



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.121

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ
ДЕРЕВЯННЫХ ЛИТЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ
НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ ОДНОПРИВОДНЫХ СТАНКАХ**

Ф.В. Черепенин, канд. техн. наук, проф.

С.М. Скворень, канд. техн. наук, проф.

Д.А. Ульяничев, асп.

М.А. Бызова, асп.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова филиал в г. Северодвинске, ул. Капитана Воронина, д. 6., г. Северодвинск, Россия, 164500; e-mail: ulyanichevda@gmail.com

Одним из важных этапов создания изделий для судостроительной промышленности, например крупногабаритных обтекателей гребных винтов, является изготовление деревянных моделей литых заготовок. Именно модели из дерева получили наибольшее распространение в этой сфере производства, так как оно отличается единичностью и мелкосерийностью, а номенклатура отливок очень широка и имеет большой разброс массогабаритных характеристик. Точность изготовления заготовки определяется качеством применяемой модельной оснастки, используемой при изготовлении литейных форм. В настоящее время оборудование, используемое в модельном производстве российских предприятий, устарело. В связи с высокой стоимостью нового оборудования его доля не велика, а имеющиеся современные станки постоянно загружены. По этой причине существенно сужены возможности механизации чистовых операций формообразования деревянных крупногабаритных моделей, что обуславливает высокую долю ручного высококвалифицированного труда в процессе изготовления и высокую себестоимость изделий. При изготовлении деревянных крупногабаритных моделей обтекателей гребных винтов для решения этой проблемы можно использовать широко применяемые в промышленности токарно-карусельные станки, которые предварительно необходимо модернизировать. В этих станках используются жесткие механические копиры с электромеханическими системами слежения за профилем посредством электрошупа, движущегося синхронно с резцом по копиру. Кроме того, они имеют один главный электропривод и автоматическую коробку скоростей с электромагнитными муфтами, обеспечивающими как отдельную, так и одновременную управляющую подачу инструмента по двум координатам. Замена одного главного электропривода совместно с редуктором на современные следящие электроприводы по каждой оси с соответствующими типами устройств с числовым программным управлением требует значительных капиталовложений, весьма трудоемка и предпола-

гает длительный вывод станка из технологического процесса. Поэтому задача по разработке методов и технических средств программного управления копировальными станками без замены используемого электропривода и основного оборудования станка является актуальной. В данной статье представлена цифровая система управления токарно-карусельными станками с одним главным электроприводом. Ее использование позволяет существенно расширить функциональные возможности станков и номенклатуру обрабатываемых деталей; снизить трудоемкость обработки за счет исключения операций изготовления жестких копиров (шаблонов профиля) и точной настройки копировальных устройств; повысить качество обработки; применять современные информационные технологии при подготовке производства в целом. Модернизированные токарно-карусельные станки существенно сократят долю ручного труда при проведении чистовых операций формообразования деревянных крупногабаритных моделей.

Ключевые слова: обтекатель, литейная модель, одноприводные станки, цифровая система управления.

Постоянно возрастающие требования к срокам и качеству выпускаемой продукции диктуют современному производству повышать технический уровень технологического оборудования. Быстрое изменение ситуации на мировом рынке станков требует от производства соответствующего реагирования и перестройки своей работы. С каждым годом на отечественных предприятиях растет доля новых станков с числовым программным управлением (ЧПУ), которые приходят на смену морально и физически устаревшему оборудованию. Однако процесс обновления станочного парка российских предприятий идет достаточно медленно, что связано с большими финансовыми затратами и последствиями мирового финансового кризиса.

Наиболее приемлемым путем решения указанной проблемы является инновация существующих технологических комплексов [1], которая предполагает глубокую модернизацию станочного парка для расширения функциональных и технологических возможностей морально устаревших комплексов в целях повышения точности, надежности и продления срока их службы. Сюда относится и модернизация копировальных токарно-карусельных станков, например модели 1525, имеющей один главный электропривод и механическое копировальное устройство с электрощупом.

В подобном оборудовании слежение за профилем обрабатываемой детали выполняется с помощью электромеханических копировальных устройств, имеющих подвижный шток и несколько пар механических контактов. В зависимости от степени нажатия штока, движущегося по поверхности копира, эти контакты замыкаются или размыкаются и управляют электромагнитными муфтами (ЭМ). Эти муфты обеспечивают соответствующие переключения редуктора и при постоянной частоте вращения главного привода управляют скоростью и направлением подачи рабочего органа станка по горизонтальной (X) и вертикальной (Z) осям.

Данный принцип обработки деталей не позволяет использовать современные информационные технологии и имеет ряд существенных недостатков, связанных с большой трудоемкостью подготовки производства и настройки жестких копиров, а также с низкой точностью обработки.

Можно предложить три пути решения указанной проблемы:

- 1) полная замена старого технологического оборудования на новое;
- 2) замена одного главного электропривода совместно с редуктором на современные следящие электроприводы по каждой оси с соответствующими типами устройств с числовым программным управлением (УЧПУ);
- 3) замена жестких копиров на цифровые и механических копировальных устройств на современные микропроцессорные системы управления.

