

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ОБРАБОТКОЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ**
MODELING OF TECHNOLOGY PROCESSES OF DIAGNOSTICS
AND CONTROL OF NC WORKING

Р. Ю. Некрасов, У. С. Путилова, А. И. Стариков, И. В. Соловьев, К. В. Кусков
R. Yu. Nekrasov, U. S. Putilova, A. I. Starikov, I. V. Soloviev, K. V. Kuskov

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: моделирование технологических процессов; числовое программное управление; прочность режущего инструмента; диагностика технологического оборудования
Key words: modeling of technology processes; numerical program control; strength of the cutting tool; diagnostics of technological equipment

Современное машиностроительное производство является разносерийным и многономенклатурным с частой сменой выпускаемых изделий. Выпускаемая продукция характеризуется повышенной конструктивной сложностью, большим числом оригинальных и уникальных конструкторских решений, реализация которых сопровождается высокими требованиями к качеству, надежности и ресурсу изделий. Повышение конструктивной сложности, качества изделий, быстрое их обновление наблюдается повсеместно во всех машиностроительных областях. Первостепенное значение имеет широкое и эффективное осуществление гибкой автоматизации в машиностроении – базовой отрасли, определяющей уровень, темпы и пропорции развития всей экономики. Его наиболее актуальные задачи — обеспечение конкурентоспособности продукции и высоких темпов ее обновления, повышение производительности труда, ресурсосбережение – не могут быть успешно решены без использования экономического и технологического потенциала средств гибкой автоматизации [1].

Развитие автоматизации производства связано с комплексной автоматизацией технологических процессов, базирующейся на применении оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), робототехнических комплексов, гибких производ-

ственных систем (ГПС), а также систем автоматизированного проектирования (САПР) и других автоматизированных систем управления производством.

ГПС — совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. Эта совокупность обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Основу составляет высокопроизводительное технологическое оборудование, а именно станки с ЧПУ, средства механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных и транспортно-складских работ, автоматизирования инструментального обеспечения и контроля, средств вычислительной техники и программного обеспечения [2].

В настоящее время в области обработки изделий машиностроения на станках с 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 на станках с ЧПУ за счет уменьшения дискретности перемещения исполнительных органов становится невозможным из-за ограничений, накладываемых физикой процесса резания металлов на микроном и субмикронном уровнях. Например, на микроном и субмикронном уровнях очень сильным становится влияние погрешностей, вызываемых в технологической системе «станок — приспособление — инструмент — заготовка» воздействием силовых нагрузок, температурных полей и износом режущей части инструмента, приводящих к изменению формы и пространственного положения исполнительных органов станка и самой заготовки. В подавляющем большинстве случаев разработка управляющих программ для станков с ЧПУ ведется либо с использованием САПР, либо осуществляется встроенными средствами моделирования, непосредственно на панели управления ЧПУ. Надо заметить, что при этом и САПР, и панель управления ЧПУ работают с абстрактной идеализированной математической моделью обрабатываемой детали и квазижесткой технологической системой, не претерпевающей в процессе обработки резанием деформаций и изменений пространственного положения исполнительных органов. Следовательно погрешности, возникающие при реализации управляющих программ, созданных с помощью средств САПР или панели управления ЧПУ на реальной технологической системе, будут унаследованы обрабатываемой деталью [3, 4].

С целью повышения точности обработки на станках с ЧПУ предлагается обеспечить оперативный ввод коррекций в управляющую траекторию перемещения исполнительных органов станка, позволяющий компенсировать погрешности самой технологической системы и обработки, возникающие в процессе резания. Для того чтобы вплотную подойти к вопросу обеспечения оперативного ввода коррекций, необходимо иметь стройные математические модели определения величин погрешностей, возникающих в технологической системе. Математическая модель, рассматривающая содержание явления, позволяет абстрагироваться от всех несущественных свойств, характеризующих изучаемое явление. В нашем случае в роли изучаемого явления будет выступать процесс диагностики состояния технологической системы, позволяющий определять величины возникающих погрешностей. Таким образом, математическая модель должна описать свойства процесса диагностики из расчета построения математического описания задач диагностики, пригодного для синтеза алгоритмов. Для определения процедур решения задач необходимо найти такие свойства диагностики, которые позволят выразить ее программным путем. Группой авторов предложена методология математического моделирования процессов диагностики состояния технологической системы на примере токарных станков с ЧПУ.

В ходе исследования на экспериментальной установке (рис. 1) осуществлялось силовое нагружение исполнительных органов (принципиальная схема изображена на рис. 2) с целью моделирования погрешностей, которые возникают в технологической системе из-

за воздействия сил резания, приводящих к отжатию обрабатываемой детали, развороту револьверной головки и изменению пространственного положения суппорта.



