

Структура и принципы работы интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ

Некрасов Р.Ю., Стариков А.И., Соловьев И.В., Бекарева О.В.
ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Институт промышленных технологий и инжиниринга, Тюмень,
e-mail: syncler@mail.ru, e-mail: hapsai@rambler.ru, e-mail: aragorn89_89@mail.ru,
e-mail: kafedra_tm@tsogu.ru

В статье рассмотрена проблема повышения точности обработки изделий машиностроения на станках с ЧПУ. Авторами предложено решение данной проблемы путём обеспечения ввода оперативных коррекций в управляющую траекторию движения исполнительных органов станка. Обоснована необходимость создания математических моделей процессов диагностики технологической системы «станок-приспособление-инструмент-заготовка». На основе проведенного исследования авторами предложена обобщённая схема диагностики и оперативного ввода коррекций и примерные математические модели отдельных процессов диагностики.

Ключевые слова: математическая модель, диагностика, автоматизированная технологическая система операций, размерная точность, станки с ЧПУ.

STRUCTURE AND WORKING PRINCIPLES OF INTELLIGENT SYSTEMS A PROCESS CONTROL ON CNC MACHINES

Nekrasov R.Y., Starikov A.I., Soloviev I.V., Bekareva O.V.
Tyumen State Oil and Gas University, Institute of industrial technologies and engineering,
Tyumen

The article deals with the problem of increasing precision engineering products on CNC machines. The authors proposed a solution to this problem by providing input operational adjustments to control the trajectory of the Executive bodies of the machine. The necessity of the creation of mathematical models of technological processes of diagnostics system «machine-fixture-tool-workpiece». Based on the study, the authors proposed a general scheme of diagnostics and surgical input, corrections and approximate mathematical models of individual processes of diagnostics.

Keywords: mathematical model, diagnostics, automated manufacturing system operations, dimensional accuracy, CNC machines

В настоящее время в области обработки изделий машиностроения, реализуемой на оборудовании, использующем числовое программное управление (ЧПУ), достигнут некоторый предельный уровень точности обработки, так минимальная дискретность перемещения исполнительных органов для большинства современных станков, составляет 1 мкм, а некоторые из них способны осуществлять перемещения в величинах менее микрона. Дальнейшее повышение точности обработки, реализуемой на оборудовании с ЧПУ, за счёт уменьшения минимально возможной дискреты перемещения исполнительных органов становится невозможным из-за ограничений, накладываемых как самой физикой процесса резания металлов на микронном и субмикронном уровне, так и реальным состоянием оборудования. Например, на микронном и субмикронном уровне критическим становится влияние погрешностей, вызываемых в оборудовании воздействием: силовых нагрузок, тепловых потоков и износом режущей части инструмента, приводящих к изменению формы и пространственного положения, как исполнительных органов станка, так и обрабатываемой детали. В подавляющем большинстве случаев разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ ведётся либо с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), либо осуществляется встроенными средствами моделирования,

непосредственно на панели управления ЧПУ. Надо заметить, что при этом и САПР и панель управления ЧПУ работают с математической моделью обрабатываемой детали, режущего инструмента и оборудования, а любая математическая модель представляет собой некий идеализированный объект, подвергшийся в той или иной степени упрощению. В данном случае упрощаются физико-механические свойства объектов, которые представляются САПР как абсолютно жесткие, не подвергнутые воздействию тепловых потоков и не претерпевающих изнашивания. Следовательно, погрешности, возникающие в технологической системе при реализации управляющих программ (УП), созданных с помощью средств САПР или панели управления ЧПУ, будут унаследованы обрабатываемой деталью. Предотвратить возникновение в технологической системе погрешностей при реализации УП невозможно в силу самой физической природы объектов составляющей таковую, следовательно, остается путь преобразования управляющей траектории (УТ), таким образом, чтобы были скомпенсированы погрешности технологической системы.