Первое и второе направления требуют значительных капиталовложений, весьма трудоемки и выводят станок из технологического процесса на длительное время. Учитывая немалую долю копировального оборудования, актуальной становится задача разработки методов и технических средств программного управления копировальными станками без замены используемого электропривода и основного оборудования станка, что позволяет повысить качество изготавливаемых литейных моделей. Кроме того, станок в процессе модернизации не должен выводиться на длительное время из технологического процесса. Решение этой задачи и являлось целью данной работы.

Основные этапы решения указанной задачи:

разработка методики создания цифровой модели профиля обрабатываемой детали;

схемотехническая реализация цифровой системы управления станком;
разработка программного обеспечения.

Методика создания цифровой модели профиля обрабатываемой детали заключалась в математическом описании элементов сложнопольных контуров и разработке алгоритма слежения за ними с учетом особенностей работы электропривода движения по осям [3]. В качестве примера на рис. 1 показан исходный профиль обрабатываемой детали и его математическое описание в виде участков из линейных отрезков и дуг окружностей.

Исходный (теоретический профиль) создается в современных САД-системах: AutoCAD, T-FLEX, КОМПАС, ГЕММА и т. п. В результате получается непрерывная кривая, которая описывается отрезками прямых и дугами окружностей. Отрезки задаются двумя точками: начальной $P_k = x_k z_k$ и конечной $P_{k+1} = x_{k+1} z_{k+1}$, а дуги – как элементы окружностей $C_l = I_l J_l r_l$ с центром в точке I_l, J_l и радиусом r_l . Такое описание полностью соответствует требованиям задания контура в УЧПУ. Учитывая особенности неуправляемого главного электропривода, для реализации слежения возникает необходимость аппроксимации полученного контура большим числом линейных отрезков [2]. Один из простейших вариантов кусочно-линейной аппроксимации исходного профиля приведен на рис. 1.

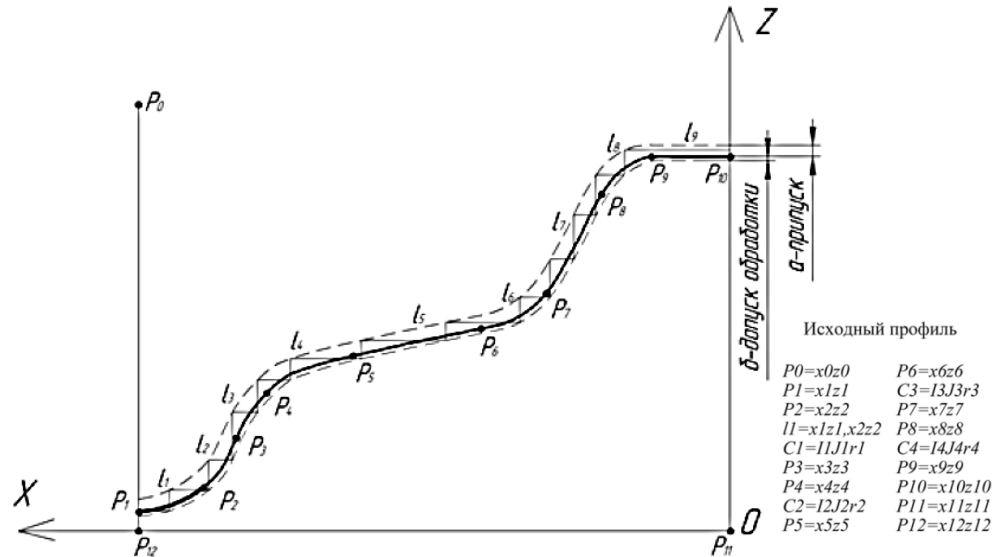


Рис. 1. Пример кусочно-линейной аппроксимации теоретического профиля

С учетом особенностей работы одноприводных копировальных станков и особенностей слежения цифровая система управления (ЦСУ) копировального станка, например модели 1525, должна отвечать следующим требованиям:

1) модернизация станка должна осуществляться только за счет электронной части системы управления, вся силовая схема с исполнительными механизмами и электроприводами остается неизменной;

2) возможность управления станком как с помощью ЦСУ при использовании цифровых моделей копируемого профиля, так и штатного оборудования в ручных режимах обработки. При этом управление от ЦСУ осуществляется параллельно штатной системе управления, что в целом усложняет структуру схемы, но оставляет возможность двойного управления станком;

3) точность изготовления и шероховатость обрабатываемой поверхности должна быть не хуже, чем при использовании механических копировальных устройств;

4) ЦСУ должна обеспечить наглядную визуализацию процесса обработки и расширить номенклатуру обрабатываемых деталей.

Функциональная схема ЦСУ, реализованная на базе сравнительно недорогой УЧПУ NC-201M [2], удовлетворяет вышеизложенным требованиям и показана на рис. 2.

