



УДК 621.9.06-529:621.91

Мялица А.К.¹, Раисов Ю.А.², Сорокин В.Ф.³, Комбаров В.В.³¹ Харьковское государственное авиационное производственное предприятие. Украина, г. Харьков² Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины. Украина, г. Харьков³ Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Украина, г. Харьков

СТРАТЕГИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены стратегии технического перевооружения предприятий из производства авиационной техники. Избранная стратегия, которая сочетает приобретение нового программно управляемого металлорежущего оборудования и интенсивную модернизацию существующего оборудования до современного уровня развития технологии машиностроения. Приведенная классификация этапов модернизации, к которым принадлежат, параметрическая, структурная, процессная и функциональная модернизация. Измененные требования к функционированию системы ЧПК. Показано, что высокоскоростную обработку необходимо производить с учетом плавного изменения дифференциальных кинематических характеристик движения рабочих органов станка. Приведенный пример модернизации двух станков на ХДАПП, в результате которой получено повышение максимальных рабочих подач обработки в 2,5 раза при сохранении точности по паспорту станка.

Ключевые слова: техническое перевооружение; программно управляемое металлорежущее оборудование; модернизация

Введение

В настоящее время перед авиационно-промышленным комплексом Украины стоит сложная и противоречивая задача повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции в условиях дискретно-нестабильных производственных программ при крайней ограниченности экономических ресурсов.

Для того, чтобы выдержать конкуренцию со стороны зарубежных производителей авиационной техники необходимо инновационное реформирование предприятий и разработка эффективных механизмов их функционирования

Анализ современного состояния работ по созданию наукоемкой техники в Украине показывает, что существует базисный задел идей, знаний и практического опыта, позволяющий создавать новые машины в конкурентных условиях. Однако устаревшие организационно-технические структуры, требуют замены или модернизации [1].

Одной из основных проблем, сдерживающих инновационную активность предприятий, является нарастающий моральный и физический износ основных производственных фондов, порождающий технологическое отставание, которое приводит к снижению эффективности производства, уменьшению конкурентоспособности и объемов продаж выпускаемой продукции, дефициту оборот-

ных средств и нехватке денежных средств на обновление оборудования [2].

Все это порождает замкнутый круг проблем машиностроительных предприятий (рис. 1) и, как следствие, отсутствие возможностей не только для инноваций, но и для сохранения темпов роста производства на достаточно высоком уровне.

Решить эту проблему в рамках государственных программ поддержки развития машиностроения в ближайшем будущем не представляется возможным, так как к сожалению станкостроение в Украине практически отсутствует и наше производство использует технические успехи лидирующих зарубежных станкостроительных фирм.

Поэтому, чтобы соответствовать международному техническому уровню, предприятиям приходится с одной стороны реинвестировать немалые средства для заимствования за рубежом не только современного оборудования, но и передовых технологий, а с другой стороны искать собственные пути развития, создавая технологии, характеризующиеся эффективностью, низкими затратами и возможностью быстрого внедрения.

В работе [3] приведена классификация основных маркетинговых стратегий обновления основных производственных фондов предприятий (см. табл. 1), которая соответствует трем известным методам обновления станочного парка (рис. 2).

Очевидно, что первая стратегия обновления станочного парка требует слишком больших финансовых затрат, а вторая, четвертая, пятая и шестая стратегии не вполне соответствуют требованиям инновационного развития производства.

Третья стратегия обновления (пополнение станочного парка новым оборудованием) приносит определенный эффект и используется многими передовыми предприятиями постсоветского пространства при появлении малейшей финансовой

возможности. Однако она не может быть единственной стратегией реформирования основных фондов, так как обеспечивает повышение эффективности лишь на отдельных участках производства и сдерживается высокой стоимостью новых станков, зарубежных производителей.

Кроме того, стратегия повышения эффективности производства за счет приобретения импортного оборудования обрекает пользователя на постоянную достаточно обременительную зависимость



Рис. 1. Замкнутый круг проблем машиностроительных предприятий

Классификация стратегий обновления станочного парка оборудования

Таблица 1.

№	Стратегия	Характеристика стратегии
1	Интенсивная инновационная	Замена оборудования в парке новым, более совершенным оборудованием новых конструкций
2	Интенсивная традиционная	Замена оборудования в парке на аналогичное новое
3	Экстенсивная инновационная	Пополнение парка оборудованием новых конструкций
4	Экстенсивная традиционная	Пополнение парка новым аналогичным оборудованием
5	Активная консервационная	Модернизация имеющегося в парке оборудования с улучшением его основных характеристик
6	Пассивная консервационная	Капитальные ремонты имеющегося в парке оборудования, без улучшения его характеристик



Рис. 2. Методы обновления парка оборудования

от зарубежных поставщиков и серьезно сдерживает, а иногда и попросту блокирует отечественные разработки в рассматриваемой области.

