

**Ключевые слова:**

технологические возможности, токарный станок, формообразующие движения, модуль поверхностей, точность станка

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНКОВ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ НА МОДУЛЬНОМ УРОВНЕ

**Борис БАЗРОВ, Александр САХАРОВ**

На примере токарного патронно-центрового станка показан подход к определению технологических возможностей станков токарной группы на модульном уровне.

Под технологическими возможностями станка понимается перечень изготавливаемых на нем конструкций модулей поверхностей (МП) с определенными диапазонами размеров, точности и шероховатости поверхностей на деталях с определенными габаритными размерами [1]. Эта информация должна присутствовать в формулировке назначения станка.

Проведенное исследование [2] показало, что в формулировках назначения станков, приводимых в паспортных данных и рекламных проспектах, как правило, информация об их технологических возможностях отсутствует или представлена неполно. В большей степени это актуально для универсальных станков и в меньшей степени – для специализированных и специальных (операционных) станков.

Из-за недостатка информации о технологических возможностях станков возникают трудности при формировании производственной программы предприятия, определении возможности выполнения отдельных заказов по выпуску деталей, при проектировании технологических процессов изготовления деталей и приобретении соответствующего оборудования.

Для решения этой проблемы была разработана методика определения технологических возможностей станков на модульном уровне.

Рассмотрим токарную группу станков, как наиболее распространенную на машиностроительных

предприятиях. В качестве примера для определения технологических возможностей выберем станок с наибольшей универсальностью: токарный патронно-центральный станок с ЧПУ 16Р35Ф3 в комплектации с 3-кулачковым самоцентрирующим патроном и 8-позиционной револьверной головкой с горизонтальной осью.

Токарный станок 16Р35Ф3 имеет следующую формулировку назначения: «Предназначен для обработки по программе цилиндрических, торцовых, конических, ступенчатых и криволинейных поверхностей деталей, включая нарезание резьб».

Исходными данными для определения технологических возможностей станка на модульном уровне являются методы обработки, реализуемые на станке, применяемый обрабатывающий инструмент и технические характеристики станка. Методика определения технологических возможностей станка состоит из следующих этапов:

- определения поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определения МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определения соответствия положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении;
- определения диапазонов размеров МП, получаемых на станке;

→ определения достижимой точности изготовления МП на станке.

Установим перечень поверхностей, изготавливаемых на станке. Они определяются методами обработки, схемами формообразующих движений станка (СФД) и, в некоторых случаях, видами применяемых обрабатывающих инструментов.

Рабочие органы токарного патронно-центрового станка 16Р35Ф3 совершают следующие формообразующие движения (рис. 1): вращение шпинделя с заготовкой вокруг оси Z ( $B_z^w$ ), продольное ( $\Pi_z^c$ ) и поперечное ( $\Pi_x^c$ ) перемещение суппорта с револьверной головкой.

В табл. 1 сопоставлены методы обработки, реализуемые на станке 16Р35Ф3, СФД станка по каждому методу обработки, применяемый обрабатывающий инструмент и изготавливаемые поверхности.

По перечню поверхностей из табл. 1 определим МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Согласно определению [3], МП представляет собой сочетание поверхностей, объединенных выполнением определенной служебной функции детали. Классификация МП содержит двадцать шесть видов модулей поверхностей, разделенных на три класса: базисные, рабочие и связующие. Каждый МП имеет свой ряд типовых конструкций, а каждая конструкция – свою классификацию по размерам, точности и шероховатости.

Определение МП осуществляется 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 размещены модели станков.

В плоскости YZ номограммы были выделены поверхности, изготавливаемые на токарном станке 16Р35Ф3. Затем в плоскости XY номограммы были найдены заштрихованные ячейки, показывающие виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности.