Широкое распространение в современном механообрабатывающем производстве станков с ЧПУ приводит к появлению еще одной проблемы, требующей решения – снижение качества продукции производимой технологической системой в процессе эксплуатации. Дело в том, что любой материальный объект подвержен такому явлению, как старение, т.е. постепенному ухудшению его первоначальных характеристик. Технологическая система не является исключением из этого правила, она также подвержена ухудшению своих эксплуатационных характеристик со временем, причем этот процесс протекает тем быстрее, чем интенсивнее используются возможности технологической системы. Одной из главных эксплуатационных характеристик технологической системы является ее способность обеспечивать требуемую размерную точность и качество обрабатываемой поверхности при минимальных производственных затратах. Ухудшение способности технологической системы обеспечивать требуемую размерную точность, связано со многими физическими явлениями, протекающими в процессе эксплуатации. В качестве основных факторов, вызывающих старение технологической системы, можно выделить следующие:

- изнашивание в процессе эксплуатации трущихся поверхностей элементов технологического оборудования;
- погрешности пространственного положения отдельных элементов технологического оборудования;
- тепловые деформации;
- изменение геометрических параметров режущего инструмента;
- различные виды поломок.

Данные факторы не оказывают влияние по отдельности, независимо друг от друга, но действуют одновременно, тем самым значительно ухудшая эксплуатационные характеристики технологической системы, в условиях постоянно повышающихся требований предъявляемых научно-техническим прогрессом к качеству изделий машиностроительного производства, необходимо обеспечить минимизацию воздействия, оказываемого неблагоприятными факторами на технологическую систему.

Несмотря на выявленную проблему снижения размерной точности в процессе эксплуатации оборудования, станки с ЧПУ являются важнейшей частью технологической системы современного машиностроительного производства. Следовательно, необходимо искать пути решения данной проблемы. С целью повышения размерной точности обработки на станках с ЧПУ, предлагается обеспечить оперативный ввод коррекций в УТ перемещения исполнительных органов станка, позволяющий компенсировать погрешности технологической системы, возникающие в процессе её работы. Из определения термина

технологическая система следует, что это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций. Данное определение даёт нам обобщённое представление о том, что же такое технологическая система, к тому же из определения не совсем ясна степень автоматизации, выполняемых системой технологических процессов или операций. Поэтому важно разграничить понятия технологических систем, там где используется универсальное оборудование и там где используется оборудование с ЧПУ. Введём понятие автоматизированной технологической системы операций (АТСО). АТСО – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства, исполнителей и интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций, за минимально возможное машинное время и при наименьших затратах материальных и человеческих ресурсов. В общем виде структуру автоматизированной АТСО можно представить в виде нейронной схемы изображенной на рисунке 1.

Предложенная структура АТСО не является полной и исчерпывающей (элементы из которых состоит АТСО приведены в таблице 1), но достаточной, чтобы подойти к вопросу математического моделирования и разработке математических моделей различных процессов протекающих в ней и необходимых для разработки интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ.

Таблица 1

Элементы составляющие АТСО

Символ	Наименование элемента АТСО
M	Автоматизированная технологическая система операций (АТСО – ИСДУ)
P	Предмет производства (труда)
P_1	Множество физико-механических свойств материала предмета производства (труда)
P_2	Множество геометрических параметров предмета производства (труда)
W	Исполнители работ по технологической подготовке производства
W_1	Наладчик технологического оборудования и оснастки
W_2	Оператор технологического оборудования
A	Множество средств технологического оснащения
A_1	Технологическая оснастка
A_{1_1}	Множество приспособлений и средств технологической оснастки
A_{1_2}	Множество средств инструментального обеспечения
A_2	Технологическое оборудование
A_{2_1}	Металлорежущий станок
A_{2_2}	Множество средств обеспечения работоспособности инструмента
B	Технические средства автоматизированной системы управления технологическим процессом (ТСАСУ ТП)
B_1	Система средств диагностики
B_2	Система обработки данных диагностики
B_3	Система определения параметров коррекций
B_4	Система числового программного управления станком (CNC)

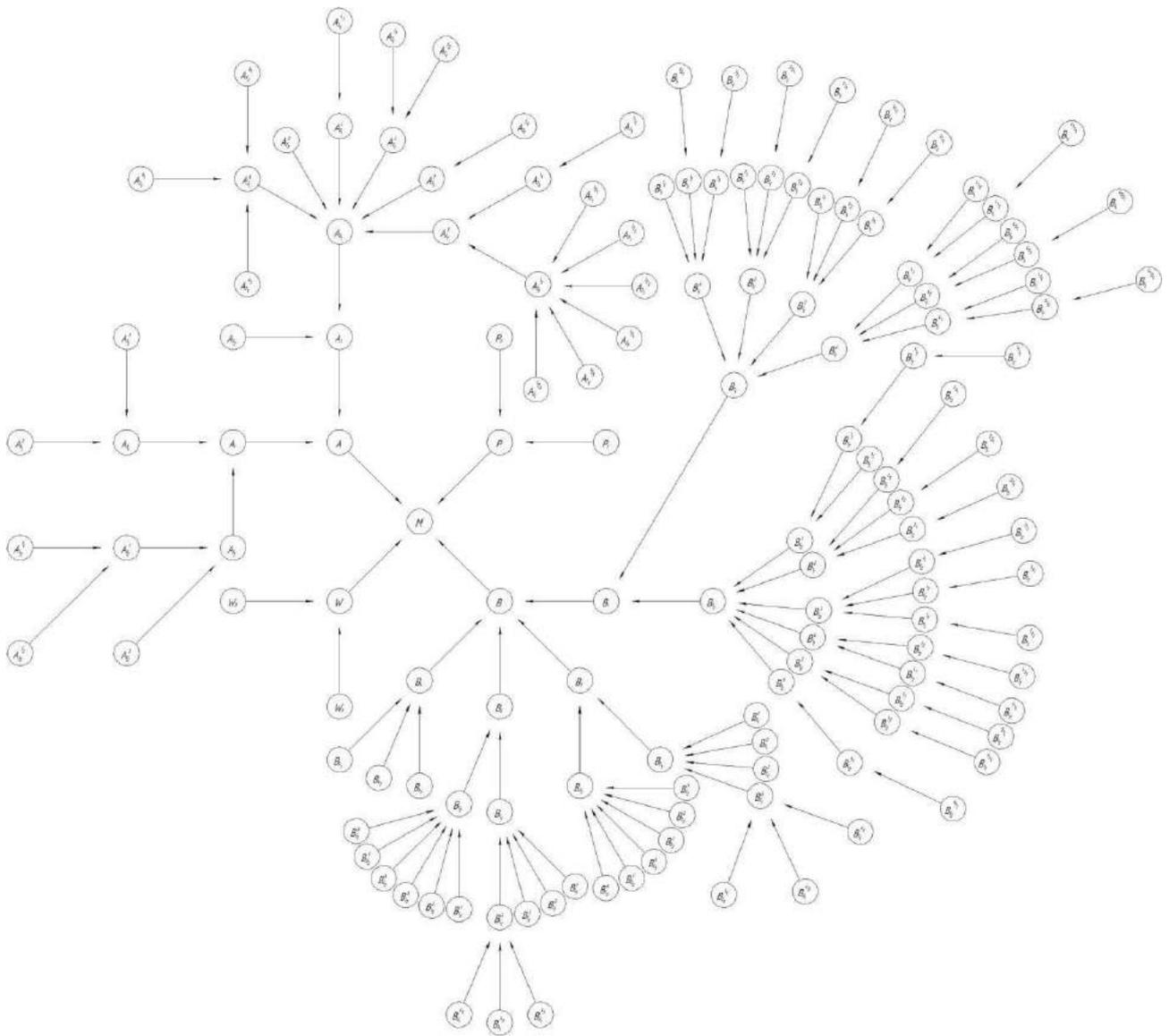


Рис. 1. Нейронная схема представления интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ

В ходе исследования на экспериментальной установке, изображенной на рисунке 2, возможности создания интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ, осуществлялось силовое нагружение исполнительных органов с целью моделирования погрешностей, возникающих в технологической системе из-за воздействия сил резания, приводящих к отклонению расположения поверхностей обрабатываемой детали, развороту револьверной головки и изменению пространственного положения суппорта. Выяснилось, что полученные в ходе исследования отклонения расположения элементов технологической системы, приводящие к формированию погрешностей обработки, коррелируются с действующими силами резания.



Рис. 2. Экспериментальная установка на базе токарного станка с ЧПУ

По результатам исследования также было отмечено, что ядром интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ, должен являться диагностический модуль, осуществляющий выполнение процессов диагностики состояния АТСО. При этом процессы диагностики, как следует из рисунка 3, целесообразно разделять на предварительные и оперативные, что обеспечивает снижение трудоемкости наладки конкретных технологических систем и соответствует требованиям, предъявляемым к реализации гибких технологий обработки.

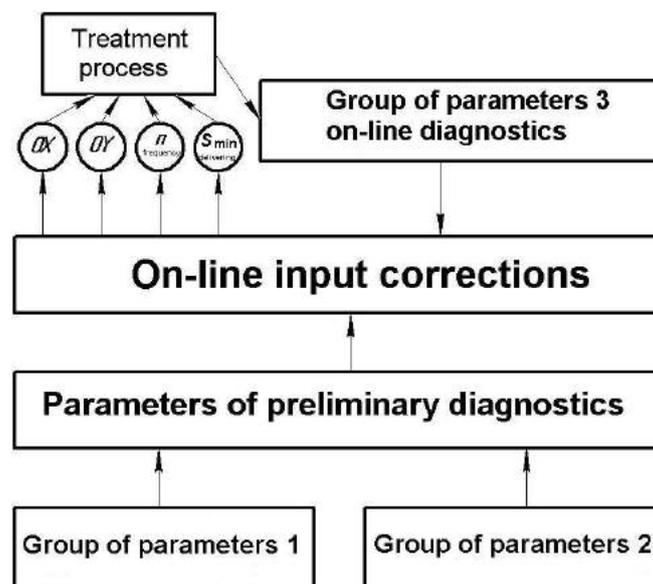


Рис. 3. Взаимосвязь параметров процессов диагностики и управления

Из данной схемы видно, что выделяется три основные группы параметров:

– группа параметров 1, представляет собой параметры предварительной диагностики, служащие для определения величин оперативных коррекций в процессе обработки для всех и всяких деталей и инструмента.

– группа параметров 2, представляет собой параметры предварительной диагностики, служащие для определения величин оперативных коррекций в процессе обработки для конкретной детали и инструмента

– группа параметров 3, представляет собой параметры текущей оперативной диагностики, служащие для определения величин, их суммирования и ввода оперативных коррекций в процессе обработки по траекториям перемещений инструмента и режимам резания.

Данная обобщенная схема диагностики состояния технологической системы позволяет вплотную подойти к вопросу математического моделирования процессов диагностики. Математическая модель автоматизации процесса диагностики не является адекватной процессу диагностики, выполняемому человеком. Математическая модель содержит черты, присущие машинному процессу, и сохраняет основные черты процесса, выполняемого человеком. В данной статье предлагаются математические модели, и их словесное описание, диагностики состояния технологической системы, написанные с помощью языка математической логики и её раздела логики предикатов. В данной статье, в качестве примера, предлагается математическая модель (1) диагностики отклонения поверхностей конструктивных элементов детали под действием силы резания возникающей в АТСО во время обработки, написанной с помощью языка математической логики и её раздела логики предикатов.

$$\forall M \exists B_{1_2}^2 \in \left(\left((P \subset A_{1_1}^1) \in (B_{1_2}^{2_2} \supset B_{1_2}^{2_1}) \right) \in (B_{1_2}^{2_1} \supset B_{1_2}^{2_1}) \right) \rightarrow (B_{1_2}^{2_3} \in B_{1_2}^{2_3})$$

$$M = A \supset P \supset W \supset B$$

$$B_{1_2}^{3_2_1} = \{x \in N, F(x)\};$$

$$F(x) = x_1 \cdot q^{n-1};$$
(1)

Читается: для множества АТСО (\underline{M}), включающих множество средств технологического оснащения (\underline{A}), множество предметов производства (труда) (\underline{P}), множество исполнителей работ (\underline{W}) и множество технических средств автоматизированных систем управления технологическим процессом (\underline{B}) – существует множество систем средств диагностики изменения пространственного положения ($\underline{B_{1_2}^2}$) предмета труда (\underline{P}) установленного в технологическое оснащение ($\underline{A_{1_2}^1}$), нагружаемого с помощью устройства ($\underline{B_{1_2}^{2_2}}$) множеством грузов ($\underline{B_{1_2}^{2_1}}$), измеряемых устройством ($\underline{B_{1_2}^{2_1}}$), включающим щуп ($\underline{B_{1_2}^{2_1}}$), регистрируемых прибором ($\underline{B_{1_2}^{2_3}}$) множество отклонений ($\underline{B_{1_2}^{2_3}}$) пространственного положения. Или с точки зрения инженера: диагностика автоматизированной технологической системы операций, состоящей из средств технологического оснащения, предмета производства (труда), исполнителей работ и технических средств автоматизированной системы управления технологическим процессом, по определению изменения пространственного положения заготовки относительно оси OZ при ее нагружении составляющей силы резания P_Z заключается в следующем: на заготовку установленную в приспособлении воздействуют с помощью устройства, имитирующего действие составляющей силы резания P_Z , измерительное устройство, расположенное с противоположной стороны, включающее щуп, определяет величину отклонения, записываемое регистрирующим устройством.

Предложенные подходы к математическому моделированию процессов протекающих в АТСО позволяют решить проблему создания интеллектуальной

системы управления обработкой на станках с ЧПУ и, следовательно, снижения размерной точности механической обработки на станках с ЧПУ в результате явления старения. Решение данной проблемы обеспечит уменьшение производственных затрат, связанных с технологической подготовкой производства изделий машиностроительной продукции.

Список литературы

1. Гениатулин, А.М. Голографический метод исследования деформированного состояния элементов сборных резцов // Оптико-геометрические методы исследования деформаций и напряжений и их стандартизация. – Горький: НТО Машпром, 1982. – С. 83-84.

2. Ломова О.С. Математическое моделирование структурных изменений в поверхностях заготовок при тепловых возмущениях в процессе шлифования // Омский научный вестник, №2-120, г. Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОМГТУ, 2013. – С. 95-98.

3. Петрушин С.И., Бобрович И.М., Корчуганова М.А. Оптимальное проектирование формы режущей части лезвийных инструментов: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 91 с.

4. Полетика М. Ф., Утешев М.Х. Исследование процессов резания поляризационно-оптическим методом // «Известия Томского политех. института». – 1964. – Т 114. – С. 15.

5. Тахман С.И. Закономерности процесса изнашивания и основы прогноза износостойкости инструментов из стандартных твердых сплавов. Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. Тахман С.И. – 2010. – № 3. – С. 64-72.

6. Шаламов В.Г. Математическое моделирование при резании металлов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮжУрГУ, 2007.

7. Янюшкин, А.С., Сафонов С.О., Лобанов Д.В. и др. Совершенствование технологических процессов машиностроительных производств. – Братск: Изд-во БрГУ, 2006. – 302 с.

8. A.I. Afonarov, A.A. Lasukov, Elementary Chip Formation in Metal Cutting, Russian Engineering Research. – 3 (2014). – pp. 152–155.