Рис. 1. Экспериментальная установка на базе токарного станка с ЧПУ

Выяснилось, что отклонения расположения элементов технологической системы, полученные в ходе исследования с помощью экспериментального прибора (рис. 3), приводят к формированию погрешностей обработки и коррелируют с действующими силами резания.

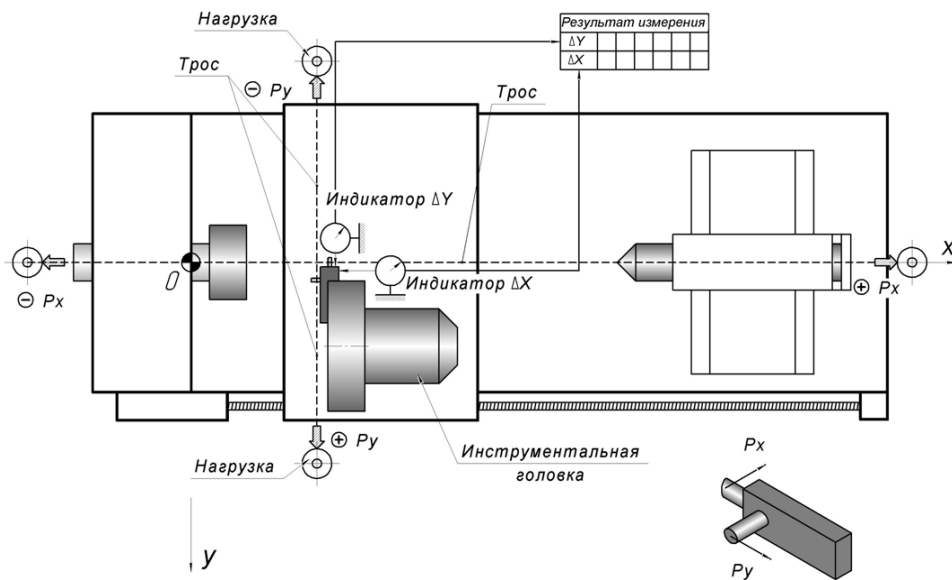


Рис. 2. Схема диагностики отклонений расположения инструмента при его нагружении в ТС станка с ЧПУ

По результатам исследования было отмечено, что процессы диагностики состояния технологической системы и приводов целесообразно разделять на предварительные и

оперативные, что обеспечивает снижение трудоемкости наладки конкретных технологических систем и соответствует требованиям, предъявляемым к реализации гибких технологий обработки [5].

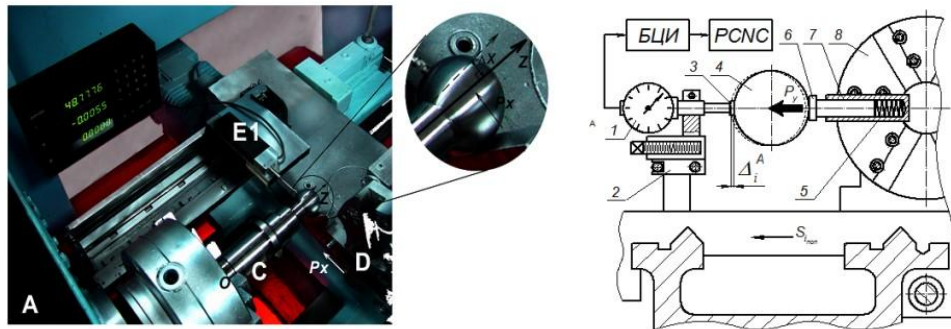


Рис. 3. Схема нагружения и деформирования детали при использовании нагрузочного устройства: 1 — индикатор перемещений; 2 — каретка диагностического модуля; 3 — измерительный стержень; 4 — элемент детали; 5 — пружина; 6 — нажимной элемент; 7 — нагрузочное устройство; 8 — инструментальная головка станка

На основании проведенных исследований была разработана принципиальная схема диагностики состояния технологической системы (рис. 4), на которой показана взаимосвязь и влияние отдельных параметров на итоговую величину вводимых коррекций.

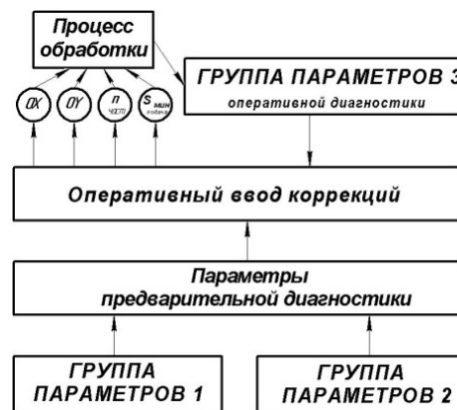


Рис. 4. Схема диагностики и оперативного ввода коррекций

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

- 1) предварительной диагностики, служащие для определения величин оперативных коррекций в процессе обработки для всех деталей и инструмента;
- 2) предварительной диагностики, служащие для определения величин оперативных коррекций в процессе обработки для конкретной детали и инструмента;
- 3) 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, их описание, диагностики состояния технологической системы, написанные с помощью языка математической логики и ее раздела — логики предикатов [6].