Выход из создавшегося в отечественном машиностроении кризиса содержится в использовании комплексной стратегии технического перевооружения предприятий, когда пополнение станочного парка новым оборудованием осуществляется совместно с интенсивной модернизацией имеющегося. При этом модернизация представляет собой процесс технического усовершенствования с целью устранения морального износа и повышения технико-экономических показателей оборудования до уровня нового, отвечающего современному уровню развития технологии машиностроения.

Такой комплексный подход к рассматриваемой проблеме соответствует мировым тенденциям эксплуатации основных производственных фондов предприятий [4].

Поэтому **целью данной статьи** является определение рациональных путей модернизации технологии механической обработки, обеспечивающей повышение эффективности и конкурентоспособности производства авиационной техники.

1. Классификация этапов модернизации

Предпосылкой решения проблемы технического перевооружения производства за счет модернизации металлорежущего оборудования является тот факт, что корпуса и станины станков стареют как физически, так и морально гораздо медленнее систем управления, электроавтоматики, движения и т.п. Известно, что у станков отработавших без дефектов 15 и более лет, станина высвобождается от внутренних остаточных напряжений, которые были в металле в момент изготовления. Это значит, что точностные характеристики этой станины могут стать лучше новой.

Многие станки выпуска 70-х, 80-х годов прошлого века сохраняют работоспособность и близкие к установленным при изготовлении технические характеристики до настоящего времени. Поэтому даже простая замена устройства ЧПУ на современное позволяет не только сохранить, но и повысить эксплуатационные показатели станка.

Экономическим обоснованием модернизации служит заметная разница в цене между новым и модернизированным станком со сходными характеристиками, которая может достигать 70–80%. При этом также экономятся значительные средства на монтажные и пуско-наладочные работы.

В отличие от капитального ремонта, целью модернизации является улучшение эксплуатационных свойств технологической системы, к которым в первую очередь относятся повышение её производительности, точности и гибкости.

Этапы процесса модернизации оборудования (рис. 3) можно поставить в соответствие с этапами алгоритма синтеза гибких технологических систем высокой производительности, приведенного в работе [5].



Рис. 3. Классификация этапов модернизации

Параметрическая модернизация заключается в прогнозировании желаемых значений параметров технологической системы, к которым относятся:

- мощность главного привода (кВт);
- наибольшая частота вращения шпинделя (об/мин);
- наибольшая рабочая подача обработки (м/мин);
- наибольшая скорость быстрых (холостых) перемещений (м/мин);
- максимально допустимая скорость движения рабочих органов (м/мин);
- максимально допустимое ускорение движения рабочих органов (м/мин²);
- максимально допустимый рывок при движении рабочих органов (м/мин³);
- частота цикла управления системы ЧПУ (Гц);
- дискретность отработки перемещений системы ЧПУ (мм);
- объем памяти ПЗУ и ОЗУ устройства ЧПУ (гБайт);
- время автоматической смены инструмента (с) и др.

К структурной модернизации относится замена устаревших механических, электрических и электронных компонентов существующих систем ЧПУ на компоненты, обеспечивающие получение желаемых параметров.

Аналоговые приводы заменяют цифровыми, гидравлические приводы – шариковинтовыми передачами, низкооборотные шпиндели – высокооборотными, приводы постоянного тока – синхронными сервоприводами, устройства ЧПУ типа NC или SNC – устройствами CNC или DNC, устройства

ввода информации на магнитных лентах или перфолентах – электронными устройствами ввода.

Возможно также расширение структур технологических систем. Они оснащаются поворотными столами-накопителями и роботами-манипуляторами, автоматизированными системами инструментального обеспечения, контроля и транспортировки деталей.

Универсальные станки с ручным управлением оснащаются системами ЧПУ.

Структурно-параметрическая модернизация обеспечивает повышение надежности, безопасности, эргономичности, уровня автоматизации, культуры производства и создает необходимые условия для увеличения технологических возможностей существующего оборудования. В этом заключена суть процессной модернизации.

Применительно к системам ЧПУ нас в первую очередь интересуют такие технологические возможности, как увеличение скоростей резания, вплоть до режимов высокоскоростной обработки и увеличение адаптивности технологической системы, вплоть до полного перевода создания управляющих программ в режим реального времени.

Осуществление процессной модернизации невозможно без модернизации **функциональной**, обеспечивающей расширение функциональных возможностей технологических систем и, как правило, реализуемой в системах управления программно.

Традиционно, функции систем ЧПУ разделяются на **геометрические, логические, технологические, терминальные, диагностические и коммуникационные** [6, 7].

2. Современные требования к функциональному обеспечению систем ЧПУ

Геометрические функции систем ЧПУ обеспечивают управление движением рабочих органов оборудования и реализуются в модулях интерпретации управляющих программ, интерполяции и управления следящими приводами.