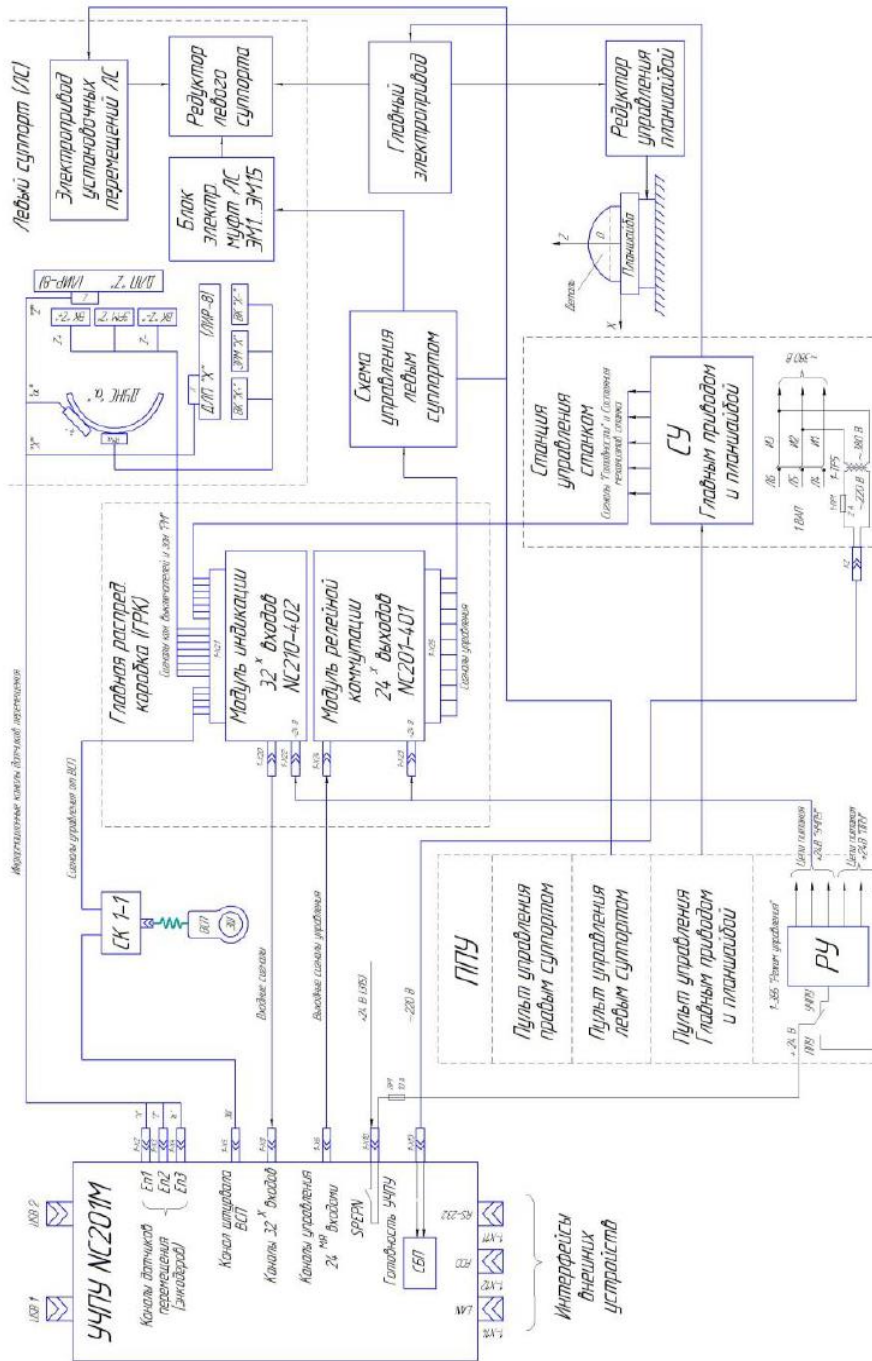


Рис. 2. Функциональная схема цифровой системы управления копиральным станком модели 1525

Основные функциональные элементы ЦСУ:

УЧПУ NC-201M, выпускаемое предприятием «Балт-Систем» (Санкт-Петербург;

модуль индикации на 32 входа, через который в УЧПУ вводятся все необходимые сигналы, характеризующие текущее состояние механизмов станка;

модуль релейной коммутации на 24 выхода, через который обеспечивается управление исполнительными механизмами штатной системы управления станком;

выносной станочный пульт с электронным штурвалом (ВСП), который совместно со штатным подвесным пультом обеспечивает дистанционное управление станком;

датчики линейных перемещений (ДЛП) энкодеры ЛИР-8 по горизонтальной X и вертикальной Z осям, а также датчик угла наклона α суппорта (ДУНС). Сигналы с этих датчиков поступают в УЧПУ через разъемы энкодеров, за счет чего обеспечивается высокоточный контроль перемещений резца в плоскости XOZ и программно формируются сигналы управления электромагнитными муфтами;

подвесной пульт управления (ППУ) станком, обеспечивающий ручное управление.

УЧПУ NC-201M имеет широкий набор интерфейсов для подключения внешних устройств, чем и обеспечивается возможность использования информационных технологий.

Модули индикации входов и релейной коммутации выходов обеспечивают оптоэлектронную развязку цепей управления станка с УЧПУ. С их помощью можно легко организовать связи с любыми механизмами станка. Каждый из этих входов/выходов программируется в процессе характеристики УЧПУ, что обеспечивает гибкую и довольно удобную связь УЧПУ с элементами схемы станка.

Схема управления левым суппортом совместно с блоком электромагнитных муфт коммутирует соответствующим образом редуктор левого суппорта и тем самым дает возможность управления главным электроприводом и электроприводом установочных перемещений по сигналам управления, поступающим как от ППУ, так и от УЧПУ. Это обеспечивает возможность двойного управления станком.

Управление перемещениями суппорта по горизонтали и вертикали осуществляется программно от УЧПУ с помощью электромагнитных муфт ЭМ1–ЭМ7, которые соответствующим образом переключают редуктор электропривода суппорта. При этом регулирование скорости подачи суппорта осуществляется одновременно по осям X и Z в диапазоне от 5 мм/мин до 2000 мм/мин 18-ю ступенями с помощью электромагнитных муфт ЭМ 8...ЭМ15, которые изменяют передаточные соотношения редуктора. Такой принцип управления суппортом обеспечивает либо раздельное управление по осям с заданной ско-

ростью подачи, либо совместное движение осей с одинаковой скоростью. При этом резец перемещается только под углом, кратным 45° .

На модернизированном левом суппорте, также оставлено штатное копировальное оборудование, что позволило обеспечить работу системы управления станком как в штатном режиме от подвешного пульта управления (ППУ), так и в режиме управления от УЧПУ. Выбор режима работы станка выполняется тумблером 1-3В5 «УЧПУ-ППУ» и дополнительным реле управления (РУ), которое установлено в корпусе ППУ. При установке этого тумблера в положение «УЧПУ» срабатывает реле РУ, которое снимает питание +24 В со штатных цепей управления электроприводом станка (все цепи аварийной защиты станка остаются в работе), и подключаются цепи управления ЦСУ.

Схема размещения оборудования ЦСУ на копировальном станке показана на рис. 3. УЧПУ крепится непосредственно к ППУ на штатном подвесном устройстве. Модули входов и релейных выходов ЦСУ размещаются на верхней части станка в главной распределительной коробке (ГРК). Информационные трассы от ДЛП и ДУНС прокладываются по металлоконструкциям левого суппорта и, проходя через соединительную коробку СК1-3, поступают в ГРК, после чего через трубу подвеса ППУ подходят к УЧПУ.

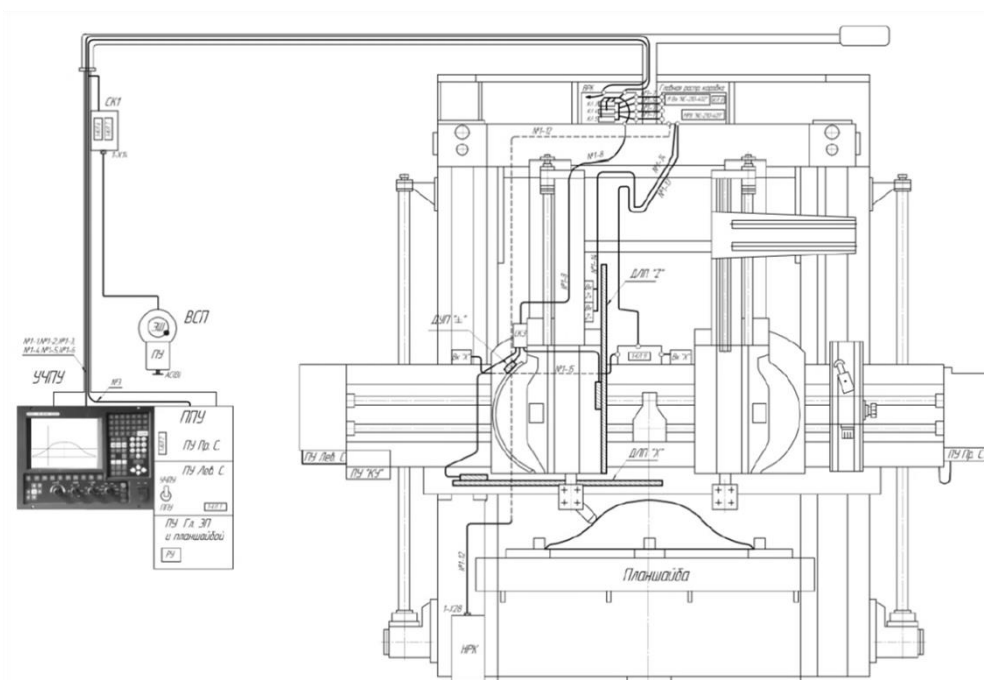


Рис. 3. Схема размещения оборудования ЦСУ и прокладки кабельных трасс на станке модели 1525

Программное обеспечение (ПрО) процесса управления копировальным станком является составной частью ЦСУ станка. Основой системы управления является УЧПУ NC-201M, которое представляет собой промышленный компьютер, имеющий набор периферийных модулей для управления механизмами станка. Для подготовки такого компьютера к работе в конкретной системе необходимо выполнить установку параметров и характеристик управляемого оборудования, а также аппаратных и программных модулей компьютера, т. е. выполнить его характеризацию [7].

После завершения процедуры характеризации разрабатывается программа управления вспомогательными механизмами станка, или программа логики (ПЛ) управляемого оборудования [6]. Эта программа обеспечивает адаптацию управляемого оборудования станка к техническим возможностям УЧПУ.

Кроме того создано ПрО, реализующее управление работой копировального станка в ручном режиме и в режиме автоматического копирования с использованием цифровых моделей обрабатываемых деталей. При этом профиль обрабатываемой детали, представленный цифровой моделью в виде координат большого числа элементарных отрезков, вносится в память ЦСУ, затем в процессе обработки на каждом элементарном участке дополнительно осуществляется автоматическое слежение траектории движения рабочего органа станка (резца) за положением линии отрезка. При этом по результатам измерения перемещений резца определяются отклонения положения резца от теоретических координат линии обрабатываемого отрезка и в зависимости от величины отклонения, скорости подачи, угла наклона текущего элементарного отрезка и заданной ширины зоны слежения ЦСУ генерирует сигналы управления, поступающие на электромагнитные муфты следящей подачи, которые в нужные моменты времени включают и выключают подачу, тем самым обеспечивая автоматическое слежение в заданной зоне за положением линии отрезка.

С учетом указанных возможностей управления суппортом станка при его работе в режиме автоматического копирования можно реализовать несколько способов и вариантов слежения за профилем [4, 5]. Пример одного из способов, реализованного при модернизации станка модели 1525, показан на рис. 4.

Суть предложенного способа заключается в следующем.

Перед началом обработки оператор задает скорость рабочей подачи v_z , глубину резания t и ширину зоны слежения δ , величина которой может быть достаточно малой (1...100 мкм). Затем дается команда «Пуск» и в соответствии с управляющей программой выполняется последовательная обработка всех элементарных отрезков цифровой модели профиля.

В одноприводных станках с электромагнитными муфтами управления осями применение интерполяторов невозможно, так как скорость подачи по обеим осям будет одинаковой и зависит только от скорости вращения главного привода. Поэтому траектория движения резца может быть только

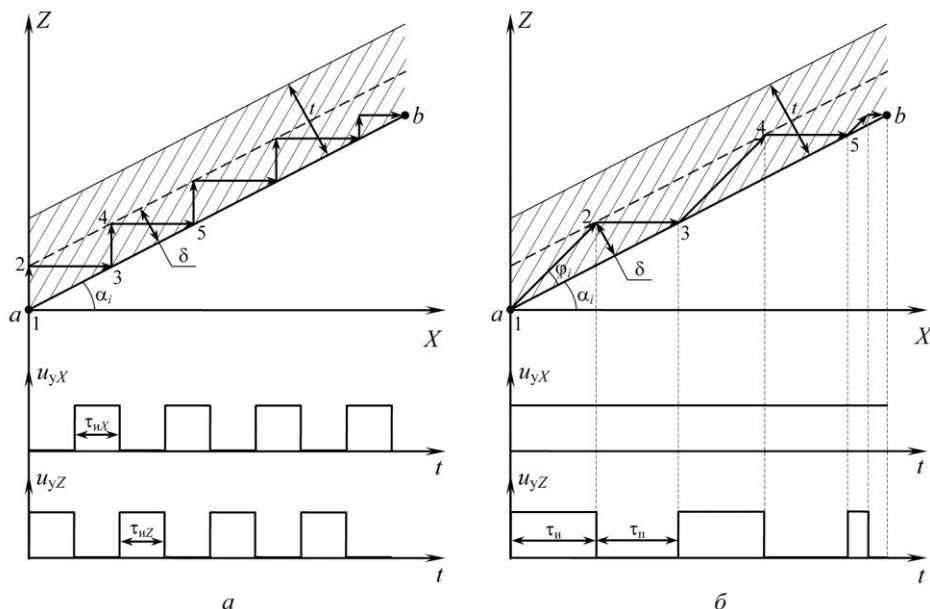


Рис. 4. Варианты траектории движения резца с использованием слежения за линией

двух видов: либо отдельно по каждой оси при раздельном управлении осями, либо под углом 45° при совместном управлении осями, от точки a к точке b . Такой способ управления не приемлем, так как не позволяет получать хорошее качество обрабатываемой поверхности и требует разбивать профиль на очень большое число отрезков.

Поэтому целесообразно при движении резца внутри каждого отрезка ввести дополнительно автоматическое слежение за положением линии отрезка в плоскости резания XZ . При этом также возможны два варианта траектории движения резца (при раздельном и совместном управлении осями), которые показаны на рис. 4, где также изображены временные диаграммы напряжения управления u_y , поступающего на соответствующие ЭМ управления осями.

Рассмотрим особенности траектории движения резца от начальной точки a к конечной точке b вдоль линии отрезка с углом наклона $\alpha_i \approx 30$ при раздельном управлении осями (рис. 4, a).

Как видно из рис. 4, a , при раздельном управлении осями система управления формирует поочередно для каждой оси импульсы u_y определенной длительности $t_{и} = f(v_3, \alpha_i, \delta, \rho_{эм})$, зависящей от заданной скорости подачи v_3 , угла наклона отрезка α_i , ширины трубки слежения δ , величины выбега привода по осям X и Z и т. д.

Основные недостатки рассмотренного метода слежения с раздельным управлением осями:

1) сравнительно высокая шероховатость обрабатываемой поверхности, которая в основном определяется величинами α_i и δ ;

2) ухудшение динамики работы приводов подач по осям X и Z , так как происходит периодическое включение и отключение электромагнитных муфт управления осями, при этом частота переключения зависит от v_3 , α_i и δ ;

3) затруднение точного попадания в расчетные точки 1, 2, 3 и т. д. (рис. 4, а) вследствие инерционности приводов осей и наличия выбега после отключения подачи. Поэтому возможны перебеги при больших значениях скорости v_3 и, как следствие, пропуски отдельных циклов слежения, что негативно сказывается на качестве обработанной поверхности.

При использовании совместного управления осями X и Z (рис. 4, б) влияние указанных недостатков проявляется в меньшей степени, повышается качество обработанной поверхности. В этом случае целесообразно ввести следующие понятия: ВП – «ведущая» подача, СП – «следящая» подача, которые однозначно определяются углом наклона отрезка α_i . При $\alpha_i < 45^\circ$ ведущей является подача по оси X (ВП $_X$), следящей – подача по оси Z (СП $_Z$). При $\alpha_i > 45^\circ$ наоборот – ведущей будет подача по оси Z (ВП $_Z$), а следящей – по оси X (СП $_X$). Чередование ВП и СП происходит во всех 8-ми секторах обработки. При $\alpha_i = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ или 315° подачи по обеим осям работают одновременно с одинаковой скоростью и резец перемещается в плоскости резания под углом, кратным 45° .

Основная особенность данного метода состоит в том, что ВП работает непрерывно, при этом на электромагнитную муфту управления этой осью подается постоянное напряжение $U_{\text{п}} = 24$ В, резец перемещается с постоянной заданной скоростью v_3 . СП включается и выключается периодически в расчетных точках 1, 2, 3 и т.д. При этом на электромагнитную муфту управления осью СП подаются импульсы напряжения $u_{\text{в(СП)}}$ длительностью $t_{\text{п}}$. Координаты расчетных точек определяются как точки пересечения линии движения резца с исходной линией обрабатываемого отрезка (точки 1, 3, 5 и т.д.) и с линией зоны слежения (точки 2, 4, 6 и т. д.), которая параллельна исходной линии на расстоянии заданной ширины зоны слежения δ . Расчетные значения координат точек слежения представлены в таблице.

Расчетные значения координат точек слежения

Угол наклона i -го отрезка теоретической кривой	Расчётные координаты j -й точки кривой слежения
$\alpha_i = \arctg \frac{Z_{\text{ки}} - Z_{\text{ни}}}{X_{\text{ки}} - X_{\text{ни}}}$	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)} + \Delta x_j$ $b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)}$ $\Delta x_j = \frac{a + \delta}{\sin \alpha_i}$
	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)}$ $b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)} + \Delta z_j$ $\Delta z_j = \frac{a + \delta}{\cos \alpha_i}$
	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)} + \Delta x_j$ $\Delta x_j = \Delta z_j = \frac{a + \delta}{\cos \alpha_i - \sin \alpha_i}$ $b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)} + \Delta z_j$

Как видно из рис. 4, б импульсный метод управления СП обеспечивает более плавную траекторию движения резца вдоль линии обрабатываемого отрезка (здесь угол перехода от точки к точке около 135° , вместо 90° в предыдущем варианте) и, как следствие, улучшается качество обрабатываемой поверхности. Увеличивается также длительность работы СП $t_{и(СП)}$ по сравнению с предыдущим методом, что улучшает динамику работы привода по осям X, Z.

Длительность формируемых импульсов управления $t_{и}$ в общем случае зависит от многих факторов: заданной оператором скорости подачи v_z , угла наклона отрезка α_i , ширины трубки слежения δ , электромагнитной постоянной привода СП $\tau_{эм}$ и т. д. Функциональная связь $t_{и}$ с указанными факторами подробно рассмотрена в [5].

Программа копирования реализована как типовая управляющая программа для станка. Особенностью программы копирования является использование двух процессов, которые загружаются одновременно в память УЧПУ: первый процесс (основной) реализует собственно алгоритм слежения путем расчета координат точек реальной кривой по соотношениям, приведенным в таблице, второй процесс реализует проверку достижения инструментом требуемой координаты при трех видах движения – горизонтальном, вертикальном и совместном (под углом, кратным 45°).

Следует отметить, что управляющая программа позволяет формировать два сигнала «Аварийный стоп»:

первый сигнал – по заглоблению резца в контур обрабатываемой детали; при этом величина заглобления задается оператором в диалоговом режиме в пределах 0,005 и 0,010 мм соответственно для чистовой и черновой обработок;

второй сигнал – по выходу резца из зоны слежения; срабатывание этого сигнала задается примерно величиной $(1,5 \dots 2,0) \delta$ слежения.

При срабатывании одного из программных сигналов «Аварийный стоп» УЧПУ снимает сигнал «Готовность», отключает питание +24 В от модуля выходов, останавливает подачи по обеим осям, запоминает координату останова, анализирует причину срабатывания защиты и выдает информацию на дисплей.

Разработанная ЦСУ смонтирована на копировальном станке модели 1525 и используется в производственных условиях. Испытания ЦСУ и разработанных методов управления подачами были проведены в цехе специального винтообрабатывающего производства ОАО ЦС «Звездочка». После установки и наладки необходимого оборудования на станок модели 1525 была установлена заготовка обрабатываемой детали и в УЧПУ была загружена цифровая модель контура (рис. 5, а). Затем в соответствии с разработанной инструкцией по эксплуатации была произведена обработка заготовки (рис. 5, б).

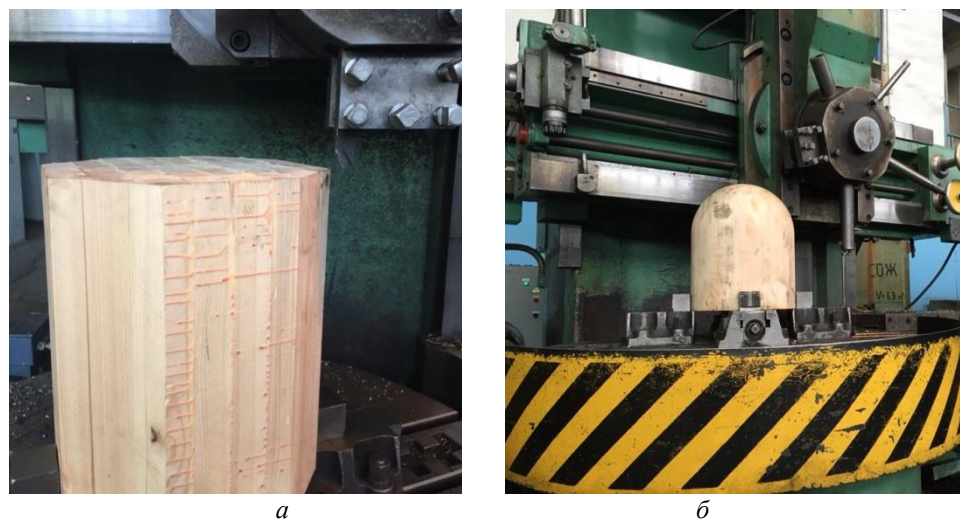


Рис. 5. Деревянная модель до (а) и после (б) обработки

Качество обработанной деревянной модели контролировали при помощи фотограмметрической измерительной системы V-STARSD5 (рис. 6)

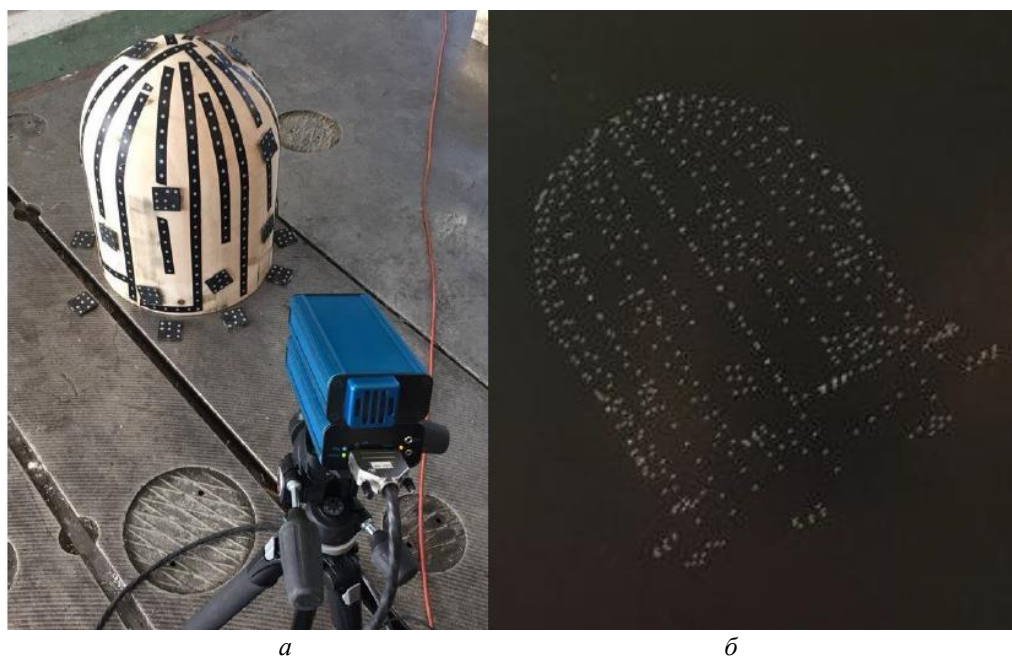


Рис. 6. Контроль качества фотограмметрической измерительной системы V-STARSD5:
а – установка меток на модель, б – полученное поле точек

