система проста и надежна в эксплуатации.

Применение системы позволило:

- существенно улучшить характеристики устройств ЧПУ без их дорогостоящей замены – подключение к компьютеру устройств ЧПУ класса NC (например, H22, H33), не имеющих памяти для хранения УП, позволяет использовать для этого память компьютера;
- увеличить производительность труда за счет увеличения в 8-10 раз скорости загрузки УП;
- Полностью исключить из обращения перфоленту и расходы, связанные с ее использованием;

Служба технологов получила возможность: унифицировать систему программирования для всей номенклатуры станков с ЧПУ; устанавливать уровень доступа опера-

торов станков к УП (полный доступ или запрет редактирования); осуществить контроль за правильностью изменений в УП, которые производят операторы станков; создавать библиотеки УП для каждого станка.

Операторы ЧПУ получили возможность: находить и загружать с пульта ЧПУ нужную УП из памяти IBM PC; работать с библиотеками программ, корректоров и нулей; редактировать и сохранять УП в памяти IBM PC с пульта ЧПУ.

Служба наладки систем ЧПУ получила возможность: исключить затраты, связанные с ремонтом ФСУ и перфораторов.

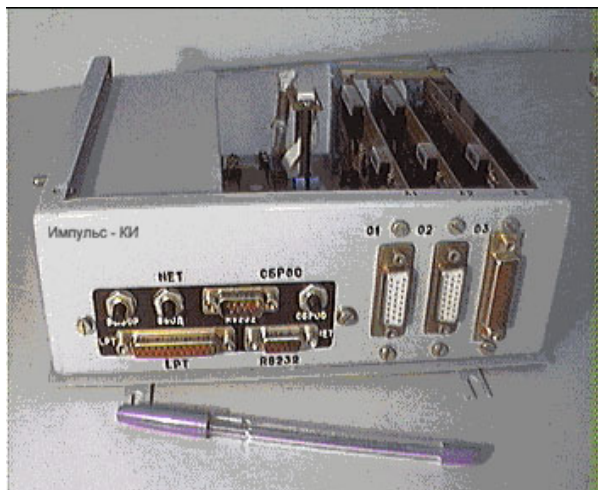


Рис. 1. Микроконтроллер “Импульс-КИ”

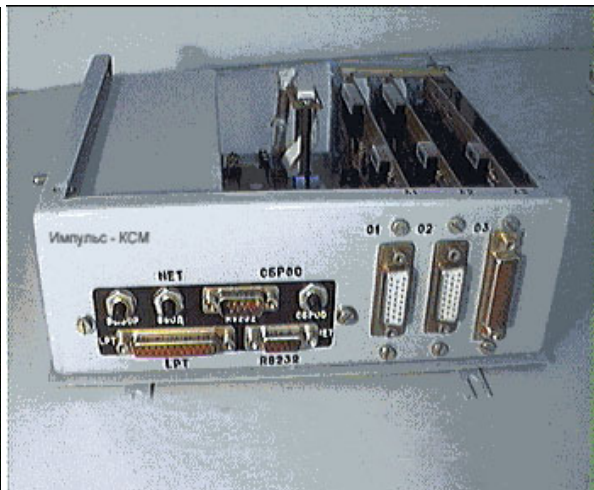


Рис. 2. Микроконтроллер “Импульс-КСМ”

В сетевой системе загрузки управляющих программ в станки с ЧПУ используются следующие технические средства:

1. Микроконтроллер “Импульс-КИ” для загрузки управляющих программ в стойки ЧПУ с каналом последовательного интерфейса из ПЭВМ IBM PC через сеть.
2. Микроконтроллер “Импульс-КСМ” для загрузки управляющих программ в стойки ЧПУ с каналом интерфейса с фотосчитывателем и перфоратором из ПЭВМ IBM PC.

Микроконтроллеры (микроконтроллер Импульс-КИ и микроконтроллер Импульс-КСМ) устанавливается в стойку станка ЧПУ. Они подключаются к системе ЧПУ через канал последовательного интерфейса или фотоканал (перфоратор считыватель). Далее они подключаются к компьютеру IBM PC через информационный сетевой канал (сеть). В ПЭВМ IBM PC в слот PCI (есть вариант для слота ISA) устанавливается карта “Адаптер сети”. Сеть представляет собой 2-х проводное кольцо из обычного телефонного провода (витая пара), в пределах цеха расстояние между станками и ПЭВМ не ограничено.

Количество станков в одном кольце, ориентированных на загрузку с одного компьютера, не ограничено.

**Список литературы:** 1. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами: Пер. с англ./ Под ред. Б.Р. Левина,– М.: Радио и связь, 1989. – 392 с. 2. Муценек К.Я. Автоматизация сборочных процессов.– Ленинград. Машиностроение. 1969 – 108 с.

## РАЗРАБОТКА САПР ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК

Онуфриенко А.А., Коваленко В.И. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Одним из наиболее производительных методов обработки является использование многоинструментальных наладок, что сокращает время на изготовление детали. Особенностью указанного метода применительно к токарной обработке является необходимость определения общей для всей наладки частоты вращения шпинделя. Ввиду актуальности указанного вопроса расчетом многоинструментальных наладок исследователи занимаются в течение длительного времени [1-4].

Рассмотрим вопрос о целесообразности разработки САПР для разработки многоинструментальных наладок для станков-автоматов и полуавтоматов.

Допроизводственная подготовка производства занимает довольно большое количество времени. От момента поступления на завод заказа на производство до внедрения решений в производственный процесс проходит довольно большое количество времени. Этот процесс может растянуться даже не на недели – на месяцы. Сокращение этого времени может существенно увеличить общую производительность производства на выполнение данного заказа. Использование разрабатываемой САПР позволит существенно сократить время на допроизводственную подготовку (по произведенным расчетам на ОАО «Точмаш» примерно на 15-20%).

С другой стороны нахождение оптимальных режимов резания с помощью проектируемой САПР для каждого конкретного случая обработки заготовки с помощью многоинструментальных наладок на многосуппортных многошпиндельных станках-полуавтоматах и автоматах позволяет сократить не только потери на износ инструмента, но и оптимизировать производственный процесс во времени.

В общем выгоды использования разрабатываемой САПР очевидны:

1. Сокращение практически на 20% времени на допроизводственную подготовку производства;
2. Сокращение потерь времени и уменьшение преждевременного износа инструмента при обработке.

Для определения частоты вращения шпинделя, общей для наладки инструментов, используются различные методики. В соответствии с методикой [4] частота вращения шпинделя определяется из условия обеспечения наибольшей производительности с использованием аналитических зависимостей; подразумевается, что все инструменты, входящие в наладку, имеют одинаковую характеристику инструментального

материала (в аналитической зависимости «стойкость  $T$  - скорость резания  $V$ »  $T = \frac{C}{V^\mu}$  показатель степени  $\mu = \text{const}$ ).

По методике [4] вычисляется экономически обоснованная, общая для наладки, частота вращения шпинделя. Основные положения этой методики даны также для случая  $\mu = \text{const}$ ; для наладок с различными характеристиками инструментального материала ( $\mu = \text{var}$ , например,  $\mu_1, \mu_2$ ) методом подбора определяется единая для наладки значение  $\mu_{\text{общ}}$ . В настоящей работе разработана программа для определения частоты вращения шпинделя, общей для наладки инструментов с различными характеристиками инструментального материала; при этом количество групп инструментов с одинаковым показателем  $\mu$ , входящих в общую наладку, практически не ограничено.