Большинство эксплуатируемых сегодня систем ЧПУ располагают лишь линейной, круговой и винтовой интерполяцией. Поэтому на вход этих систем при обработке сложнофасонных поверхностей подается линейная аппроксимация траектории движения инструмента, при которой кривая линия заменяется множеством отрезков прямых.

Недостатки линейной аппроксимации заключаются в потере точности обработки; увеличении длины управляющей программы; нарушении кинематической и динамической стабильности процесса, особенно важной при высокоскоростной обработке.

Новые микропроцессорные системы ЧПУ, появившиеся на рынке в последнее время, содержат блок сплайновой интерполяции и используют

более совершенные методы управления движением инструмента.

Поэтому, чтобы не отстать от современных требований, модернизируемая система ЧПУ должна быть оснащена новыми функциями, к которым относятся:

- открытый интерполятор, допускающий свободное наращивание алгоритмов интерполяции и произвольную их комбинацию при воспроизведении сложных траекторий в многокоординатном пространстве (в том числе с использованием сплайнов);

- прямой обмен информацией между системами CAD/CAM и CNC, при котором геометрические данные могут быть непосредственно импортированы в систему ЧПУ;

- коррекция управляющей программы на радиус инструмента;

- предварительный просмотр кадров (Look Ahead), позволяющий заблаговременно плавно снижать скорость подачи в критических ситуациях для избегания коллизий

Подробнее современные требования к геометрическим функциям систем ЧПУ рассмотрены в работах [8–11]. *Выполнение этих требований в модернизируемых системах позволит повысить скорость резания и снизить погрешность позиционирования рабочих органов станков, что в свою очередь обеспечит повышение производительности и точности механической обработки изделий авиационной техники.*

Логические функции организуют управление электроавтоматикой систем ЧПУ.

Традиционно функции управления цикловой электроавтоматикой реализовывались при помощи специализированного устройства – программируемого контроллера PLC (Programmed Logic Controller).

Сегодня появляется реальная возможность программной реализации управления электроавтоматикой станков в рамках общего программного обеспечения систем ЧПУ без привлечения дополнительной аппаратуры и системного программного обеспечения программируемых контроллеров.

Подобные программные системы управления электроавтоматикой получили наименование виртуальных контроллеров SoftPLC.

Наибольший эффект подобная идея дает в системах ЧПУ, где программное обеспечение виртуального контроллера SoftPLC работает в одной операционной среде с программным обеспечением ЧПУ.

Указанный подход позволяет снизить стоимость системы управления при одновременном получении ряда преимуществ, в том числе упрощение общего программного обеспечения, уменьшение ошибок системного программирования, возможность отладки управляющих программ электроавтоматики в рамках самой системы ЧПУ, гибкость конфигурирования электроавтоматики, возможность использования различных коммерческих библиотек.

Терминальные функции поддерживают диалог системы ЧПУ с оператором, отображение состояний системы, создание, редактирование и верификацию управляющих программ. Именно наполнение терминальной задачи определяет внешнюю привлекательность системы ЧПУ на рынке. Поэтому сегодня часто под модернизацией оборудования понимают лишь замену устаревшей системы ЧПУ типа NC и SNC на систему CNC, решая фактически, только задачу расширения терминальных функций.

К наиболее востребованным терминальным функциям систем ЧПУ в настоящее время, можно отнести: ввод управляющей программы с электронного носителя информации; открытость, т.е. предоставление пользователю возможности реализовывать собственные технологии и встраивать в систему прикладное программное обеспечение; наличие в системе: Windows-интерфейса, 3D-графики, диалогового языка программирования высокого уровня, инструментария разработки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня, редактора-отладчика управляющих программ в машинных кодах и на языке высокого уровня; наличие приложений цехового программирования, позволяющих создавать управляющие программы в самой системе ЧПУ, во время обработки другой детали.

Широкий набор терминальных функций обеспечивает сокращение трудоемкости создания и внедрения управляющих программ, сокращение подготовительно-заключительного времени технологических операций, повышение культуры производства и др.

Диагностические функции обеспечивают сбор, первичную обработку и накопление информации о параметрах обработки и состоянии оборудования.

В состав блока диагностики входят: логический анализатор (Logic Analyzer) входных/выходных сигналов для тестирования электроавтоматики, осциллограф для настройки приводов подачи, анализатор частотных диаграмм, тест окружности и др.

При помощи диагностических функций осуществляется: отображение информации о текущих значениях параметров технологического процесса на экране монитора в реальном масштабе времени; обнаружение критических (аварийных) ситуаций и вывод на экран монитора аварийных сообщений; архивирование истории изменения параметров технологического процесса; диспетчирование устройств низшего ранга; адаптивное управление и прогнозирование износа инструмента и т.п.

Наличие диагностических функций способствует повышению надежности и ремонтпригодности технологической системы.

Коммуникационные функции позволяют, посредством подключения системы ЧПУ в компьютерную сеть предприятия, интегрировать её в процесс автоматизированного управления оборудованием и производством.

С помощью коммуникационных функций осуществляется: удаленное управление технологической системой и реализация функций удаленной настройки, загрузки и диагностики системы ЧПУ; предоставление оперативных данных о параметрах технологического процесса на цеховом уровне; обеспечение связи системы ЧПУ с автоматизированной системой управления производством и предоставление данных о произведенной продукции, времени простоя, планового техобслуживания и ремонта оборудования на уровне предприятия.

3. Модернизация оборудования на ХГАПП

Теперь подробнее остановимся на работах по модернизации станков с ЧПУ, выполняемых совместно специалистами ХГАПП, ХАИ и ИПМаш НАН Украины.

На рисунке 4 показан внешний вид модернизированного станка ФП7СМН 1989 г. выпуска, оснащенного системой ЧПУ типа CNC собственного производства.

Аппаратная часть системы двухуровневая. Задачи управления разделены между двумя ПК, объединенными в локальную сеть. Верхний уровень представляет собой ПК, функционирующий под операционной системой Windows XP. Он выполняет терминальную, коммуникационную и, частично, технологическую задачи управления.

Нижний уровень СЧПУ представляет собой ПК, в системную магистраль которого подключены специализированные устройства сопряжения: модули ввода-вывода дискретных сигналов, интерфейсы следящих приводов, интерфейсы датчиков обратной связи (ДОС). Нижний уровень функционирует под операционной системой реального времени и обеспечивает выполнение диспетчеризации, геометрической, логической и технологической задач.

С самого начала при постановке задачи модернизации оборудования была сформулирована цель не только увеличить сервисные возможности станка за



Рис. 4. Модернизированный станок ФП7СМН

счет установки на него современной многофункциональной системы ЧПУ, но и повысить в несколько раз подачи рабочих и ускоренных перемещений, обеспечив при этом точность позиционирования инструмента на всех режимах не хуже установленной по паспорту станка на момент его изготовления.

Как известно, изменение режимов механической обработки в сторону увеличения технологических подач сопровождается ростом инерционных нагрузок, а повышение частоты цикла управления для увеличения быстродействия системы ЧПУ приводит к обострению противоречия между инерционным характером движения и дискретной моделью представления этого процесса в системе.

Поэтому для снижения отрицательного влияния инерционных нагрузок и обеспечения заданной точности позиционирования инструмента, в модернизируемом оборудовании изменены требования к функционированию ряда подсистем СЧПУ, а именно:

– **подсистема интерпретации управляющих программ** помимо трансляции традиционных линейных и круговых кадров управляющей программы во входной формат интерполятора выполняет сглаживание контура обработки путем конвертирования круговых и линейных кадров в гладкие до третьей производной сплайн-функции степени не ниже пятой и другие кривые, а также планирование контурной скорости движения инструмента (включая участки разгона и торможения внутри кадра), обеспечивающее гладкий характер изменения скорости и других дифференциальных кинематических характеристик (ускорение и рывок) движения рабочих органов станка по каждому приводу;

– **подсистема интерполяции траектории** помимо традиционного потактового расчета заданного положения выполняет расчет заданной скорости движения рабочих органов станка с разрядностью превышающей разрядность данных о положении на 3...4 порядка и погрешностью не превышающей 0.005% от заданной скорости, а также обеспечивает оперативное (в реальном масштабе времени) изменение плана скоростей движения рабочих органов при корректировке рабочей подачи обработки с пульта оператора;

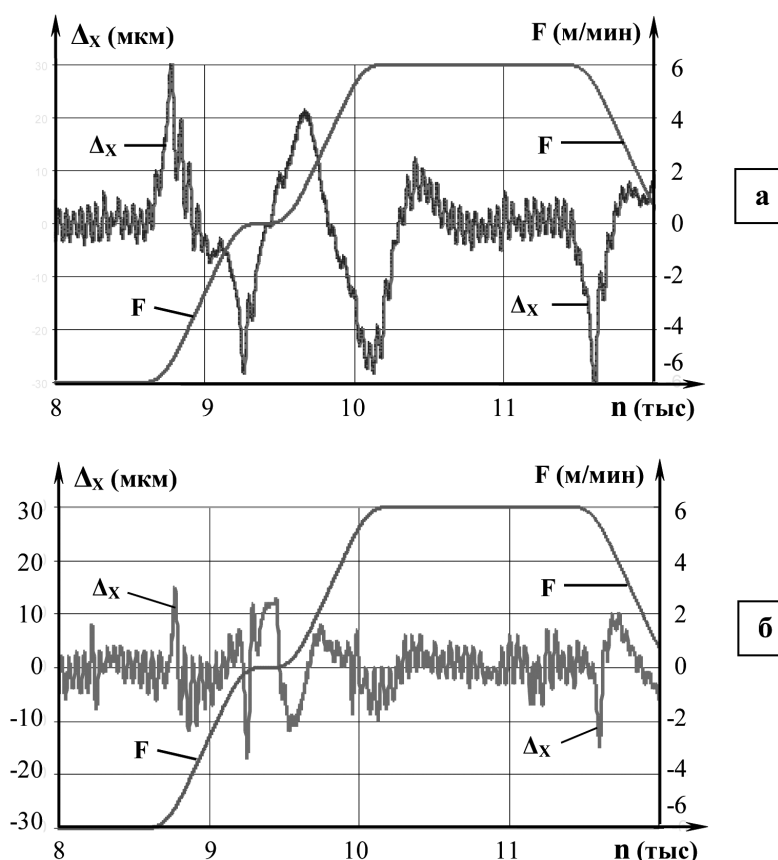
– **подсистема управления следящими приводами** в блоке обработки сигналов датчика об-

ратной связи помимо традиционного получения данных о фактическом положении обеспечивает измерение фактической скорости движения рабочего органа.

4. Обеспечение точности обработки

Необходимость учета дифференциальных кинематических характеристик при числовом программном управлении иллюстрируют экспериментальные данные о влиянии скорости, ускорения и рывка на точность позиционирования рабочих органов станка в процессе движения на повышенных подачах по обычной прямолинейной траектории, имеющей участки разгона и торможения (рис. 5, таблица 2).

Эти данные, во-первых подтверждают, что «всплески» погрешностей позиционирования возникают при переходе от равномерного движения к ускоренному (замедленному) и обратно, а во-вторых показывают, что управление с учетом ускорений и рывков приводит к значительному увеличению точности позиционирования инструмента.



F – рабочая подача; Δ_x – погрешность позиционирования по оси X станка.

Рис. 5. Оценка точности позиционирования рабочего органа станка при различных стратегиях управления: а – управление с учетом скорости; б – управление с учетом скорости, ускорения и рывка.

Таблица 2.

Погрешности позиционирования при различных стратегиях управления

Режим управления	Величина погрешности, мкм			
	max	min	средняя	ср. квадр.
С учетом скорости	31.2	-32	7.012	9.906
С учетом скорости и ускорения	23	-19	5.154	6.719
С учетом скорости, ускорения и рывка	15	-17	3.668	4.804

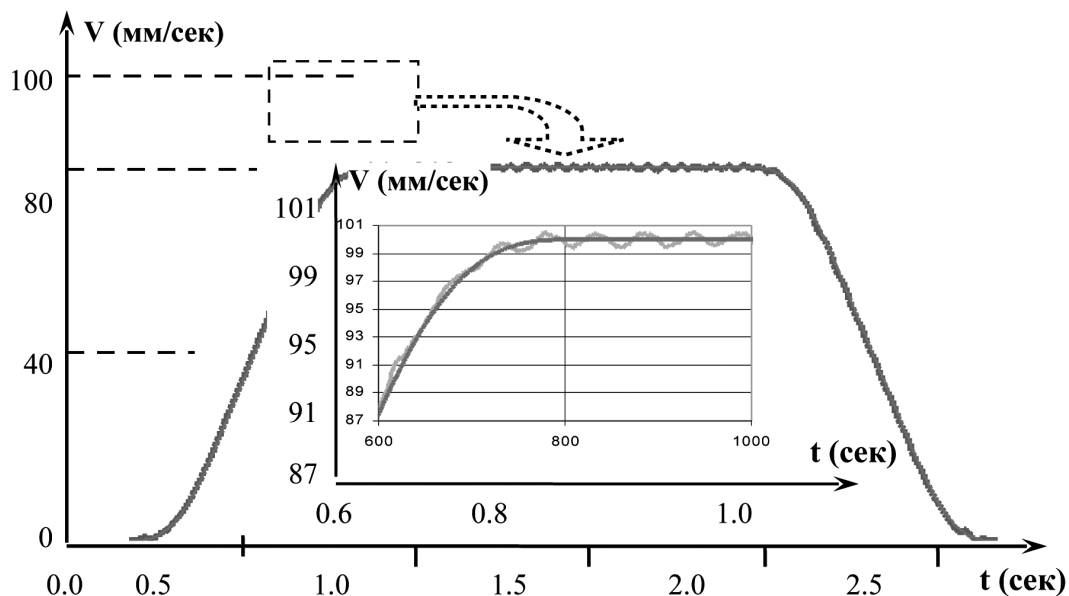


Рис. 6. Точность исполнения перемещений по параметру скорости

Таблица 3.