Выводы

1. ЦСУ позволяет существенно расширить функциональные возможности станка и номенклатуру обрабатываемых деталей.
2. Трудоемкость обработки деталей снижается за счет исключения операций изготовления жестких копиров (шаблонов профиля) и точной настройки копировальных устройств.
3. Повышение качества обработки деталей, дает возможность применять современные информационные технологии при подготовке производства в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Емельянов С.А.* Модернизация станков с ЧПУ: семь практических советов // Современные технологии автоматизации. 2005. № 2. С. 76–83.
2. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Лобанов Н.В., Ульяничев Д.А.* Методы программного управления станками с одним главным приводом и автоматической коробкой передач // СТИН. 2013. № 8. С. 2–7.
3. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Ульяничев Д.А.* Применение цифровых моделей тел вращения при обработке на копировальных станках // СТИН. 2013. № 7. С. 26–29.
4. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Лобанов Н.В., Харитonenko В.Т., Ульяничев Д.А.* Способ автоматизированного управления копировальным токарным станком // Положительное решение о патенте по заявке на изобретение RU 2012116175/02 от 24.02.2012. Оpubл. 27.10.2013.
5. Устройство числового программного управления NC-201M. Программирование интерфейса PLC. СПб.: Балт-Систем, 2008. 242 с.
6. Устройство числового программного управления NC-201M. Руководство по характеристике. – СПб.: Балт-Систем, 2008. 202 с.
7. Устройство числового программного управления NC-201M. Руководство по эксплуатации и руководство оператора. СПб.: Балт-Систем, 2008. 118 с.

Поступила 09.02.16

UDC 674.023

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.121

Improving the Quality of the Wooden Patterns Processing on a Turning-and-Boring Single-Drive Lathe

F.V. Cherepenin, Candidate of Engineering Sciences, Professor

S.M. Skovpen', Candidate of Engineering Sciences, Professor

D.A. Ul'yanichev, Postgraduate Student

M.A. Byzova, Postgraduate Student

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Captain Voronin str., 6, Severodvinsk, 164500, Russian Federation; e-mail: ulyanichevda@gmail.com

One of the important stages in the creation of products for the shipbuilding industry, such as the large-sized propeller fairings, is the manufacture of wooden patterns of cast billets. The models of wood are mostly popular in this field of production, because of the singularity and small-series production and the nomenclature of castings is very wide and has a large spread of mass-dimensional characteristics. The accuracy of a blank manufacturing is determined by the quality of the pattern equipment used in a casting form manufacture. Currently, the equipment used in the patternmaking by the Russian enterprises is out of date. The share of new equipment due to its high cost is not great, and the available modern machines are constantly loaded. This is a reason of degradation of the finishing operations mechanization of the large-sized wooden models forming and a high proportion of manual highly skilled labor in the manufacturing process and the high units costs. Widely used the turning-and-boring lathes that first need to be upgraded can be used in the manufacture of large-sized wooden models of propeller fairings. The rigid mechanical tracer templets with the electromechanical systems of tracking a profile by means of the electric feeler moving synchronously with a cutter on the templet are used in such machines. In addition, they have one main electric drive and an automatic gearbox with electric couplings, providing separate and simultaneous control advance of tool in two coordinates. Replacement of one main electric drive together with a gear by the modern servo drivers in each axis with the CNC corresponding types requires a significant investment; it is very labor consuming and contemplates a long-term lathe removing from the technological process. Therefore, the task of developing of methods and technical means of programmable control of the tracer templets without the replacing of the used electrical drive and the basic equipment of the lathe is up to date. The paper presents a digital control system of a turning-and-boring single-drive lathe. Its use can significantly extend the functionality of the lathes and the range of details, reduce the complexity of processing by eliminating the manufacturing of rigid forms (profile templates) and fine control of copiers, improve the quality of processing, use the modern information technologies in the preparation of production as a whole. The upgraded turning-and-boring lathes significantly reduce the share of manual labor in the finishing operations of the large-sized wooden models forming.

Keywords: fairing, foundry pattern, single-drive lathe, digital control system.

REFERENCES

1. Emel'yanov S.A. Modernizatsiya stankov s ChPU: sem' prakticheskikh sovetov [Modernization of CNC: Seven Practical Tips]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii* [Contemporary Technologies in Automation], 2005, no. 2, pp. 76–83.
2. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Lobanov N.V., Ul'yanichev D.A. Metody programmnoy upravleniya stankami s odnim glavnym privodom i avtomaticheskoy korobkoy podach [Methods of Programmable Control of the Lathes with One Main Drive and Automatic Gear Box]. *STIN*, 2013, no. 8, pp. 2–7.
3. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Ul'yanichev D.A. Primenenie tsifrovyykh modeley tel vrashcheniya pri obrabotke na kopiroval'nykh stankakh [The Use of Digital Models of Rotating Bodies in the Processing at Tracer Templets]. *STIN*, 2013, no. 7, pp. 26–29.
4. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Lobanov N.V., Kharitonenko V.T., Ul'yanichev D.A. *Sposob avtomatizirovannogo upravleniya kopiroval'nym tokarnym*

stankom [The Method of Automated Control of a Copying Lathe]. Favourable Decision no. RU 2012116175/02, 2012.

5. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Programmirovaniye interfeysa PLC* [The Numerical Control Unit NC-201M. PLC Interface Programming]. St. Petersburg, 2008. 242 p.

6. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Rukovodstvo po kharakterizatsii* [The Numerical Control Unit NC-201M. Software Characterization]. St. Petersburg, 2008. 202 p.

7. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Rukovodstvo po ekspluatatsii i rukovodstvo operatora* [The Numerical Control Unit NC-201M. Operating and Operator's Manual]. St. Petersburg, 2008. 118 p.

Received on February 09, 2016
