

**Ключевые слова:**

технологические возможности, обрабатывающий центр, формообразующие движения, модуль поверхностей, точность станка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТОКАРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

Александр САХАРОВ, Наталья РОДИОНОВА

Показано определение технологических возможностей токарного обрабатывающего центра по изготовлению модулей поверхностей деталей.

Технологические возможности станка – это перечень изготавливаемых на нем предметов производства с определенными диапазонами размеров и точности на деталях с определенными габаритными размерами.

Проведенное исследование [1] показало, что в формулировках назначения станков, приведенных в паспортах и рекламных проспектах, существует недостаток информации о технологических возможностях станков. Это приводит к трудностям при формировании производственной программы предприятия, определении возможности выполнения отдельных заказов по выпуску деталей, при проектировании технологических процессов изготовления деталей и приобретении станка.

Решение данной проблемы было найдено в использовании модуля поверхностей (МП) детали в качестве предмета производства на станке. Под МП понимается сочетание поверхностей, объединенных совместным выполнением определенной служебной функции детали [2]. В отличие от поверхностей, сочетаний поверхностей и деталей, МП имеет ограниченную номенклатуру, насчитывающую по классификации двадцать шесть видов МП, разделенных на три класса: базирующие, рабочие и связующие. Каждый МП имеет свой ряд типовых конструкций, а каждая конструкция – свою классификацию по размерам, точности и шероховатости.

Для определения технологических возможностей станка по изготовлению МП была разработана методика со следующими исходными данными: методы обработки, реализуемые на станке; применяемый обрабатывающий инструмент и технические характеристики станка. С помощью перечисленных исходных данных необходимо последовательно выполнить следующие этапы:

- определить поверхности, изготавливаемые на станке;
- определить МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определить соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении;
- определить положения МП в рабочем пространстве станка;
- определить диапазоны размеров МП, получаемые на станке;
- определить достижимую точность изготовления МП на станке.

Данная методика была использована при определении технологических возможностей токарного, фрезерного, сверлильно-фрезерно-расточного [3, 4, 5] и ряда других станков.

В настоящее время на машиностроительном производстве широкое распространение получают различные многоцелевые станки для обработки призматических деталей и деталей типа тела вращения. Анализ формулировок назначения таких станков показывает, что их технологические возможности описаны недостаточно подробно. В связи с этим задача по определению технологических возможностей многоцелевых станков представляется весьма актуальной.

В качестве типового представителя многоцелевых станков для обработки деталей типа тела вращения рассмотрим токарный обрабатывающий центр WT-150 фирмы Nakamura-Tome. Этот станок оснащен противошпинделем, а также имеет верхнюю и нижнюю револьверные головки с приводными инструментами.

Для определения технологических возможностей данного станка по изготовлению МП вначале

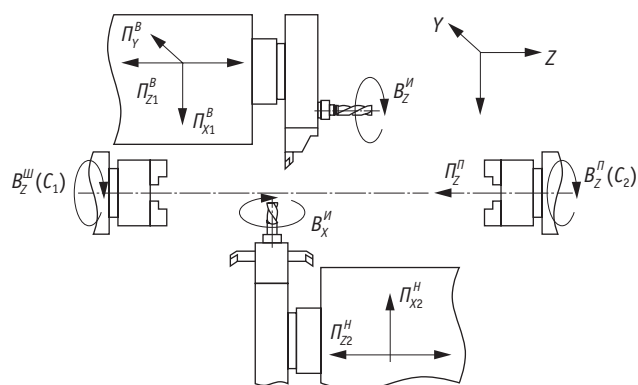


Рис. 1. Формообразующие движения рабочих органов токарного обрабатывающего центра WT-150

установим поверхности, изготавливаемые на станке. Они определяются методами обработки на станке, схемами формообразующих движений станка (СФД) и в некоторых случаях применяемыми обрабатываемыми инструментами.

Рабочие органы станка WT-150 совершают следующие формообразующие движения (рис. 1): B_z^{III} – вращение шпинделя с заготовкой вокруг оси Z (поворотная ось C_1), перемещение верхней револьверной головки вдоль оси Z (Π_{z1}^B), вдоль оси X (Π_{x1}^B) и вдоль оси Y (Π_Y^B), B_z^{II} – вращение противושпинделя с заготовкой вокруг оси Z (поворотная ось C_2), перемещение нижней револьверной головки вдоль оси Z (Π_{zz}^H), вдоль оси X (Π_{x2}^H), Π_z^H – перемещение противושпинделя вдоль оси Z, B_z^I – вращение осевого инструмента вокруг оси Z, B_x^I – вращение осевого инструмента вокруг оси X.

В табл. 1 по каждому методу обработки, реализуемому на станке WT-150, представлены СФД, применяемый обрабатывающий инструмент и изготавливаемые поверхности.

По перечню поверхностей, изготавливаемых на станке (см. табл. 1), надо определить виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Виды МП определяются по номограмме (рис. 2), где на оси Y отмечены поверхности, входящие в состав всех МП, на оси X обозначены виды МП, а на оси Z отмечены модели станков.

В плоскости YZ номограммы были выделены все поверхности, изготавливаемые на токарном обрабатывающем центре WT-150. Затем в плоскости XY номограммы были найдены ячейки, которые показывают виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности.

Например, резьбовая наружная поверхность (рис. 2) присутствует в составе МП Б212, коническая внутренняя поверхность присутствует в МП Б41, МП Р121, МП С121, а цилиндрическая наружная поверхность – в составе МП Б312, МП Б322, МП Р122 и МП С122.

Таблица 1. Характеристика методов обработки, реализуемых на станке WT-150

№	Метод обработки	СФД	Обрабатывающий инструмент	Изготавливаемая поверхность
1	Продольное точение	1) B_z^{III}, Π_{z1}^B 2) B_z^{II}, Π_{z1}^B	Проходной резец	Цилиндрическая наружная
2	Растачивание	3) B_z^{II}, Π_{zz}^H 4) B_z^{III}, Π_{zz}^H	Расточной резец	Цилиндрическая внутренняя
3	Поперечное точение	1) B_z^{III}, Π_{x1}^B 2) B_z^{II}, Π_{x1}^B 3) B_z^{II}, Π_{x2}^H 4) B_z^{III}, Π_{x2}^H	Подрезной резец	Плоская наружная
			Канавочный резец	Плоская внутренняя
4	Фасонное точение	1) $B_z^{III}, \Pi_{z1}^B, \Pi_{x1}^B$ 2) $B_z^{II}, \Pi_{z1}^B, \Pi_{x1}^B$ 3) $B_z^{III}, \Pi_{zz}^H, \Pi_{x2}^H$ 4) $B_z^{II}, \Pi_{zz}^H, \Pi_{x2}^H$	Проходной резец	Коническая наружная и внутренняя, фасонная наружная и внутренняя вращения
5	Нарезанные резьбы	1) $B_z^{III} \times \Pi_{z1}^B$ 2) $B_z^{II} \times \Pi_{z1}^B$ 3) $B_z^{II} \times \Pi_{zz}^H$ 4) $B_z^{III} \times \Pi_{zz}^H$	Резьбовой резец	Резьбовая наружная и внутренняя
			1) $B_z^I \times \Pi_{z1}^B$ 2) $B_x^I \times \Pi_{x2}^H$	Метчик
6	Фрезерование торцовое	1) B_x^I, Π_{zz}^H 2) B_x^I, Π_{z1}^B 3) B_z^I, Π_{x1}^B 4) B_z^I, Π_{x2}^H 5) B_x^I, Π_z^H	Торцовая, концевая фреза	Плоская наружная
7	Фрезерование фасонное	1) $C_1, \Pi_{zz}^H, \Pi_{x2}^H, B_x^I$ 2) $C_2, \Pi_{zz}^H, \Pi_{x2}^H, B_x^I$ 3) $C_1, \Pi_{x1}^B, \Pi_Y^B, B_z^I$ 4) $C_2, \Pi_{x1}^B, \Pi_Y^B, B_z^I$	Концевая фреза	Фасонная замкнутого контура; фасонная незамкнутого контура
8	Сверление	1) B_z^I, Π_{z1}^B 2) B_x^I, Π_{x2}^H	Сверло спиральное	Цилиндрическая внутренняя

Примечание: $B_z^{III} \times \Pi_{z1}^B$ – связанные движения рабочих органов станка: вращение шпинделя с заготовкой и продольное перемещение верхней револьверной головки с резьбовым резцом.

Конструкцию МП можно изготовить на станке, если на нем могут быть изготовлены все поверхности этого МП. Например, у МП Б212, кроме резь-

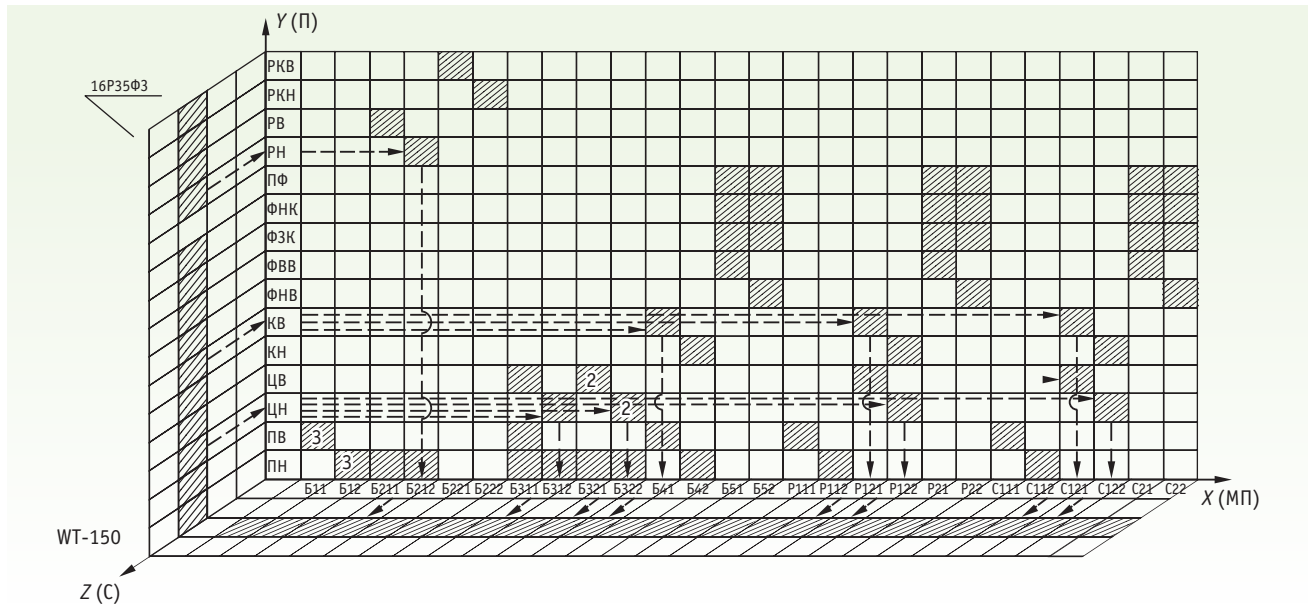


Рис. 2. Номограмма для определения видов МП, изготавливаемых на станке

бойкой наружной поверхности, изготавливаемой на станке WT-150, присутствует плоская наружная поверхность. Проверка по номограмме показывает, что плоская наружная поверхность может быть изготовлена на токарном станке WT-150, следовательно, вся конструкция МП Б212 может быть изготовлена на этом станке. В результате с помощью номограммы были установлены следующие виды МП, изготавливаемые на токарном обрабатывающем центре WT-150: Б11, Б12, Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б322, Б41, Б42, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21 и С22.

После определения видов МП надо проверить соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с положениями этих поверхностей в рабочем пространстве станка при изготовлении.

Для этого конструкцию МП условно размещают в рабочем пространстве станка таким образом, чтобы одна из поверхностей МП занимала положение, обеспечивающее возможность ее изготовления. После этого проверяются остальные поверхности МП на соответствие требуемому положению. Если одна из поверхностей МП не совпадает с требуемым положением, то всю конструкцию МП невозможно изготовить на станке.

В качестве примера рассмотрим конструкцию МП Б311, состоящую из плоской наружной поверхности (торца), цилиндрической внутренней поверхности и боковой поверхности шпоночного паза (плоской внутренней поверхности). Совмещение оси цилиндрической внутренней поверхности МП Б311 с осью вращения шпинделя (рис. 3) показывает, что боковая поверхность шпоночного паза расположена параллельно оси вращения шпинделя, что не

соответствует требуемому положению. Для изготовления шпоночного паза в данном случае необходимо использовать специальное оборудование соответствующей точности и мощности (строгальный, долбежный или протяжной станок) и специальный режущий инструмент.

Поскольку токарный обрабатывающий центр WT-150 относится к станкам высокой точности, то изготавливать на нем шпоночный паз нецелесообразно. Поэтому МП Б311 со шпоночным пазом был исключен из перечня МП, изготавливаемых на станке.

Для определения диапазонов размеров МП, получаемых на станке, необходимо воспользоваться схемой рабочего пространства станка. На схеме должны быть указаны: габаритные размеры рабочего пространства станка, габаритные размеры обрабатываемой заготовки, диапазоны перемещений рабочих органов станка. Диапазоны размеров МП определяются путем установления связей меж-

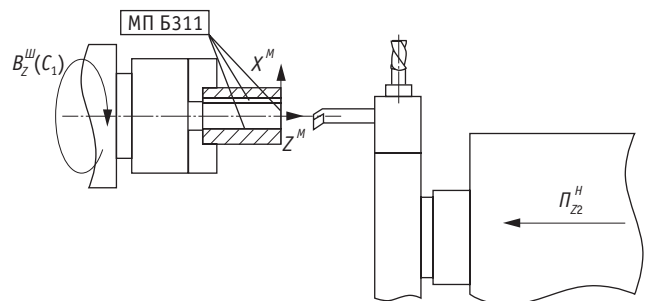


Рис. 3. Положение поверхностей МП Б311 в рабочем пространстве станка WT-150

ду техническими характеристиками станка и размерными характеристиками МП.

Например, определим наибольшие диапазоны размеров МП Б312, получаемые на токарном обрабатывающем центре WT-150. Данный МП состоит из цилиндрической наружной поверхности и торца (рис.4).

Схема рабочего пространства станка с диапазонами перемещений верхней и нижней револьверных головок по координатным осям (X_1, X_2, Z_1, Z_2), а также максимальные размеры обрабатываемой заготовки показаны на рис. 4. Согласно техническим характеристикам станка WT-150, максимальный диаметр токарной обработки составляет 190 мм, а максимальная длина обработки – 400 мм. Следовательно, диаметры цилиндрической наружной поверхности (d) и торца (D) МП Б312 будут находиться в диапазоне 0–190 мм, а длина цилиндрической наружной поверхности (l) в диапазоне 0–400 мм.

На заключительном этапе устанавливается достижимая точность изготовления МП, которая зависит от геометрической точности станка, поскольку на чистовых режимах обработки, когда получают максимальную точность, действие других факторов незначительно. В свою очередь, геометрическая точность станка характеризуется показателями точности, которые для каждого типа станка регламентированы соответствующими стандартами.

Точность токарных обрабатывающих центров регламентирована ГОСТ ISO 13041-1-2017 [6]. В данном стандарте представлены проверки геометрической точности передней бабки шпинделя, группа проверок, показывающих взаимосвязь между передней бабкой шпинделя и осями линейного переме-

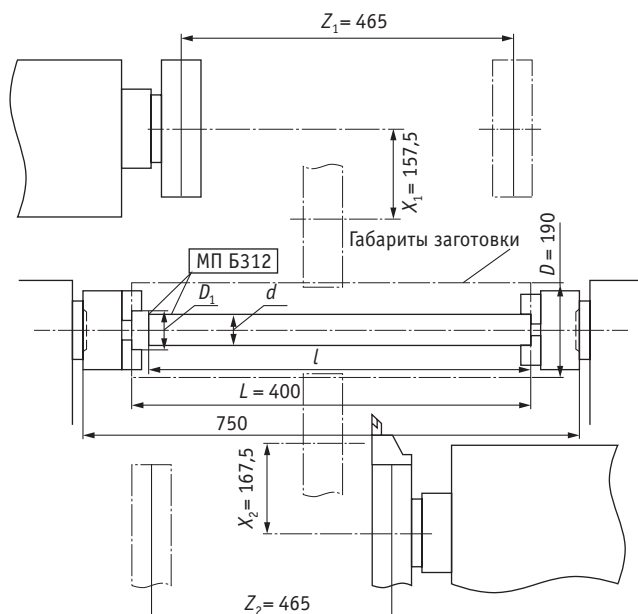


Рис. 4. Схема рабочего пространства станка WT-150

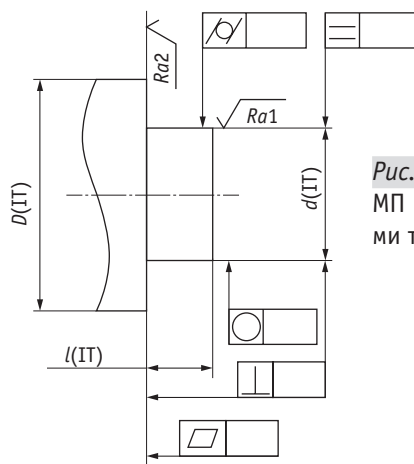


Рис. 5. МП Б312 с показателями точности

щения, проверки на угловые отклонения перемещения линейных осей, проверки задней бабки и револьверной головки с инструментальным шпинделем, а также проверки для поворотной передней бабки и револьверной головки.

В свою очередь, точность МП описывается точностью размеров, точностью формы поверхностей, точностью относительного положения и шероховатостью поверхностей. Например, точность МП Б312 (рис. 5) будет описываться:

- точностью размеров: диаметра (d) и длины (l) цилиндрической наружной поверхности, диаметра торца (D);
- точностью формы: отклонением от цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения цилиндрической наружной поверхности, отклонением от плоскостности торца;
- точностью относительного положения поверхностей: отклонением от перпендикулярности торца относительно оси цилиндрической наружной поверхности;
- шероховатостью цилиндрической наружной поверхности (Ra_1) и торца (Ra_2).

Задача заключается в определении показателей геометрической точности станка, влияющих на каждый из показателей точности МП и определении величины возникающей погрешности на МП. Величины погрешностей МП, возникающие от действия геометрических погрешностей станка, определяются путем геометрических построений с помощью схем, показывающих влияние геометрических погрешностей станка на показатели точности МП.

Результаты по определению технологических возможностей станка оформляются в виде приложения к паспорту станка, в котором указывается перечень МП, изготавливаемых на станке и диапазоны их характеристик (диапазоны размеров, точности и шероховатости).

В нашем примере, после определения технологических возможностей токарного обрабатывающего центра WT-150 формулировка его назначения дополняется следующим содержанием: «Станок

предназначен для обработки по программе следующих МП: Б11, Б12, Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б322, Б41, Б42, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21 и С22 на деталях типа тела вращения с максимальными габаритными размерами по длине до 400 мм и до 190 мм по диаметру».

Таким образом, с помощью предложенной методики можно определить технологические возможности любого металлорежущего станка по изготовлению МП.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сахаров А. В.** Установление технологических возможностей станков для проектирования технологических процессов и обоснования производственной программы: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2012. 135 с.
2. **Базров Б. М.** Модульная технология в машиностроении. — М.: Машиностроение, 2001. 368 с., ил.
3. **Базров Б. М., Сахаров А. В.** Определение технологических возможностей станков токарной группы на модульном уровне // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 1. С. 44–48.
4. **Сахаров А. В., Арзыбаев А. М.** Определение технологических возможностей станков фрезерной группы на модульном уровне // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 4. С. 22–27.
5. **Сахаров А. В.** Определение технологических возможностей станков сверлильно-фрезерно-расточной группы на модульном уровне // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2018. № 4. С. 40–44.
6. ГОСТ ISO 13041-1-2017. Станки токарные с числовым программным управлением и токарные обрабатывающие центры. Условия испытаний. Часть 1. Геометрические испытания станков с горизонтальным шпинделем для крепления заготовки. — М.: Стандартинформ, 2018. 35 с.

САХАРОВ Александр Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории теории модульной технологии, Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

РОДИОНОВА Наталья Анатольевна – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории теории модульной технологии, Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1090 руб.

НОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ В СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Под редакцией Глазунова В. А.

В книге представлены новые механизмы параллельной структуры различных классов, имеющие широкие возможности применения в робототехнических системах для технологических и транспортных процессов в различных отраслях промышленности, а также космической и медицинской робототехнике. Проведены исследования в области кинематики, динамики и управления такими системами.

Рассмотрены механизмы мобильных роботов технологического и медицинского назначения, исследованы вопросы их динамики и управления. Представленные механизмы разработаны и исследованы в Институте машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук.

Книга предназначена для специалистов в области теории механизмов и машин, научных работников и инженеров, чья деятельность связана с созданием новых робототехнических систем, а также студентов, аспирантов и преподавателей.

М.: ТЕХНОСФЕРА
2020. – 316 с.
ISBN 978-5-94836-537-4

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎125319, Москва, а/я 91; ☎+7 495 234-0110; ☎+7 495 956-3346; ✉knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru

Высокоточные многофункциональные обрабатывающие центры

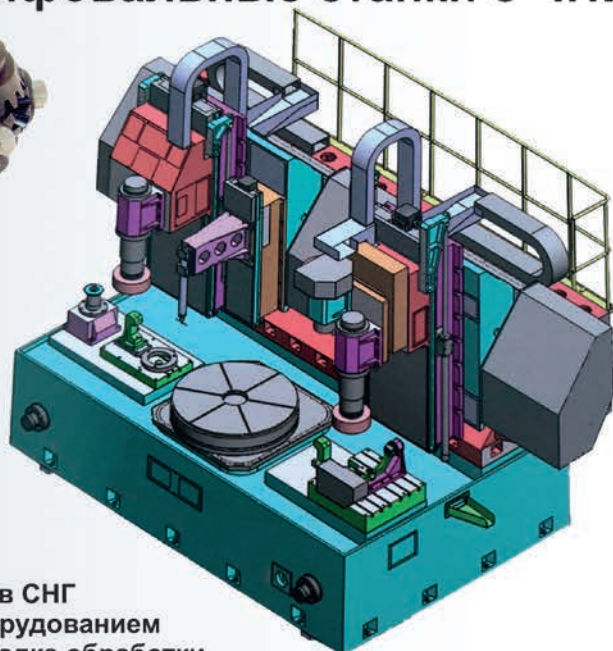
Вертикальные и горизонтальные обрабатывающие центры для одновременной обработки по пяти осям



Высокодинамичные прямые приводы с водяным охлаждением
Высокоточные ШВП и роликовые направляющие с преднатягом
Линейка высокоточных мотор-шпинделей до 63 кВт
Обрабатываемые материалы (при выборе соответствующего шпинделя при заказе): жаропрочные и титановые сплавы, сталь, чугун, цветные стали, композитные материалы.
Область применения: машиностроительные предприятия оборонно-промышленного, судостроительного, авиакосмического комплексов, инструментальное производство.
Система ЧПУ Балт-Систем NC-400

Вертикально-шлифовальные станки с ЧПУ

Контурное шлифование вертикальным и горизонтальным шпинделями
Автоматическая контурная правка инструмента
Интерполируемые линейные оси + поворот стола
Система ЧПУ Балт-Систем NC-400



Консультации и оперативный сервис в СНГ
Демонстрационный зал с действующим оборудованием
Технологическая подготовка производства, отладка обработки
Изготовление деталей Заказчика (направляйте чертежи на 53980@aaanet.ru)