Сравнительная характеристика параметров модернизированных станков

	Паспорт		После модернизации	
Модель станка	ФП7М		ФП7СМН	
Год выпуска	1976		1989	
Максимальная технологическая подача мм/мин	1200	2200	2000	4000
Подача ускоренного хода по оси X, мм/мин	1500	2500	2400	6000
Подача ускоренного хода по оси Y, мм/мин	1500	2500	2400	5000
Точность обработки на рабочих подачах, мм	±0.15	±0.08	±0.15	±0.08
Допустимое рассогласование на подаче ускоренного хода, мм	±3.0	±0.05	±1.0	±0.05
Повышение производительности обработки, %	80%		90%	

Влияние характера изменения дифференциальных кинематических характеристик движения рассмотрена в работе [8], где показано, что динамическая точность позиционирования рабочих органов станка с ЧПУ при высокоскоростной обработке повышается при задании гладких функций скорости, ускорения и рывка, а в работах [9, 11] доказано, что обеспечение гладкости кинематических параметров требует гладкости траектории обработки до третьей производной включительно.

Плавность изменения кинематических параметров движения зависит не только от гладкости задания функций скорости, ускорения и рывка, а еще и от точности их вычисления в процессе обработки. Чтобы обеспечить гладкое движение необходимо с высокой точностью и повышенной разрядностью вычислять дуговую длину траектории на каждом цикле управления. В работе [12] представлен алгоритм, обеспечивающий вычисление скорости с погрешностью 0.1 %. Однако, по нашему мнению, точность вычисления должна быть по меньшей мере в двадцать раз выше (0.005 %), так как даже в этом

случае фактическая скорость отличается от заданной на 0.3 % (рис. 6).

Примером реализации вышеуказанных требований может служить модернизация фрезерных станков ФП7М и ФП7СМН на Харьковском государственном авиационном производственном предприятии. Сравнительные характеристики параметров этих станков до и после модернизации приведены в таблице 3, а результаты обработки контрольного образца на различных подачах в таблице 4 и на рис. 7.

Анализ этих результатов показывает, что реализация описанной технологии модернизации систем ЧПУ обеспечивает с одной стороны возможность увеличения максимальных рабочих и ускоренных подач в 1.5...2 раза, а с другой стороны сначала снижение, а затем незначительный рост погрешностей обработки при увеличении рабочих подач от используемых до модернизации малых до максимально высоких.

В настоящее время модернизируемое оборудование используется на ХГАПП для изготовления

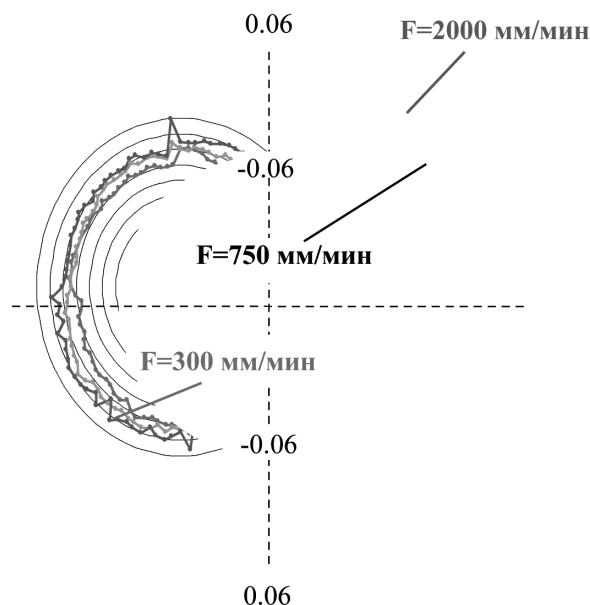
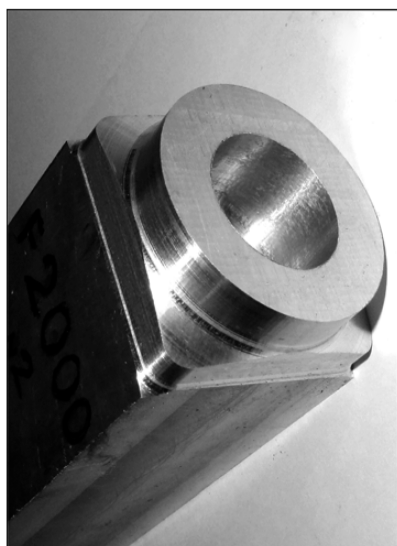


Рис. 7. Результаты обработки образца на модернизированном станке ФП7М: а – контрольный образец; б – диаграмма погрешностей обработки

Погрешности обработки образца при различных рабочих подачах

Таблица 4.

Режим управления	Величина погрешности, мкм			
	max	min	средняя	ср. квадр.
Малая 300 мм/мин	18	-49	14.19	16.99
Средняя 750 мм/мин	21	-26	8.58	10.52
Высокая 2000 мм/мин	58	-30	16.53	19.14

серийных деталей самолетов Ан-74, АН-140 и АН-148 (рис. 8).