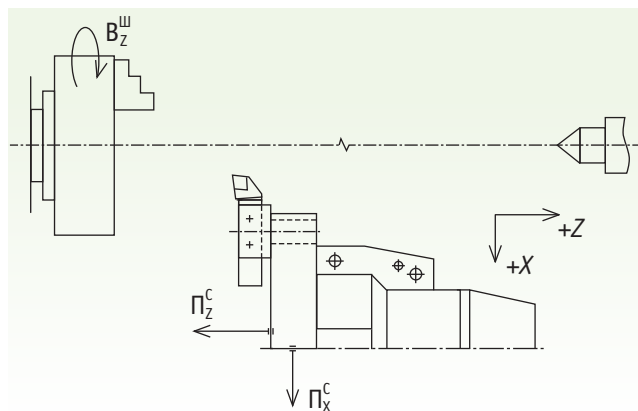


Рис. 1. Формообразующие движения рабочих органов токарного станка 16Р35Ф3

Таблица 1. Методы обработки, реализуемые на станке 16Р35Ф3

Метод обработки	СФД	Обрабатывающий инструмент	Изготавливаемая поверхность
Продольное точение	$B_z^w, \Pi_z^{c*}$	Проходной резец	Цилиндрическая наружная и внутренняя
Поперечное точение	$B_z^w, \Pi_x^c$	Подрезной резец	Плоская наружная и внутренняя
		Канавочный резец	Плоская внутренняя
Фасонное точение	$B_z^w, \Pi_z^c, \Pi_x^c$	Проходной резец	Коническая наружная и внутренняя
		Проходной резец	Фасонная наружная и внутренняя поверхность вращения
	$B_z^w, \Pi_x^c$	Фасонный резец	Фасонная наружная и внутренняя поверхность вращения
Нарезание резьбы	$B_z^w \times \Pi_z^{c*}$	Резьбовой резец	Резьбовая наружная и внутренняя
	$B_z^w \times \Pi_z^c \times \Pi_x^c$		Резьбовая коническая наружная и внутренняя

\*  $B_z^w \times \Pi_z^c$  – связанные движения рабочих органов станка: вращение шпинделя и продольное перемещение суппорта с резьбовым резцом.

Например, резьбовая внутренняя поверхность (рис. 2) есть в составе МП Б211, фасонная внутренняя поверхность вращения присутствует в МП Б51, МП Р21, МП С21, а цилиндрическая внутренняя поверхность есть в составе МП Б311, МП Б321, МП Р121 и МП С121.

Конструкцию МП можно изготовить на станке, если все поверхности данного МП могут быть изготовлены на этом станке. Например, из номограммы на рис. 2 видно, что в составе МП Б211 кроме резьбовой внутренней поверхности имеется и плоская наружная поверхность. Проверка по номограмме показывает, что плоская наружная поверхность может быть изготовлена на токарном станке 16Р35Ф3, следовательно, вся конструкция данного МП может быть изготовлена на этом станке.

В результате анализа номограммы был установлен перечень видов МП, изготавливаемых на токарном станке 16Р35Ф3: Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б41, Б42, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21 и С22.