Ω_x^c при воздействии силы резания P_x с помощью нагрузочного устройства D, измеряемые с помощью устройства E1, описываемые функцией f с областью значений Ω и областью определения Ω_x^c , записываемые в устройство ЧПУ G.

Таким образом, предложенные математические модели диагностики состояния технологической системы «станок — приспособление — инструмент — заготовка» позволяют решить задачу повышения точности обработки на станках с ЧПУ. Ее решение обеспечит резкое сокращение затрат на производство изделий машиностроительной продукции. Вместе с тем решение этой задачи неразрывно связано с большими трудностями. В условиях массового применения предлагаемых технологий наличие математического аппарата для описания и управления процессами диагностики просто необходимо. [7, 8] Предлагаемые методы диагностики и управления целесообразно использовать на 80 % технологического оборудования отечественного парка станков, поскольку применение таких методов повышения точности способно продлевать этапы жизненного цикла станков с ЧПУ в 3–4 раза. Адекватность предложенной методологии подтверждается результатами заводских испытаний при диагностике технологического оборудования, оснащенного системами прецизионных лазерных интерферометров.

Список литературы

1. Михалев О. Н. Автоматизация технологического оснащения современного машиностроительного производства / О. Н. Михалев, А. С. Янюшкин // Мир техники и технологий. – 2013. – № 3. – С. 48-50.
2. Михалев О. Н. Повышение степени автоматизации CAD/CAM-систем при проектировании обработки точных отверстий на многоцелевых станках с ЧПУ / О. Н. Михалев, А. С. Янюшкин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008. – № 5. – С. 33-38.
3. Некрасов Ю. И. Разработка методологии управления обработкой при точении жаропрочных сталей и сплавов на станках с ЧПУ / Ю. И. Некрасов Дис. на соискание ученой степени док. тех. наук / Тюм. гос. нефтегаз. ун-т. Тюмень, 2010.
4. Некрасов Р. Ю. Управление обработкой при точении высокопрочных сталей и сплавов на станках с числовым программным управлением / Р. Ю. Некрасов, У. С. Путилова, Ю. И. Некрасов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. – № 6. – С. 113-119.
5. Михалев О. Н. Perfection of the automated systems of machine-building manufactures / О. Н. Михалев, А. С. Янюшкин // Journal of international scientific publications: materials, methods & technology. – 2010. – Т. 4. – № 3. – С. 15-27.
6. 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 / С. И. Тахман. – 2010. – № 3. – С. 64-72.
7. Шаламов В. Г. Математическое моделирование при резании металлов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮжУрГУ, 2007.
8. Черепяхин А. А. Виноградов В. М., Клепиков В. В. Диагностика процесса высокоскоростного протягивания фасонных поверхностей // Научные технологии в машиностроении. – 2013. – № 9 (27). – С. 26-29.
9. Агарева О. Ю. Математическая логика и теория алгоритмов: учеб. пособие / О. Ю. Агарева, Ю. В. Селиванов. – М.: МАТИ, 2011. – 80 с.
10. Ломова О. С. Математическое моделирование структурных изменений в поверхностях заготовок при тепловых возмущениях в процессе шлифования // Омский научный вестник. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГТУ. – 2013. – № 2. – С. 95-98.

Сведения об авторах

Некрасов Роман Юрьевич, к. т. н. доцент кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», тел. 89044973004, e-mail: syncler@mail.ru

Путилова Ульяна Сергеевна, к. т. н., доцент, Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89028509167, e-mail: ulyana_tobolsk@mail.ru

Стариков Александр Иванович, ассистент кафедры «Технология машиностроения», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89058236586, e-mail: hapsai@rambler.ru

Соловьев Игорь Владимирович, ассистент кафедры «Технология машиностроения», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89199295313, e-mail: Aragorn86_89@mail.ru

Кусков Константин Викторович, к. т. н. доцент кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89097423000, e-mail: lisi@mail.ru

Information about the authors

Nekrasov R. Yu., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the chair «Material science and technology of structural materials», phone: 89044973004, e-mail: syncler@mail.ru

Putilova U. S., Candidate of Science in Engineering, Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89028509167, e-mail: ulyana_tobolsk@mail.ru

Starikov A. I., assistant of the chair «Engineering technology», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89058236586, e-mail: hapsai@rambler.ru

Soloviev I. V., assistant of the chair «Engineering technology», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89199295313, e-mail: Aragorn86_89@mail.ru

Kuskov K. V., Candidate of Science in Engineering, associate professor «Material science and technology of structural materials», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89097423000, e-mail: lisi@mail.ru