Рассмотрим последовательность определения экономически обоснованной (общей для наладки) частоты вращения шпинделя вначале для случая  $\mu = \text{const}$ , а затем рассмотрим особенности расчета для случая  $\mu = \text{var}$ .

Для выполнения расчета необходимо иметь схему обработки детали с использованием многоинструментальной наладки, а также конструктивно-технологические характеристики обрабатываемых поверхностей: диаметры и длины поверхностей, значения глубин резания, характеристики инструментального материала (значения  $\mu$ ), нормативные стойкости режущих инструментов и т.п.

Расчет общей для наладки частоты вращения шпинделя для случая  $\mu = \text{const}$  выполняется в следующей последовательности (пункты 1 – 4 выполняют для каждого  $i$ -го инструмента наладки; остальные пункты расчета относятся к наладке в целом).

- 1) Определяют частоту вращения шпинделя, соответствующую скорости  $V_{100}$  ( $V_{100}$  – скорость резания, которая соответствует стойкости инструмента, равной 100 мин.):

$$n_{100i} = \frac{1000 \cdot V_{100i}}{\pi \cdot D_i}, \quad (1)$$

где  $D_i$  – диаметр обрабатываемой поверхности.

- 2) Пропорциональный износу инструмента (при  $V_{100i}$ ) расчетный коэффициент:

$$W_{100i} = \left( \frac{1000}{n_{100i}} \right)^{\mu}. \quad (2)$$

- 3) Коэффициент резания:  $\lambda_i = \frac{L_{rezi}}{L_{cyn}}, \quad (3)$

где  $L_{rezi}$  – длина резания  $i$  – го инструмента;

$L_{cyn}$  – ход суппорта.

- 4) Фактическое время обработки каждой из поверхностей:

$$t_{rezi} = T_{ni} \cdot \lambda_i, \quad (4)$$

где  $T_{ni}$  – нормативная стойкость.

- 5) Фактическое значение коэффициента, пропорционального износу инструмента:

$$W_i = W_{100i} \cdot \frac{t_{rezi}}{100}. \quad (5)$$

- 6) После вычисления вышеприведенных параметров определяют коэффициент, пропорциональный суммарному износу всех инструментов наладки:

$$W_{\Sigma\mu} = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (6)$$

где  $n$  – количество инструментов в наладке.

- 7) Вычисляют общую для наладки частоту вращения шпинделя:

$$n_{\text{общ.}} = \frac{1000}{(W_{\Sigma\mu})^{1/\mu}}. \quad (7)$$

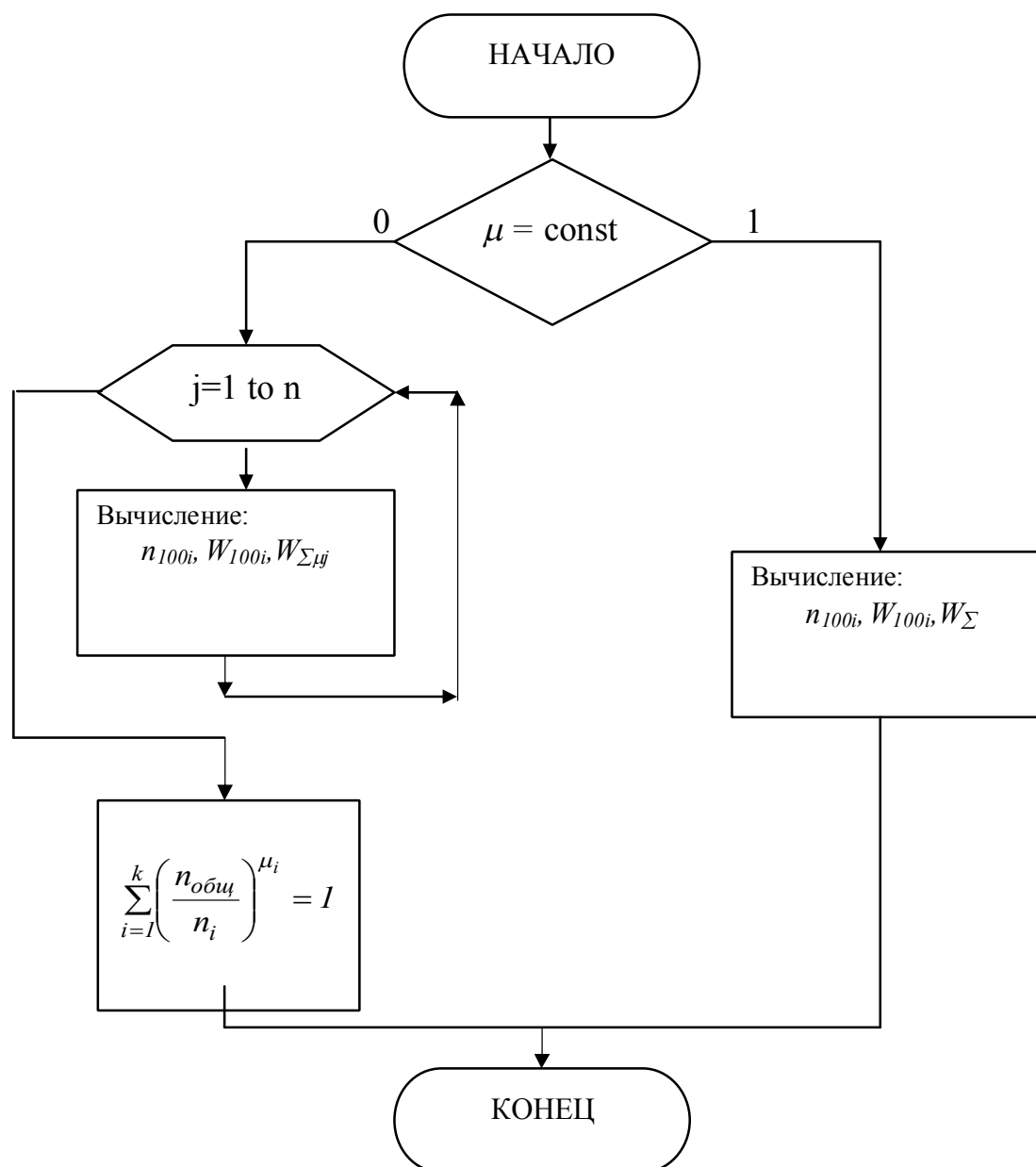


Рис. 1. Блок-схема программы

Расчет общей для наладки частоты вращения шпинделя для случая  $\mu = \text{var}$  выполняется в следующей последовательности. Все инструменты, входящие в наладку, подразделяются на группы таким образом, чтобы в каждой группе находились инструменты с одинаковым значением показателя степени  $\mu$ . Далее, для групп инструментов с одинаковым  $\mu$ , таким же образом, как и для случая с  $\mu = \text{const}$ , находится общее для данной группы расчетное значение частоты вращения шпинделя  $n_1, n_2, \dots, n_j$ . Затем определяют общую для инструментальной наладки (то есть для всех групп инструментов) частоту вращения шпинделя  $n_{\text{общ}}$ , используя нижеследующую аналитическую зависимость:

$$1 = \left( \frac{n_{\text{общ}}}{n_1} \right)^{\mu_1} + \left( \frac{n_{\text{общ}}}{n_2} \right)^{\mu_2} + \dots + \left( \frac{n_{\text{общ}}}{n_i} \right)^{\mu_i}, \quad (8)$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_j$  – частота вращения  $j$ -й группы инструментов с постоянным  $\mu$ .