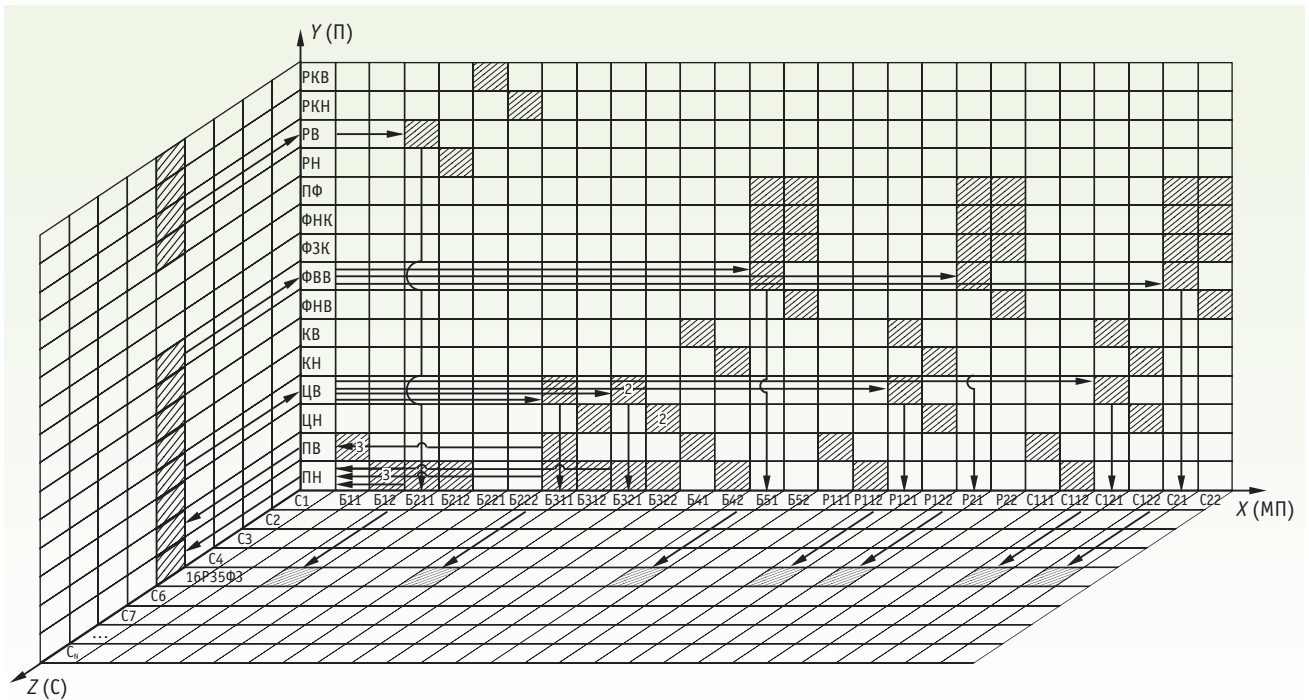


Рис. 2. Номограмма определения видов МП, изготавливаемых на станке

На следующем этапе определяется соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с положениями этих поверхностей в рабочем пространстве станка при изготовлении.

Для проверки составляется схема, на которой конструкцию МП условно размещают в рабочем пространстве станка так, чтобы одна из поверхностей МП занимала положение, обеспечивающее возможность ее изготовления. Затем проверяют остальные поверхности МП на соответствие требуемому положению. При несовпадении с ним хотя бы одной из поверхностей МП всю конструкцию этого МП нельзя будет изготовить на станке, и данный МП исключается из перечня.

Например, положение поверхностей конструкции МП Б211 в рабочем пространстве станка 16Р35Ф3 (рис. 3) соответствует требуемому положению, а второе цилиндрическое отверстие МП Б321 расположено несоосно оси вращения шпинделя, поэтому МП Б321 нельзя изготовить на токарном станке за одну установку заготовки. Конструкцию МП Б311 с боковой поверхностью шпоночного паз невозможно изготовить на данном токарном станке, поскольку нельзя получить плоскую внутреннюю поверхность, расположенную параллельно оси вращения шпинделя токарного станка.

В связи с этим, МП Б321 и конструкция МП Б311 с боковой поверхностью шпоночного паз были

исключены из перечня МП, изготавливаемых на станке.

Далее определяем диапазоны размеров МП, получаемые на станке. Для этого необходимо знать габаритные размеры рабочего пространства станка, диапазоны перемещений его рабочих органов и, в некоторых случаях, размеры рабочей части обрабатывающего инструмента.