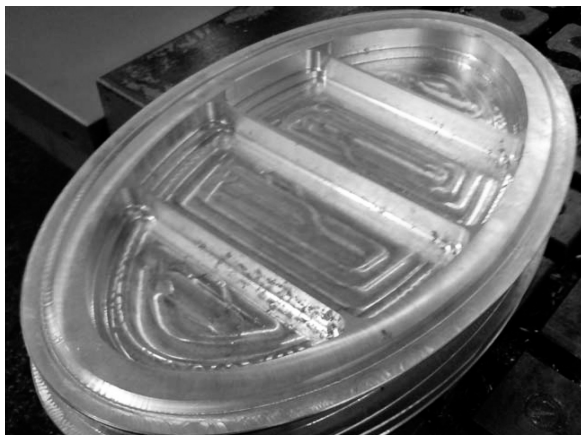


Рис. 8. Пример обработки крышки люка самолета АН-148

Выводы

Анализ возможных стратегий технического перевооружения машиностроительных предприятий Украины показал, что в условиях экономического кризиса и дискретно-нестабильных производственных программ оптимальной является стратегия, сочетающая пополнение станочного парка новым оборудованием и комплексную модернизацию имеющегося оборудования с улучшением его основных характеристик.

Разработана технология комплексной модернизации оборудования, состоящая из четырех этапов: параметрического, структурного, процессного и функционального.

Сформулированы требования к геометрическим, логическим, технологическим, терминальным, диагностическим и коммуникационным функциям современных многофункциональных систем числового программного управления модернизируемого оборудования.

Показано, что выполнение таких, например, требований как оснащение системы ЧПУ сплайновым интерполятором, стабилизация контурной скорости, учет дифференциальных кинематических характеристик движения с гладкими S-образными законами изменения на участках разгона торможения и др. обеспечивает повышение максимальных рабочих подач модернизируемого оборудования в 2.5...3 раза при обеспечении необходимой точности обработки.

Перспективы дальнейших исследований и работ по этой теме лежат в направлении реализации представленной технологии модернизации металлорежущего оборудования в полном объеме и расширении количества модернизированных станков на Харьковском государственном авиационном производственном предприятии.

Литература

- [1] Кривов Г.А. Технология – определяющий фактор конкурентоспособности авиационной техники / Г.А. Кривов, К.О. Зворыкин // Технологические системы. – 2008. – № 2(42). – С. 5 – 9.
- [2] Бадалова А.Г. Проблемы управления инновационным развитием машиностроительного производства / А.Г. Бадалова, А.И. Шебаров // Вестник МГТУ «Станкин». – 2009. – № 2(6). – С. 105 – 108.
- [3] Корниенко А.А. Технологическое перевооружение машиностроительного предприятия: выбор стратегии развития парка оборудования / А.А. Корниенко // Вестник МГТУ «Станкин». – 2010. – № 4(12). – С. 168 – 174.
- [4] Потапов В.А. Опыт американских и германских фирм по ремонту, восстановлению и модернизации станочного оборудования [Электронный ресурс] / В.А. Потапов // Режим доступа: <http://www.stankoinform.ru>.
- [5] Тернюк Н.Э. Направленный синтез гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности / Н.Э. Тернюк, В.Ф. Сорокин / Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: спец. выпуск «Новые технологии в машиностроении». – Х.: НАКУ «ХАИ», 2008. – № 3(54). – С. 110 – 115.
- [6] Сосонкин В.Л. Системы числового программного управления: Учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос, 2005. – 296 с.
- [7] Кривцов В. С. Программно-аппаратный комплекс для исследования алгоритмов и процессов в станках с ЧПУ / В.С. Кривцов, Е.В. Комбарова, Р.В. Варнас, Е.А. Аксенов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 4 (81). – С. 5 – 11.
- [8] Кривцов В.С. Проблемы сплайновой интерполяции с гладко-ограниченными кинематическими параметрами движения в задачах числового программного управления высокоскоростным оборудованием / В.С. Кривцов, В.В. Комбаров, В.Ф. Сорокин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 9(96). – С. 11 – 19.
- [9] Сорокин В.Ф. Влияние математических параметров гладких траекторий высокоскоростной обработки на кинематические параметры движения рабочих органов оборудования / В.Ф. Сорокин, В.В. Комбаров // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: междунар. сб. научных работ. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – № 1,2 (44). – С. 231 – 237.
- [10] Комбаров В.В. Определение рациональной частоты цикла управления системы ЧПУ с учетом ограничения кинематических параметров при высокоскоростной обработке / В. В. Комбаров, В. Ф. Сорокин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 7 (94). – С. 41 – 46.
- [11] Сорокин В.Ф. Сравнение кинематических параметров движения при моделировании траектории высокоскоростной ЧПУ обработки сплайнами третьей и пятой степени / В.Ф. Сорокин, В.В. Комбаров // Авиационно-кос-

мическая техника и технология. – 2012. – № 8 (95). – С. 11 – 17.

- [12] Heng, M. Design of a NURBS Interpolator with minimal feed fluctuations and continuous feed

modulation capability / M. Heng, K. Erkorkmaz // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Vol. 50(3). – P. 281 – 293.

Myalitsa A.K.¹, Raisov Ju.A.², Sorokin V.F.³, Kombarov V.V.³

¹Kharkov State Aircraft Manufacturing Company. Ukraine, Kharkov

²A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine. Ukraine, Kharkov

³National Aerospace University «Kharkov Aviation Institute». Ukraine, Kharkov

STRATEGY OF MODERNIZATION OF CAPITAL PRODUCTIVE ASSETS OF ENTERPRISES OF AVIATION INDUSTRY

Strategy of technological re-equipment of aircraft works is considered. Strategy combining purchase of new metal-cutting CNC equipment with intensive upgrading of existing equipment to modern level of development of manufacturing engineering is selected. Classification of upgrading stages is given. These stages are named parametric, structural, process and functional ones. Requirements for the operation of the CNC system are changed. There is shown that high-speed machining should be realized taking into account smooth change of differential kinematical characteristics of the motion of equipment work parts. The example of the upgrading of the two machines at Kharkiv State Aircraft Production Enterprise is given. Increase of the maximum cutting feed in 2.5 times while maintaining the accuracy on the passport of the machine is obtained.

Keywords: technological re-equipment; metal-cutting CNC equipment; high-speed machining; upgrading

References

- [1] Krivov G.A. Tehnologija – opredeljaushhij faktor konkurentosposobnosti aviaci-onnoj tehniki / G.A. Krivov, C.O. Zvorykin // Tehnologicheskie sistemy. – 2008. - № 2(42). – S. 5 – 9.
- [2] Badalova A.G. Problemy upravlenija innovacionnym razvitiem mashinostroi-tel'nogo proizvodstva / A.G. Badalova, A.I. Shebarov // Vestnik MGTU «Stankin». – 2009. – № 2(6). – S. 105 – 108.
- [3] Kornienko A.A. Tehnologicheskoe perevoorzuzhenie mashinostroitel'nogo predpri-jatija: vybor strategii razvitija parka oborudovanija / A.A. Kornienko // Vestnik MGTU «Stankin». – 2010. – № 4(12). – S. 168 – 174.
- [4] Potapov V.A. Opyt amerikanskih i germanskih firm po remontu, vosstanovleniju i modernizacii stanochного oborudovanija [Jelektronnyj resurs] / V.A. Potapov // Rezhim dostupa: <http://www.stankoinform.ru>.
- [5] Ternjuk N.Je. Napravlenyj sintez gibkih tehnologicheskikh sistem vysokoj i sverhвысокой proizvoditel'nosti / N.Je. Ternjuk, V.F. Sorokin / Voprosy proekti-rovaniija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: spec. vypusk «Novye tehnologii v mashinostroenii». – Kh.: NAU «KhAI», 2008. – № 3(54). – S. 110 – 115.
- [6] Sosonkin V.L. Sistemy chislovogo programmного upravlenija: Ucheb. posobie / V.L. Sosonkin, G.M. Martinov. – M.: Logos, 2005. – 296 s.
- [7] Krivcov V. S. Programno-apparatnyj kompleks dlja issledovanija algoritmov i processov v stankah s ChPU / V.S. Krivcov, E.V. Kombarova, R.V. Varnas, E.A. Akse-nov // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2011. – № 4 (81). – S. 5 – 11.
- [8] Krivcov V.S. Problemy splajnovoj interpoljacii s gladko-ogranichennymi kinema-ticheskimi parametrami dvizhenija v zadachah chislovogo programmного upravlenija vysokoskorostnym oborudovanijem / V.S. Krivcov, V.V. Kombarov, V.F. Sorokin // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2012. – № 9(96). – S. 11 – 19.
- [9] Sorokin V.F. Vlijanie matematicheskikh parametrov gladkih traektorij vysokoskorost-noj obrabotki na kinematische parametry dvizhenija rabochih organov oborudovanija / V.F. Sorokin, V.V. Kombarov // Progressivnye tehnologii i sistemy mashinostroenija: mezhdunar. sb. nauchnyh rabot. – Doneck: DonNTU, 2012. – № 1,2 (44). – S. 231 – 237.
- [10] Kombarov V.V. Opredelenie racional'noj chastoty cikla upravlenija sistemy ChPU s uchetom ogranichenija kinematische parametrov pri vysokoskorostnoj ob-rabotke / V. V. Kombarov, V. F. Sorokin // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2012. – № 7 (94). – S. 41 – 46.
- [11] Sorokin V.F. Sravnenie kinematische parametrov dvizhenija pri modelirova-nii traektorii vysokoskorostnoj ChPU obrabotki splajnami tret'ej i pjatoj ste-peni / V.F. Sorokin, V.V. Kombarov // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2012. – № 8 (95). – S. 11 – 17.
- [12] Heng, M. Design of a NURBS Interpolator with minimal feed fluctuations and continuous feed modulation capability / M. Heng, K. Erkorkmaz // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Vol. 50(3). – P. 281 – 293.