Разработанная программа (на языке программирования Turbo Pascal) компоновка которой приведена на рис. 1, позволяет выполнять расчет общей для инструментальной наладки частоты вращения шпинделя  $n_{общ}$  для любого из возможного вариантов: с одинаковыми и различными характеристиками инструментального материала.

В последнем случае (то есть для  $\mu = var$ ) частота вращения шпинделя  $n_{общ}$  определяется по выражению (8) методом подбора. Запуск программы осуществляется файлом andr.exe. После ввода исходных данных (количество резцов, диаметры обрабатываемых поверхностей, скорости резания  $V_{100}$ ) производится определение частоты вращения шпинделя, фактическое время обработки каждой из поверхностей, фактическое значение пропорционального износу инструмента коэффициента и другое. После анализа частот вращения шпинделя  $n_1, n_2, \dots, n_j$  производится автоматическое определение предельных (минимальной  $n_{min}$  и максимальной  $n_{max}$ ) частот.

С определенным шагом (в цикле) выполняются вычисления до тех пор, пока не будет получена заданная точность получаемого результата. Для этого вычисляется безразмерная величина  $A$ :

$$\sum_{i=1}^k \left( \frac{n_{общ}}{n_i} \right)^{\mu_i} = A, \quad (9)$$

где  $k$  – количество групп инструментов с различными  $\mu$ ;

$n_i$  – частота вращения шпинделя при данном  $\mu_i$ .

На каждом шаге вычислений определяется отклонение (по модулю) величины  $A$  от 1:

$$Y = |A - 1|. \quad (10)$$

Величина отклонения  $Y$  сравнивается с допустимой погрешностью вычислений  $\varepsilon$ :

$$Y \leq \varepsilon. \quad (11)$$

В качестве окончательного значения принимается частота вращения шпинделя, для которой вычисленная погрешность  $Y$  минимальна и меньше заданной погрешности  $\varepsilon$ .

**Список литературы:** 1.. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с. 2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с. 3. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. М.: Машиностроение, 1973. 640 с. 4. Темчин Г.И. Многоинструментные наладки. Теория и расчет. Машгиз. М.: 1963 – 544с.

## АДАПТИВНІ СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КЕРУВАННЯ ВІБРОМАШИНАМИ

**Чубик Р.В.** (каф. АКМ, НУ “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна)

Для дослідження режимів руху вібраційних машин та транспортерів, актуальним є створення гнучких адаптивних інформаційних систем на основі персонального комп'ютера.[1] З інформаційної точки зору така система дасть змогу провести спектральний аналіз коливань вібросистеми.Проводити визначення кореляційної функції для

діагностики вібромашин на наявність мікротріщин в пружній системі вібромашини, на послаблення закріплення гвинтів пружин вібросистеми. . За допомогою запропонованої системи можна проводити аналіз руху вібротранспортера в залежності від закону зміни напруги на електромагнітних віброзбудниках.

Перевагою адаптивних систем керування можна вважати те, що їх застосування виключає доволі трудомісткий і довготривалий процес налагодження пружної системи на дорезонансний режим роботи з промисловою частотою (50Гц) або кратними їй частотами 12.5, 25 Гц. Тому метою даної роботи і є розробка такої системи. В зв'язку із розвитком сучасної вібротехніки виникає потреба в адаптивних системах керування для одержання максимально ефективних режимів роботи, а також для забезпечення стабільної продуктивності при зміні маси завантаження вібромашини або вібротранспортера. Використання адаптивних систем керування дасть змогу зменшити споживану потужність електромагнітного віброзбудника за рахунок того що, при зміні маси завантаження вібромашини міняється частота живлення електромагнітного віброзбудника, і тим самим постійно зберігається до резонансне відлагодження вібросистеми, яке в свою чергу забезпечує найбільш ефективний режим роботи. Для керування електромагнітом вібромашини доцільно використовувати мікропроцесор [2] або мікроконтролер із застосуванням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [3]. Застосування ШІМ дає можливість отримувати синусоїдальний сигнал великої потужності та різної частоти. Доцільність використання широтно-імпульсно модульованої синусоїди також обумовлена тим, що аналіз зміни коефіцієнта нелінійних спотворень (гармонік) сигналу ( $Kh$ ), що живить віброзбудник на частотах (0...50Гц) не перевищує 5% рис.1 [4]. Дане значення коефіцієнту нелінійних спотворень (гармонік) не буде негативно впливати на ефективність роботи вібромашини.

Для того, щоб спростити принципову схему системи керування електромагнітними віброзбудником за допомогою ШІМ, зменшити її собівартість та габарити, пропонується вилучити блок стабілізації та фільтрів живлення комутаторів ШІМ із системи керування. Як наслідок такого вилучення, вихідний сигнал (синусоїду) отримуємо промодельовану імпульсами ШІМ та додатково по амплітуді пульсаціями джерела живлення. Для зменшення амплітудної модуляції від джерела живлення пропонується використовувати трифазну промислову мережу із застосуванням 2-х півперіодної мостової схеми, для трифазного струму (схема Ларіонова). Дослідження коефіцієнту нелінійних спотворень (гармонік) синусоїдального сигналу, що подається на віброзбудник  $U_{ШІМ}^{real}(t)$  рис.2 [5] при живленні комутаторів ШІМ від схеми Ларіонова без фільтрів показує, що вилучення даних блоків із системи керування вібромашиною не вносить суттєвих ( $Kh$  менше 5%) нелінійних спотворень (гармонік) у сигнал яким живиться віброзбудник. На рис.2 також зображено зміну  $Kh$  для живленні комутаторів ШІМ від ідеального джерела живлення  $U_{ШІМ}^{test}(t)$ .

Для керування амплітудою коливань вібромашини, віброзбудник якої живиться ШІМ синусоїдою доцільно використовувати зміну шпаристості двополярного прямокутного сигналу.

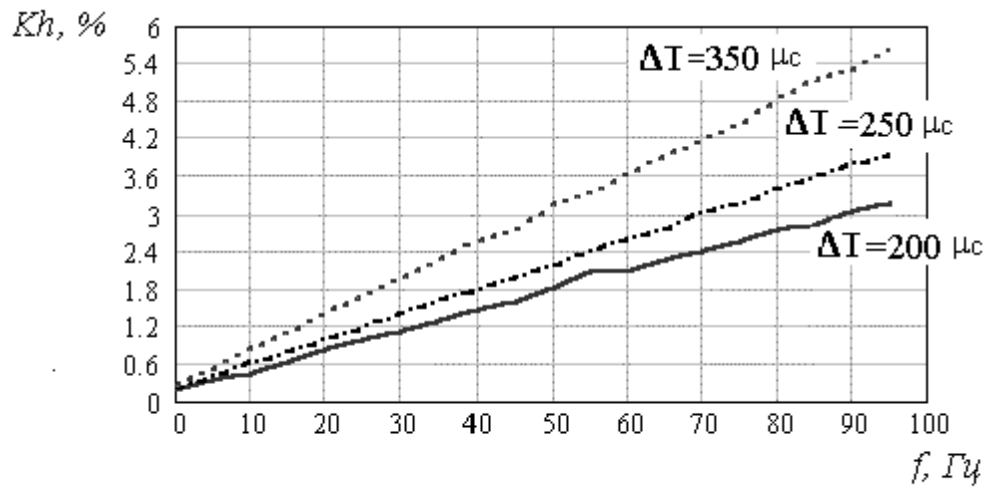


Рис.1 Зміна коефіцієнту нелінійних спотворень при зміні тривалості мікроперіода  $\Delta T$  ШІМ синусоїди.

Так як в кожному мікроперіоді ( $\Delta T$ ) ШІМ формується два різнополярні імпульси, співвідношення тривалостей яких відповідає значенню модульованого сигналу у відповідний момент часу. То для того, щоб не змінилося дане співвідношення слід зменшувати тривалості імпульсів на однакову кількість відсотків. На рис.3 зображено як змінюється значення діючої напруги  $U_d$  при зміні шпаристості  $Sk$  двополярного прямокутного сигналу рис.4, значення шпаристості подане у відсотках від половини періоду  $T$ .

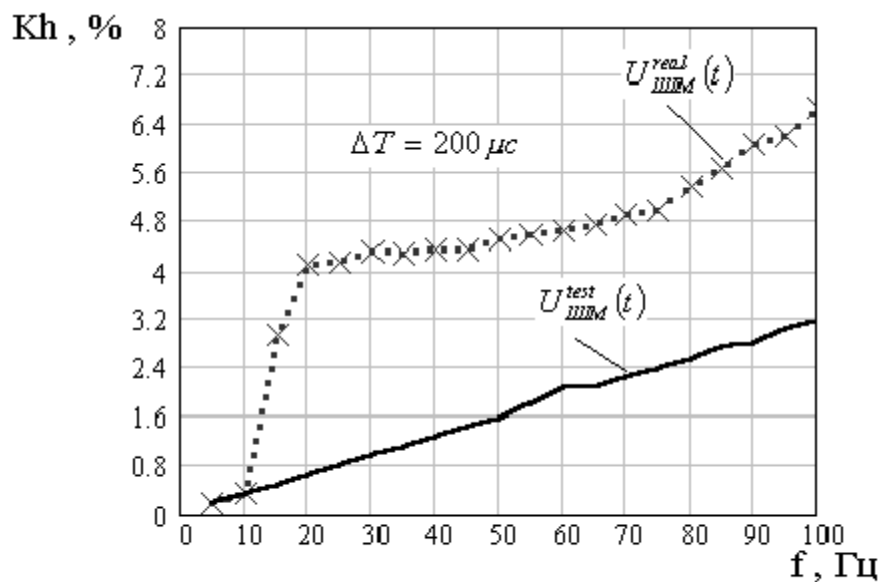


Рис.2 Залежність зміни коефіцієнту нелінійних спотворень при вилученні блоку фільтрів комутатора ШІМ



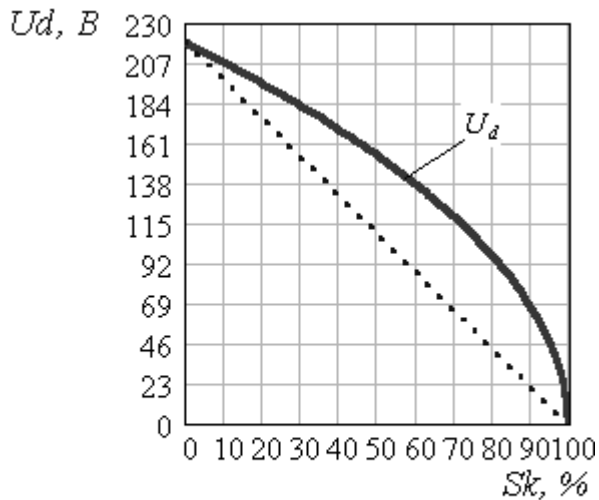


Рис.3 Залежність зміни діючої напруги  $U_d$  від зміни шпаристості  $Sk$

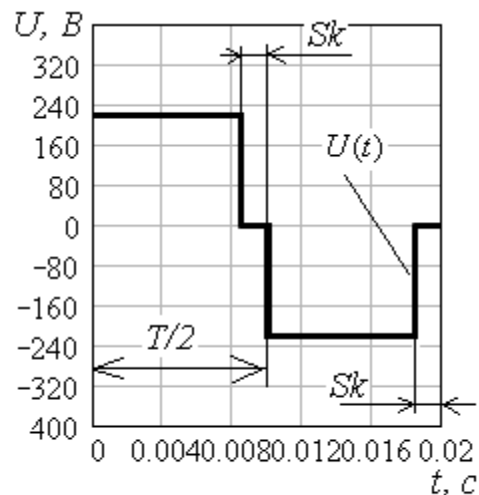


Рис.4 Двополярний прямокутний сигнал  $U(t)$  із шпаристістю  $Sk = 10\%$

**Висновок** Завдяки застосуванню адаптивних систем керування та дослідження можна вибирати оптимальні режими руху вібротранспортера стосовно швидкості переміщення, споживання електроенергії, проводити її діагностику, на ранніх стадіях прогнозувати майбутні неполадки, створювати швидко перенастроювані та самонастроювані системи керування. Тому, завдяки своїм перевагам адаптивні системи керування на базі ШІМ повинні прийти на зміну тиристорним та симісторним системам керування, які на даному етапі широко застосовуються у вібротехніці. Метою вище проведених досліджень являється розробка таких систем та їх подальше впровадження.

**Список літератури:** 1. Таянов С.А., Чубик Р.В. “Система для дослідження режимів руху вібротранспортера за допомогою комп’ютерного моделювання форми напруги на електромагнітному вібробуднику” // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні”, 2002. -№467. - С.49-52. 2. Стрепко І.Т.,Тимченко О.В., Дурняк Б.В. Проектування систем керування на однокристальних мікро ЕОМ. Київ, Видавництво “Фенікс” 1998. - 285. 3. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник для вузов. - М.: Машиностроение. 1990. – 304. 4. Гаврильченко О.В. Таянов С.А. Чубик Р.В. “Аналіз похибки форми та частоти при формуванні синусоїдального сигналу з допомогою ШІМ для системи керування вібротранспортером”// Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні”.2003. 5. Гаврильченко О.В. Таянов С.А. Чубик Р.В. “Аналіз коефіцієнту нелінійних спотворень синусоїдального сигналу системи керування ШІМ вібротранспортером при відсутності фільтрів живлення”// Український міжвідомчий науково-технічний збірник “Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні”.2003. -№38.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СИЛОВОГО ДАТЧИКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ

Вицко А. В., Горобец И.А. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Одним из направлений дальнейшего совершенствования парка современного металлорежущего оборудования с ЧПУ является оснащение его адаптивными системами управления, позволяющих учитывать входные и выходные параметры технологического процесса механической обработки деталей. Одним из важных элементов такой системы являются датчики мгновенных значений усилий резания.

Датчик состоит из совокупности измерительных преобразователей, рис.1.

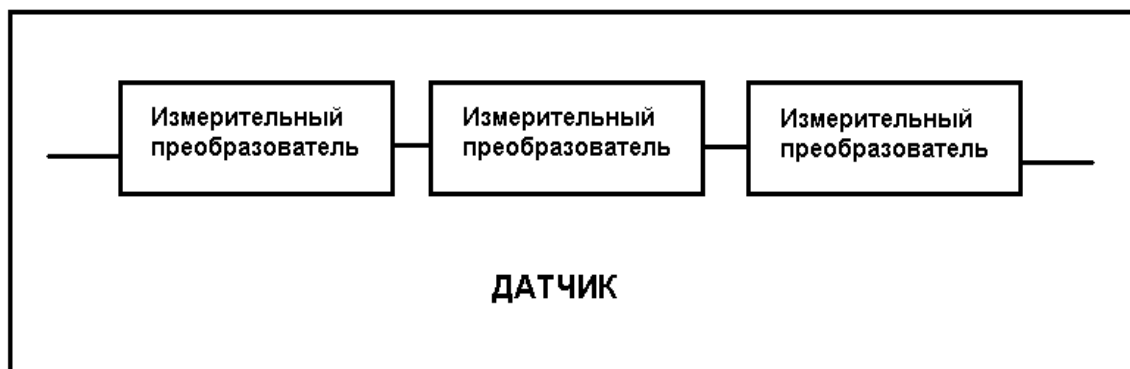


Рис. 1. Структура датчика обратной связи

Задача измерительного преобразователя – переводить одну физическую величину в другую. В каждом измерительном преобразователе используется какая-либо физическая закономерность, функционально связывающая одну физическую величину с другой. Для такой связи используют различные физические явления [1]:

- тензорезистивный эффект;
- пьезоэлектрический эффект;
- эффект изменения электрической емкости;
- эффекты, которые основаны на электромагнитных явлениях;
- эффект изменения частоты;
- эффект наведения электрического заряда.

Рассматривая физические процессы во всех известных измерительных преобразователях, можно в каждом случае установить связь между выходной и входной величинами:

$$Y_{\text{вых}} = f(X_{\text{вх}})$$

Отношение изменения выходной величины к изменению входной получило название – чувствительность измерительного преобразователя.

$$S_i = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Чувствительность датчика в этом случае:

$$S_{\partial} = \prod_{i=1}^n S_n$$

В машиностроении хорошие зарекомендовали себя тензорезисторные преобразователи. Основой тензорезисторных датчиков является тензоэффект: при изменении длины проволоки (проволочный тензорезистор) или фольги (ленточный фольговый тензорезистор) изменяется ее сопротивление.

Особенностью датчиков силы является малые величины деформации порядка 0,1 – 0,2% и для этих пределов погрешность тензорезисторов, гистерезис, нелинейность становятся минимальными, что позволяет повышать чувствительность датчиков.

Структурная схема любого тензорезисторного датчика силы представляет собой последовательное соединение трех измерительных преобразователей, рис.2.



Рис. 2. Структурная схема тензорезисторного датчика силы

Интерес представляет собой также механическая часть датчика – упругий элемент и в особенности его место расположения в объекте управления (или исследования).

Применительно к использованию адаптивной системы управления металлорежущим станком, например, токарным, расположить датчик в зоне резания (т.е. на инструментальной головке) не представляется возможным. Особенность работы резцедержателя такова, что при повороте головки будет менять свое положение и измерительная цепь датчика. В этом случае конструкция датчика требует, нежелательного компонента – токосъемника, который внесет нестабильность работы адаптивной системы регулирования из-за наличия нестабильного сопротивления подвижных и неподвижных частей токосъемного устройства.

Одним из путей решения вопроса эффективного использования тензодатчика является его размещение на стыке узлов резцедержателя и корпуса резцедержателя. В случае модернизации токарных станков модели 16К20Ф3 и аналогичных конструкций в качестве упругого элемента датчика может служить правая полумуфта узла привода поворотного резцедержателя, рис.3.

Левая полумуфта узла привода поворотного резцедержателя сцепляется с правой полумуфтой. При действии силы резания возникает крутящий момент, и левая полумуфта воздействует на правую. Зубья правой полумуфты испытывают напряжения изгиба. Этот изгиб возможно измерить посредством тензорезисторов.

Наиболее простой конструкцией упругого элемента является полумуфта с прорезью в зубе на щеку которой установлен тензорезистор, рис.4. Эта конструкция работает при условии, что все зубья полумуфты находятся в зацеплении.

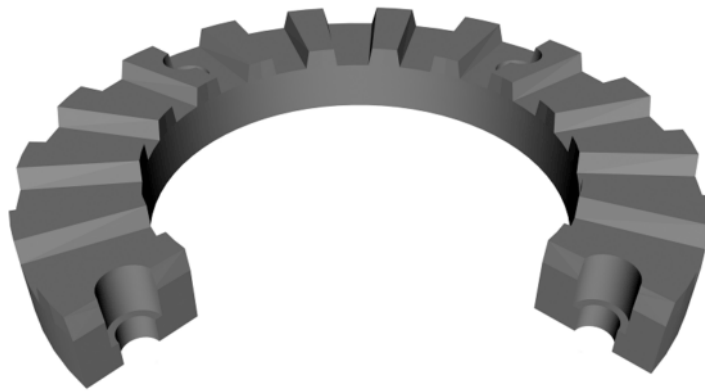


Рис. 3. Правая сцепная полушестерня резцедержателя

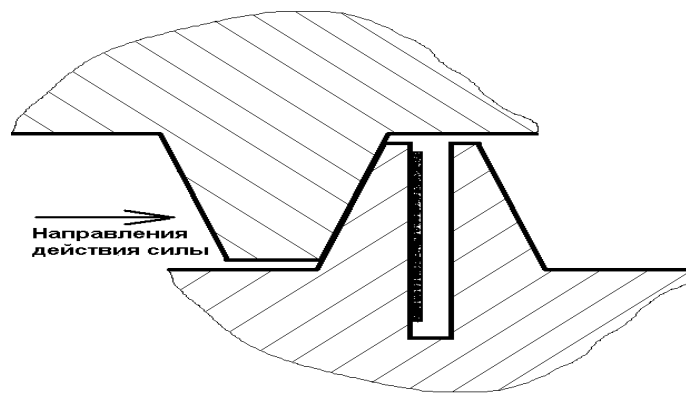


Рис. 4. Схема установки тензорезистора на щеку прорези зуба

Однако такая конструкция упругого элемента применима лишь при проведении экспериментальных исследований. При частом повороте головки зубья полушестерней изнашиваются. В этом случае нельзя говорить о полном взаимодействии всех зубьев.

Изменяя конструкцию правой полушестерни, в качестве упругого элемента целесообразно использовать корпус муфты, рис.5.

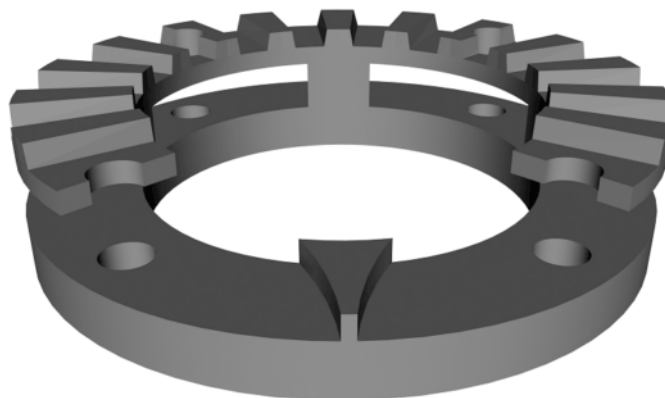


Рис. 5. Правая полушестерня резцедержателя, используемая в качестве упругого элемента датчика

Предлагаемая конструкция датчика и установка тензорезисторов позволит использовать настоящий датчик в системе адаптивного управления, рис.6.

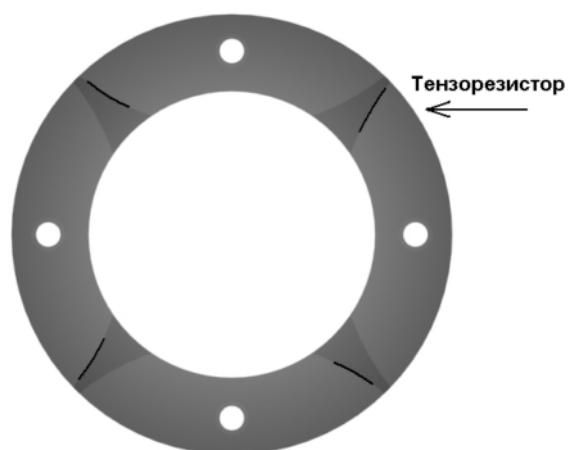


Рис. 6. Схема установки тензорезисторов на прорези корпуса правой полумуфты

В качестве измерительной системы можно использовать стандартную мостовую систему измерения [2], рис. 7.

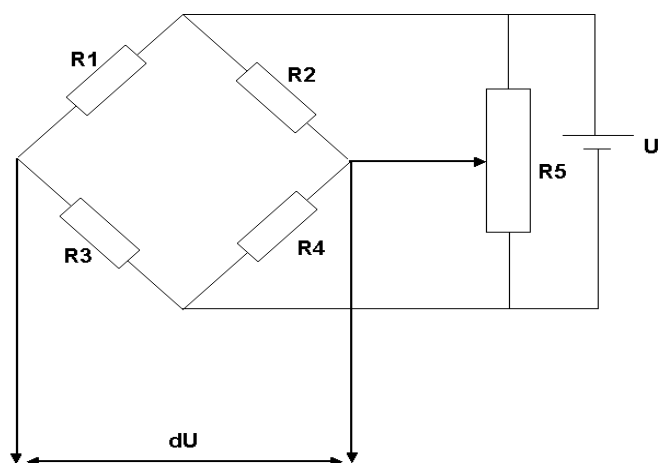


Рис. 7. Мостовая измерительная система датчика

**Список литературы:** 1. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. А. П. Осадчего. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с. 2. Болтян А. В., Горобец И. А. Теория инженерных исследований: Учебное пособие. – Севастополь: «Вебер», 2001. – 139 с., ил.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Горобец И.А., Вицко А. *(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)*

Современным направлением совершенствования металлорежущих станков, с целью повышения их производительности, долговечности и снижения себестоимости изготовления деталей, является оснащение их средствами адаптивных систем управления [1,2].

Обработка на металлорежущих станках протекает при непрерывном изменении условий резания и параметров динамической системы СПИД. Имеют место колебания припуска [3], следовательно, глубины резания, свойств обрабатываемого материала, меняются силы внешнего возмущения, меняются трибопараметры системы. В настоящее время, теоретические описания процессов, происходящих при обработке резанием, получены эмпирически на основании статистической обработки результатов экспериментов для наиболее типичных случаев резания при использовании соответствующих допущений. Эти зависимости не учитывают всего многообразия факторов, действующих в реальных условиях в каждый данный момент времени. Это не позволяет составить программу механической обработки заготовки на металлорежущих станках с ЧПУ. Кроме этого, недостатком металлорежущих станков с ЧПУ является то, что в результате программирования траектории перемещения инструмента и режимы резания являются жесткими, строго предписанными характеристиками. Это приводит к снижению производительности, так как при программировании не могут быть учтены особенности обработки каждой детали, и расчет программы ведется по средним статистическим данным, причем исходные граничные условия должны выбираться по наилучшим вариантам.

Стремление преодолеть эти недостатки привело к появлению нового типа систем управления, которые позволяют оптимизировать процесс обработки каждой детали благодаря использованию текущей информации по параметрам, определяющим условия и качество процесса резания. Такую информацию получают с помощью датчиков обратной связи в ходе осуществления процесса резания.

структура системы оптимального управления процессом резания можно представить в виде следующих составляющих (рисунок 1).

Задача датчика обратной связи сообщать системе сравнения о действительных параметрах процесса резания. Система сравнения сопоставляет действительные параметры с оптимальными и передает сопоставления системе адаптивного регулирования. Система адаптивного регулирования вырабатывает сигналы регулирования для системы приводов. Также существуют информационные связи между системой оптимизации режимов резания, системой адаптивного регулирования и системой управления станком (ЧПУ).

В качестве системы оптимизации режимов резания используем метод линейного программирования [1], который довольно хорошо зарекомендовал себя в системах управления. Типичная задача линейного программирования связана с поиском экстремума целевой функции (в нашем случае производительность) в линейном виде при наличии системы ограничений на управляемые переменные, выраженные также в виде линейных зависимостей.

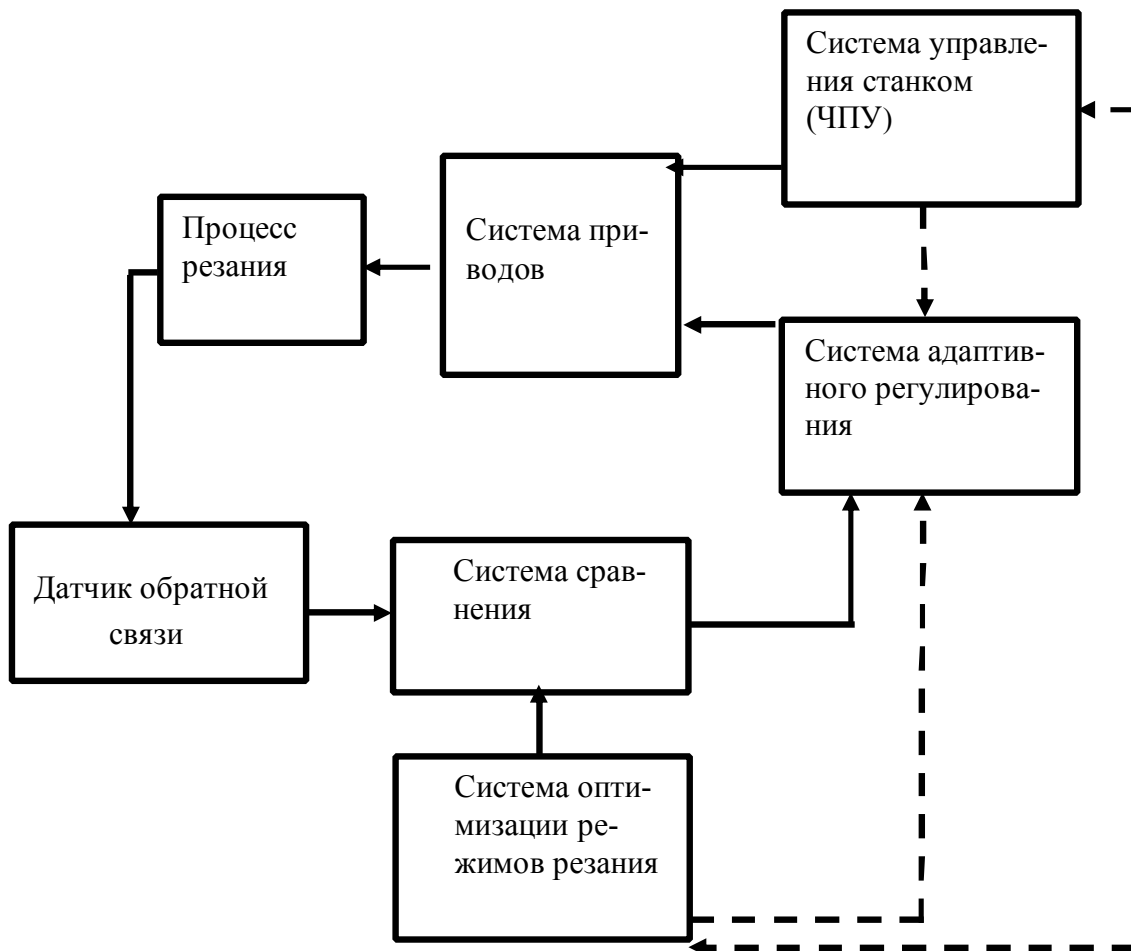


Рис. 1. Структура системы оптимального управления процессом резания

Для оптимизации режимов резания она трансформируется в задачу отыскания таких значений технологических параметров, которые доставляли бы максимальное значение производительности.

Исходными данными для системы оптимизации являются параметры системы СПИД. Выходными данными – оптимальные параметры режимов резания, которые система оптимизации сообщает системе управления станком (ЧПУ), системе сравнения и адаптивного регулирования.

С целью моделирования процесса резания и отыскания оптимальных параметров регулирования адаптивной системы управления в качестве примера были приняты следующие исходные данные и допущения:

Станок - токарно-винторезный мод. 16К20Ф3;

Приспособление – трехкулачковый самоцентрирующий патрон с гидрозажимом;

Инструмент – резец токарный сборный проходной с механическим креплением шестигранной пластины из твердого сплава Т15К6 (с параметрами:  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $c = 5mm$ ;  $b * h = 25 * 25mm$ ;  $T = 60min$ .);

Параметры заготовки – штамповка, сталь 40X; диаметр обрабатываемой поверхности - 25мм., длина -50мм. Условия выполнения операции – операция выполняется в один переход, припуск на обработку  $2Z=2,2$  мм.

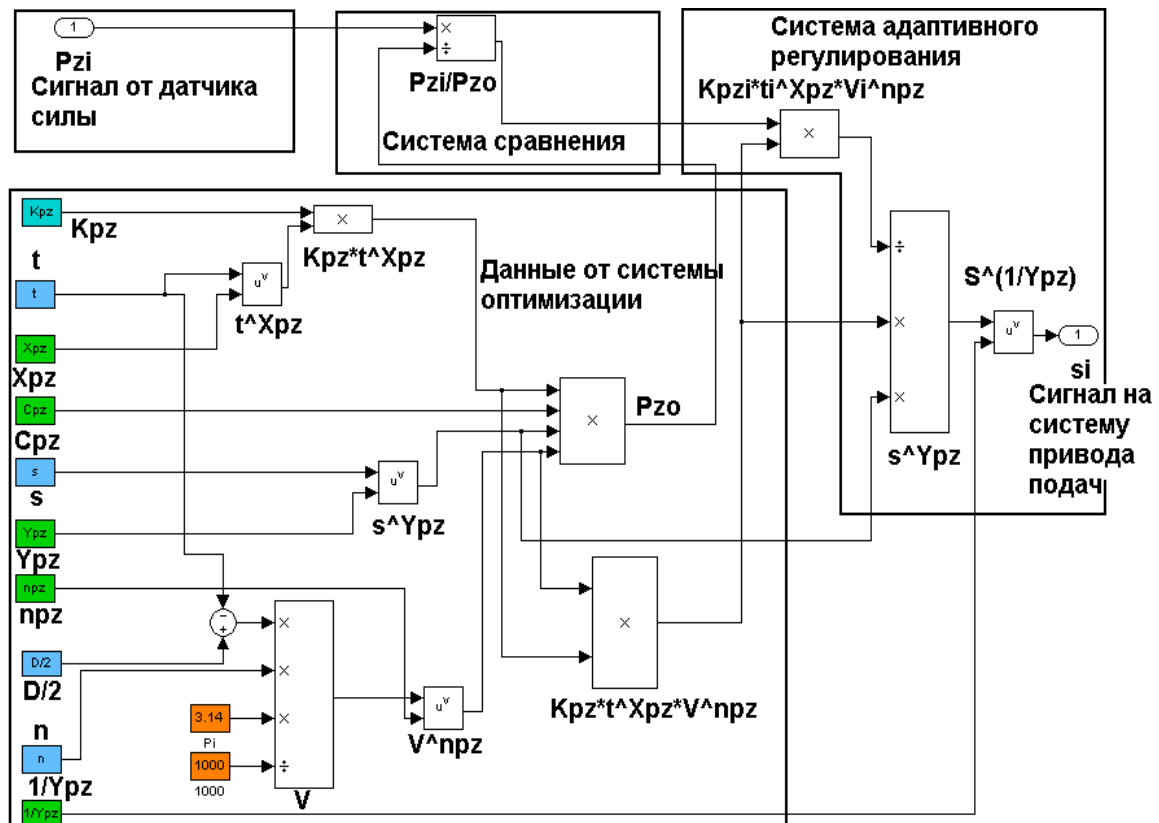


Рис. 2. модель системы сравнения и адаптивного регулирования

↗ - положение оптимальных режимов резания. Синяя область – область допустимых значений режимов резания.

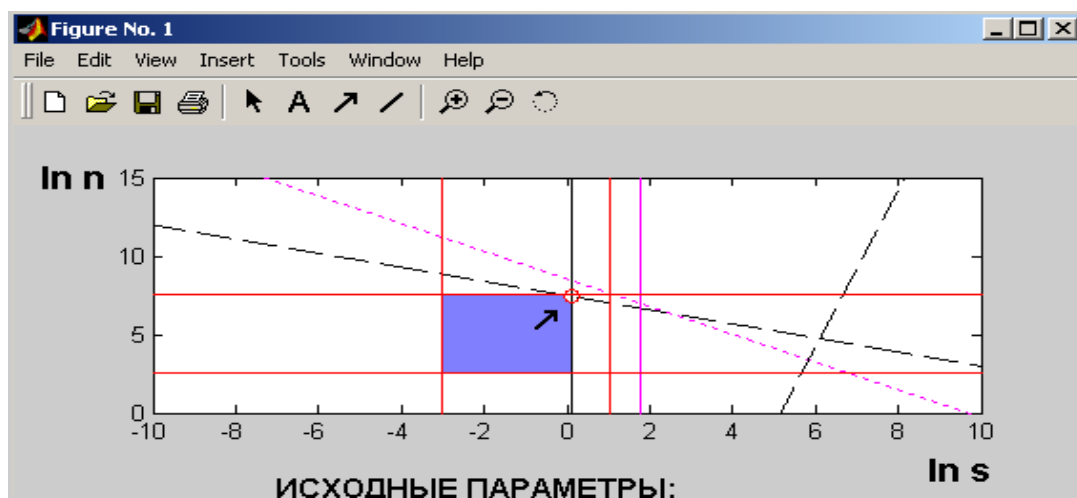


Рис. 3. Результаты оптимизации параметров резания



Моделирование процесса резания осуществлялось в среде MATLAB. Модель системы сравнения и адаптивного регулирования приведена на рис.2.

Результаты отыскания оптимума представим в графическом виде, рис.3. Заданием на систему сравнения являются оптимальная сила и фактическая сила резания (определенная датчиком). Результатом моделирования является задание на систему привода подачи, но так как привод имеет определенную инертность то действительное значение подачи, которое участвует в процессе резания, будет отличаться от подачи, которую вырабатывает адаптивная система (см. рисунок 5).

С помощью программного пакета SIMULINK весь процесс адаптивного управления можно смоделировать (рис. 6).

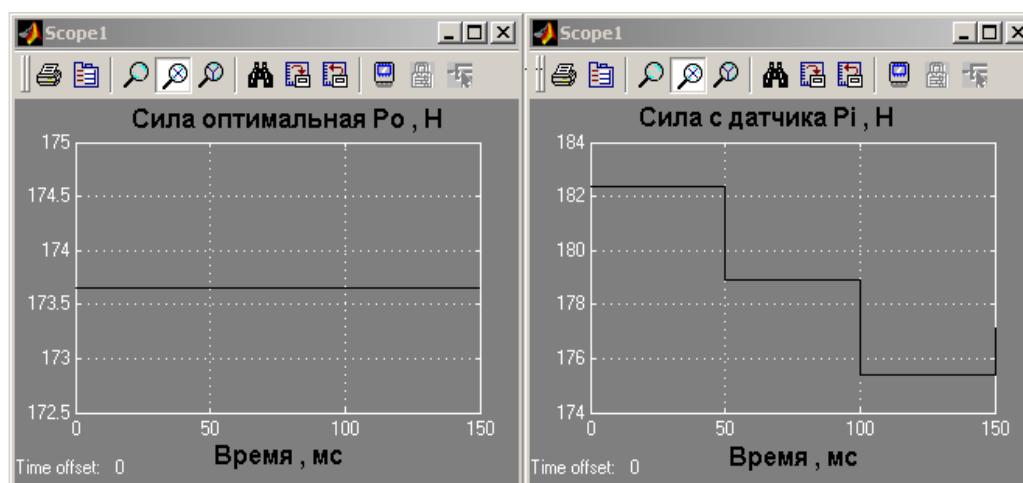


Рис. 4. Входные сигналы на систему сравнения

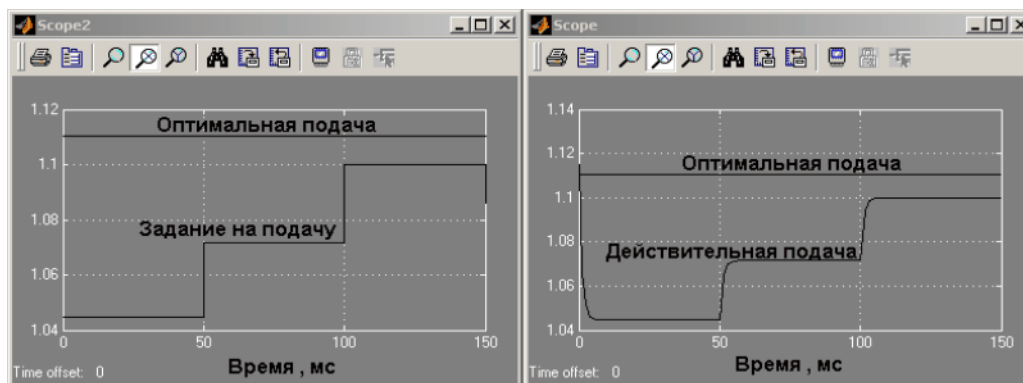


Рис. 5. Результаты моделирования

В результате моделирования определим силу резания после адаптивного управления процессом резания на металлорежущем станке (рисунок 7). Исходя из анализа результатов моделирования адаптивной системы управления токарным станком, можно сделать вывод о наличии устойчивой детерминированной составляющей силы резания (в стационарном режиме работы станка). Стабилизация усилий резания позволит повысить производительность черновой обработки за счет повышенных режимов резания, повысить стойкость инструмента, снизить время на переточку и поднастройку инструмента

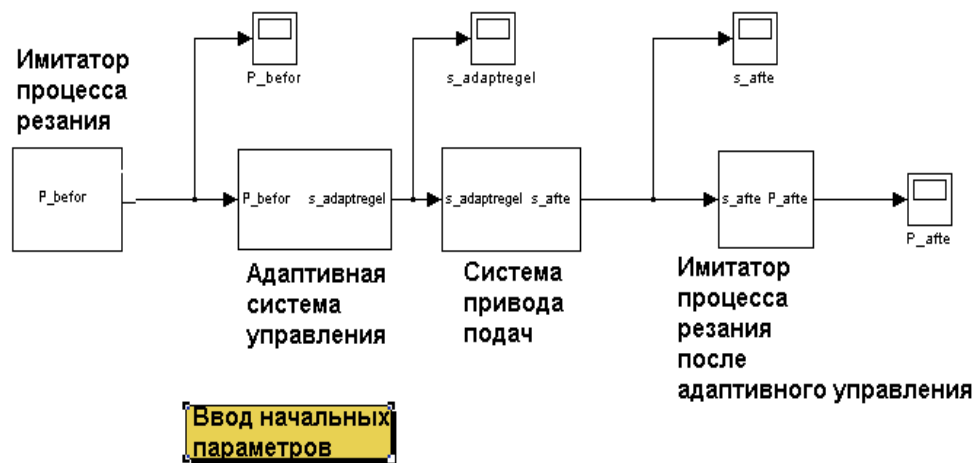


Рис.6. Модель процесса адаптивного управления.

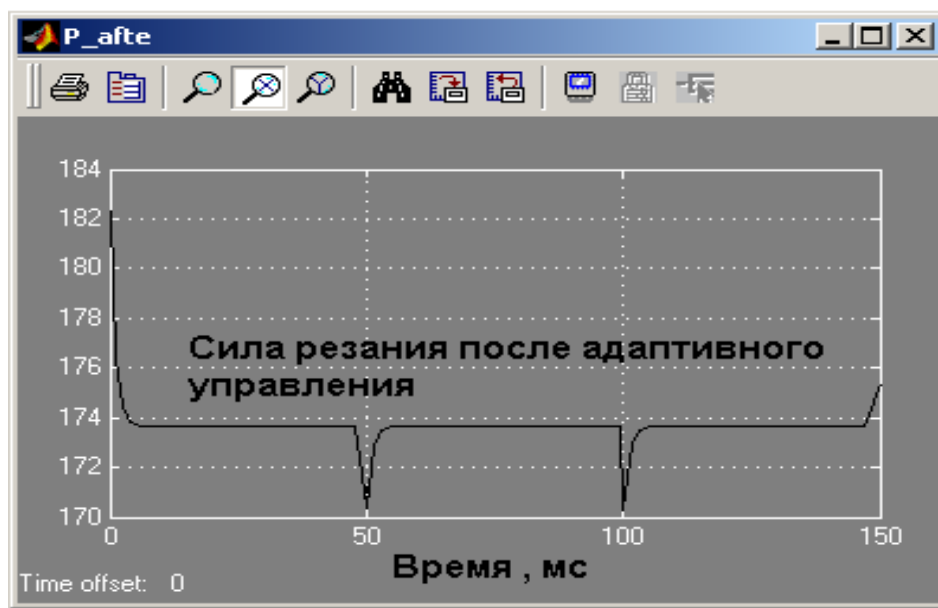


Рис.7. Сила резания после адаптивного управления

**Список литературы:** 1. Оптимизация и управление процессом резания: Учеб. пособие / О. С. Кроль, Г. Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с. 2. Горобец И.А., Шабан К. Параметры регулирования адаптронных систем токарных станков – Материалы Третьего Международного научно-практического семинара “Практика и перспективы развития институционального партнерства”. В 2-х кн.. – Таганрог, ТРТУ, кн.2, 2002, №2 – с.47-52. 3. Gorobec I., Golubov N. Adaptronsysteme in der Werkzeugmaschine für die spanabhebende Formung – Entwicklungsmethoden und Entwicklungsprozesse im Maschinenbau. 5 Magdeburger Maschinenbau-Tage.- Berlin, Logos-Verl.,2001,-S.45-51.