Например, определим диапазоны размеров конструкции МП Б311, состоящей из цилиндрического отверстия и торца, получаемых на токарном станке 16Р35Ф3: диаметра ( $d$ ) и длины ( $l$ ) цилиндрического отверстия и диаметра торцевой поверхности ( $D$ ). Составим схему рабочего пространства станка, на которой покажем его рабочие органы

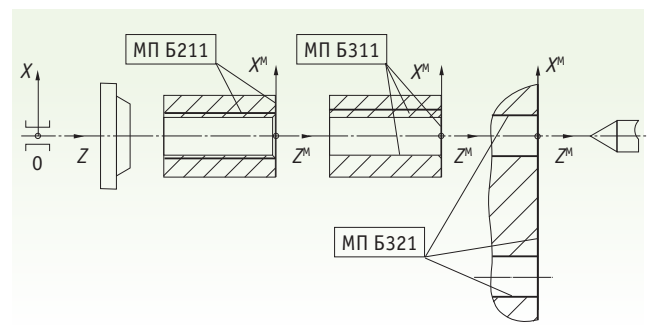


Рис. 3. Положение поверхностей МП Б211, МП Б311 и МП Б321 в рабочем пространстве токарного станка 16Р35Ф3

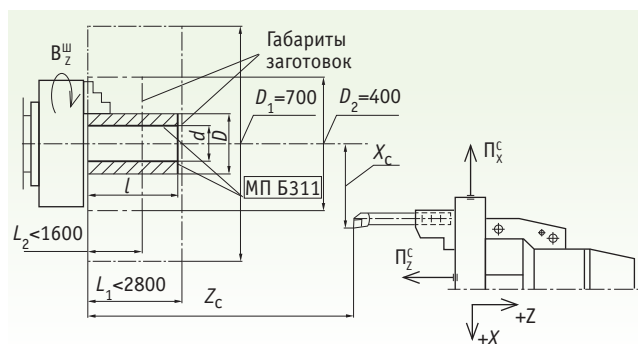


Рис. 4. Схема рабочего пространства токарного станка 16Р35Ф3 при изготовлении МП Б311

в исходном положении с диапазонами перемещений ( $X_c$ ,  $Z_c$ ) и максимальные размеры обрабатываемых заготовок (рис. 4).

Изготовление МП Б311 на токарном станке предполагает установку заготовки в 3-кулачковом самоцентрирующем патроне. Из условия обработки заготовки в патроне следует, что длина заготовки  $L < 4D$ . В соответствии с техническими характеристиками станка, наибольший диаметр заготовки  $D_1$ , устанавливаемой над станиной, составляет 700 мм, а наибольший диаметр обработки над суппортом  $D_2$  равен 400 мм. Поэтому, исходя из условия обработки заготовки в патроне, максимальная длина заготовки при обработке над станиной  $L_1$  не должна превышать 2 800 мм, а при обработке над суппортом  $L_2 < 1600$  мм. Эти размеры будут определять и диапазоны длин цилиндрического отверстия МП Б311:  $l_1 < 2800$  мм и  $l < 1600$  мм. Диаметр цилиндрического отверстия МП Б311 также определяется наибольшими диаметрами обработки над станиной и суппортом:  $d_1 < 700$  мм и  $d_2 < 400$  мм. Диаметр торца будет равен:  $D_1^{Б311} - 0 - 700$  мм и  $D_2^{Б311} - 0 - 400$  мм.

Следующим этапом является установление достижимой точности изготовления МП. Она 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 станков согласно ГОСТ 18097-93 [4] регламентирована восемнадцатью показателями, к которым относятся, например, точность установки направляющих в продольном и поперечном направлении, прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскости, осевое биение шпинделя передней бабки и др.

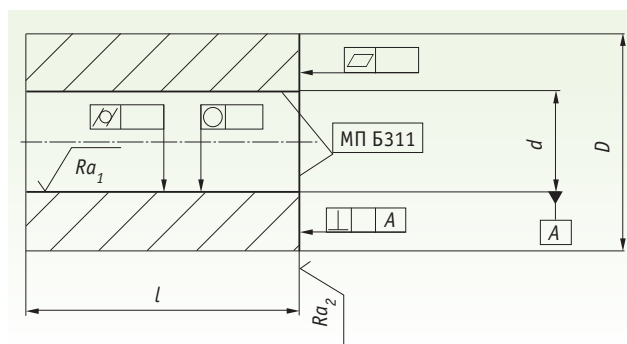


Рис. 5. Эскиз МП Б311 с показателями точности

Точность МП описывается точностью размеров, точностью формы поверхностей, точностью относительного положения и шероховатостью поверхностей. Например, точность МП Б311 (рис. 5) описывается:

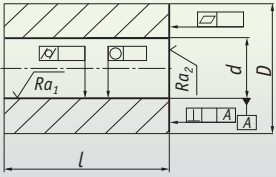
- точностью размеров: диаметра ( $d$ ) и длины ( $l$ ) цилиндрического отверстия, диаметра торца ( $D$ );
- точностью формы: отклонением от цилиндричности и круглости цилиндрического отверстия, отклонением от плоскостности торца;
- точностью относительного положения поверхностей: отклонением от перпендикулярности торца относительно оси цилиндрического отверстия;
- шероховатостью цилиндрического отверстия ( $Ra_1$ ) и торца ( $Ra_2$ ).

Задача заключается в установлении показателей точности станка, влияющих на каждый показатель точности МП, и определении величины их

Таблица 2. Достижимая точность изготовления МП Б311 на токарном станке 16Р35Ф3

№ п/п	Показатели точности МП Б311	Достижимая точность, мкм
1.	Отклонение от цилиндричности цилиндрического отверстия	15
2.	Отклонение от круглости цилиндрического отверстия в поперечном сечении	17
3.	Отклонение от плоскостности торца	10
4.	Отклонение от перпендикулярности торца относительно оси цилиндрического отверстия	40
5.	Шероховатость: цилиндрическое отверстие, $Ra_1$ торец, $Ra_2$	1,25 0,32

Таблица 3. Технологические возможности токарного станка 16Р35Ф3 на примере МП Б311

МП	Характеристики МП	Значение
Б311 	d, мм	30–400
	l, мм	5–1600
	D, мм	40–700
	IT(d)	8–6
	IT(l)	12–7
	IT(D)	8–6
	Ra <sub>1</sub> , мкм	1,25
	Ra <sub>2</sub> , мкм	0,32
	Отклонение от цилиндричности, мкм	15
	Отклонение от круглости, мкм	17
	Отклонение от плоскостности, мкм	10
Отклонение от перпендикулярности, мкм	40	

влияния. Величины погрешностей МП, возникающие от действия геометрических погрешностей станка, определяются путем геометрических построений на схемах, показывающих влияние геометрических погрешностей станка на показатели точности МП.

В качестве примера в табл. 2 показаны результаты определения достижимой точности изготовления МП Б311 на токарном станке 16Р35Ф3.

После определения технологических возможностей токарного станка 16Р35Ф3В на модульном уровне, формулировка его назначения будет иметь следующее содержание: «Станок предна-

значен для обработки по программе следующих МП: Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, 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 2000 мм и до 700 мм по диаметру».

Результаты по определению технологических возможностей станка оформляются в виде приложения к паспорту станка, в котором приводится перечень МП, изготавливаемых на станке, с указанием диапазонов получаемых характеристик (размеров, точности и шероховатости). В табл. 3 представлен фрагмент такого приложения с технологическими возможностями токарного станка 16Р35Ф3 на примере МП Б311.

Использование предложенной методики позволяет определять технологические возможности как отдельных станков, обладающих различной универсальностью, так и всего станочного парка предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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., Сахаров А.В.** Определение технологических возможностей станочного парка предприятия // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2016. № 2. С. 29–34.
3. **Базров Б.М.** Модульная технология в машиностроении. — М.: Машиностроение, 2001. 368 с.
4. **ГОСТ 18097-93.** Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности. — М.: Изд-во стандартов, 1996. 23 с.
5. **Косилова А.Г., Мещеряков Р.К.** Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. Т. 1. 656 с., Т. 2. 496 с.

**БАЗРОВ Борис Мухтарбекович** –

доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией теории модульной технологии Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

**САХАРОВ Александр Владимирович** –

кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории теории модульной технологии Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН