

**Ключевые слова:**

технологические возможности, горизонтально-расточной станок, формообразующие движения, модуль поверхностей, точность станка

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНКОВ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО- РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ НА МОДУЛЬНОМ УРОВНЕ

**Александр САХАРОВ**

Изложена методика определения технологических возможностей станков на модульном уровне. На примере горизонтально-расточного станка определены технологические возможности станков сверлильно-фрезерно-расточной группы по изготовлению модулей поверхностей деталей.

В работах [1, 2] определялись технологические возможности типовых представителей станков соответственно токарной и фрезерной групп. Под технологическими возможностями станка понимается перечень изготавливаемых на станке модулей поверхностей с определенными диапазонами размеров, точности и шероховатости на деталях с определенными габаритными размерами. Модуль поверхностей (МП) – это сочетание поверхностей, объединенных совместным выполнением определенной служебной функции детали [3].

Необходимость в определении технологических возможностей станка вызвана тем, что формулировки служебного назначения современных металлорежущих станков, представленные в паспортных данных и рекламных проспектах, не дают ответа на вопрос о том, какие предметы производства изготавливаются на этих станках и с какими характеристиками: форма поверхностей, диапазоны размеров, точности и шероховатости [4]. Это особенно актуально для универсальных станков и в меньшей степени для специализированных станков.

Недостаток информации о технологических возможностях станков 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 МП в качестве предмета производства на станке. В отличие от поверхностей и сочетаний поверхностей, МП имеет ограниченную номенклатуру, насчитывающую двадцать шесть наименований МП, 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 технологических возможностей станка по изготовлению МП ведется по специально разработанной методике, исходными данными которой являются методы обработки, реализуемые на станке, применяемый обрабатывающий инструмент и технические характеристики станка. Методика определения технологических возможностей станка включает в себя следующие этапы:

→ определение поверхностей, изготавливаемых на станке;

- определение МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определение соответствия положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении;
- определение положения МП в рабочем пространстве станка;
- определение диапазонов размеров МП, получаемых на станке;
- определение достижимой точности изготовления МП на станке.

Еще одной широко распространенной группой универсальных станков является сверлильно-фрезерно-расточная. Рассмотрим типowego представителя данной группы станков – горизонтально-расточной станок модели ИС2А637Ф4 в комплектации без радиального суппорта и планшайбы. Данный станок имеет следующую формулировку служебного назначения – «станок предназначен для комплексной механической обработки корпусных деталей массой до 12 т». Представленная формулировка не описывает должным образом технологические возможности станка, поскольку не дает ответа на вопрос о том, какие формы поверхностей, с какими размерами, уровнем точности и шероховатости можно изготавливать на этом станке. Анализ формулировок служебного назначения других моделей горизонтально-расточных станков показывает такие же недостатки.

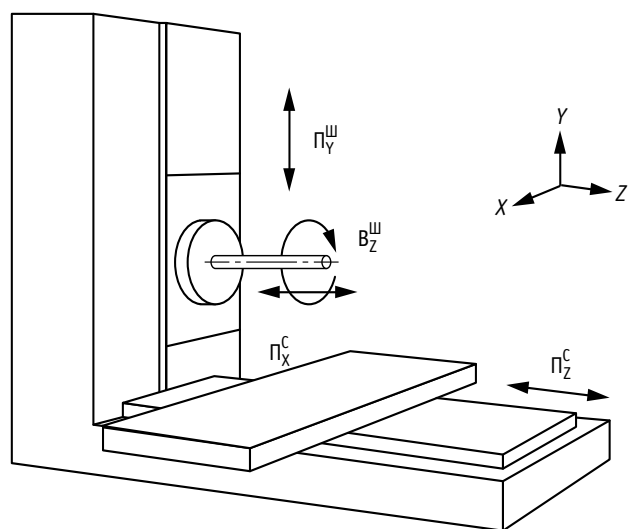


Рис. 1. Формообразующие движения рабочих органов станка ИС2А637Ф4

Таблица 1. Виды обработки, реализуемые на горизонтально-расточном станке ИС2А637Ф4

№	Метод обработки	СФД	Обрабатывающий инструмент	Изготавливаемые поверхности
1	Фрезерование	$B_z^w, P_y^w$	Торцевая, концевая фреза	Плоская наружная, плоская внутренняя
		$B_z^w, P_x^c$		
		$B_z^w, P_y^w, P_x^c$		Фасонная поверхность замкнутого контура
2	Сверление, рас- сверливание, зен- керование	$B_z^w, P_z^w$ $B_z^w, P_z^c$	Сверла, зен- керы, зен- ковки	Цилиндрическая внутренняя
3	Растачивание	$B_z^w, P_z^w$	Расточная головка	Цилиндрическая внутренняя
4	Нарезание резьбы	$B_z^w, P_z^w$	Метчик	Резьбовая внутрен- няя
5	Подрезание тор- цев	$B_z^w, P_z^w$	Подрезные резцы	Плоская наружная

В связи с этим, представляется актуальной задача по определению технологических возможностей станков сверлильно-фрезерно-расточной группы. Определим по предложенной методике технологические возможности горизонтально-расточного станка модели ИС2А637Ф4.

Сначала установим перечень поверхностей, изготавливаемых на горизонтально-расточном станке. Изготавливаемые поверхности определяются методами обработки, схемами формообразующих движений станка (СФД) и, в некоторых случаях, геометрией обрабатывающих инструментов.

Рабочие органы горизонтально-расточного станка ИС2А637 совершают следующие формообразующие движения (рис. 1): вращение расточного шпинделя с инструментом вокруг оси Z ( $B_z^w$ ); перемещение расточного шпинделя вдоль оси Z ( $P_z^w$ ); перемещение шпиндельной бабки по оси Y ( $P_y^w$ ); продольное ( $P_z^c$ ) и поперечное ( $P_x^c$ ) перемещения рабочего стола.

В табл. 1 перечислены методы обработки, реализуемые на горизонтально-расточном станке ИС2А637Ф4, СФД станка по каждому методу обработки, применяемый обрабатывающий инструмент и изготавливаемые поверхности.

Далее по изготавливаемым поверхностям (табл. 1) определяются МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Для этого используется номограмма (рис. 2), которая имеет ось МП (X), ось поверхностей (Y) и ось станков (Z). В плоскости XY номо-

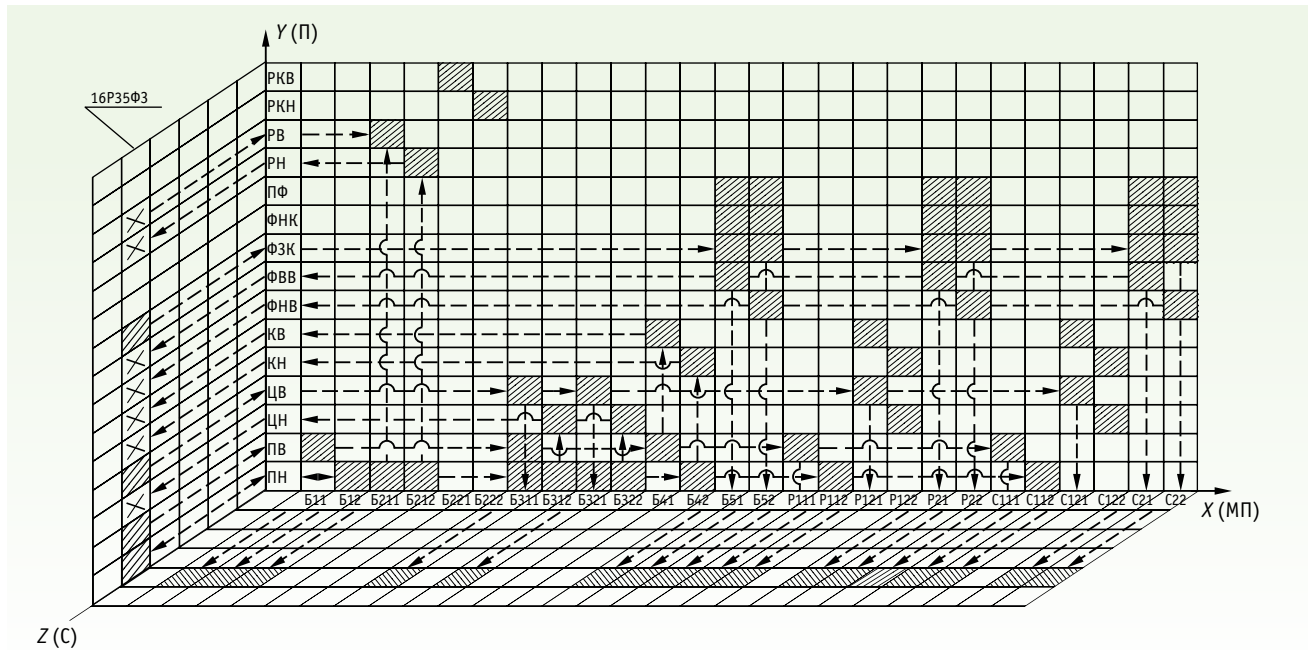


Рис. 2. Номограмма определения МП, изготавливаемых на станке

граммы отмечены поверхности, входящие в состав МП, в плоскости YZ отмечаются поверхности, изготавливаемые на станке, а в плоскости XZ – виды МП, изготавливаемые на станке.

В плоскости YZ номограммы (рис. 2) выделены поверхности, изготавливаемые на горизонтально-расточном станке ИС2А637Ф4: плоская наружная, плоская внутренняя, цилиндрическая внутренняя, фасонная поверхность замкнутого контура и резьбовая внутренняя поверхность. Затем в строках изготавливаемых поверхностей (плоскость XY номограммы) находятся заштрихованные ячейки, указывающие МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Некоторые МП образованы несколькими поверхностями, и, чтобы определить возможность их изготовления на станке, надо проверить возможность изготовления всех его поверхностей.

Например, резьбовая внутренняя поверхность (рис. 2) содержится в МП Б211. Кроме того, в МП Б211 имеется плоская наружная поверхность, которая изготавливается на горизонтально-расточном станке.

В результате, с помощью номограммы были установлены МП, которые по составу поверхностей могут быть изготовлены на горизонтально-расточном станке ИС2А637Ф4. К ним относятся: Б11, Б12, Б211, Б311, Б321, Б51, Б52, P111, P112, P121, P21, P22, C111, C112, C121, C21 и C22.

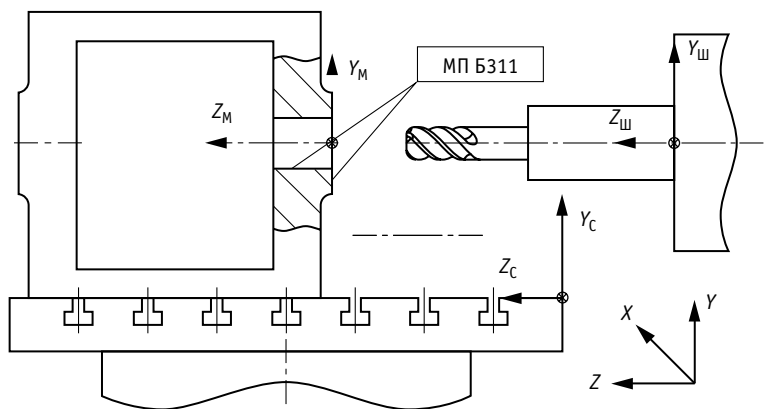
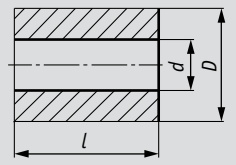


Рис. 3. Положение МП Б311 в рабочем пространстве станка ИС2А637Ф4

После установления перечня видов МП, изготавливаемых на станке, определяется соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с положениями этих поверхностей в рабочем пространстве станка в процессе обработки. Рассмотрим определение соответствия положений поверхностей в конструкции МП на примере МП Б311, состоящего из цилиндрического отверстия и перпендикулярной ему плоской наружной поверхности.

Совмещение координатных систем расточного шпинделя и МП Б311 (рис. 3) показывает, что цилиндрическое отверстие и плоская наружная поверхности МП Б311 занимают в рабочем пространстве горизонтально-расточного станка положение, обе-

Таблица 2. Определение размеров МП Б311 по характеристикам станка

Эскиз МП	Размеры МП	Характеристики станка	Значение, мм
	$d$	Диаметр расточного шпинделя	125
	$l$	Наибольшее перемещение расточного шпинделя вдоль оси Z	1000
	$D$	Наибольший диаметр фрезы	–

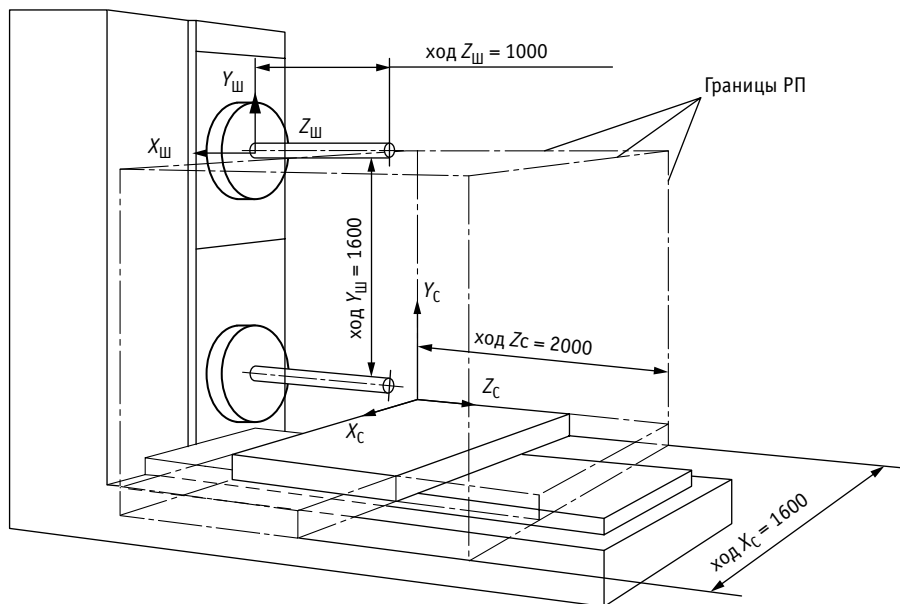


Рис. 4. Схема рабочего пространства станка ИС2А637Ф4

спечивающее возможность их изготовления. Следовательно, МП Б311 с таким относительным положением поверхностей может быть изготовлен на данном станке. Таким образом проверяются все виды МП, изготавливаемых на горизонтально-расточном станке.

Получаемые на станке размеры МП определяются из схемы рабочего пространства станка. При построении схемы должны быть отмечены:

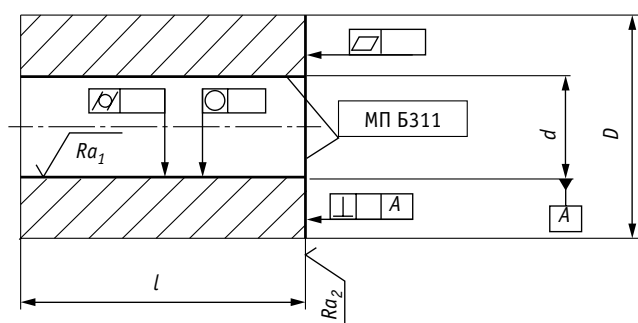


Рис. 5. Эскиз МП Б311 с показателями точности

границы рабочего пространства станка, диапазоны перемещений его рабочих органов и, в некоторых случаях, размеры рабочей части обрабатываемого инструмента.

Схема рабочего пространства (РП) горизонтально-расточного станка ИС2А637Ф4 с диапазонами перемещений его рабочих органов представлена на рис. 4.

Например, размеры МП Б311, состоящего из цилиндрического отверстия и плоской наружной поверхности, будут определяться приведенными в табл. 2 характеристиками горизонтально-расточного станка ИС2А637Ф4.

На последнем 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 точ-

ность станка характеризуется показателями точности, которые для каждого типа станка регламентированы соответствующими стандартами.

Точность горизонтально-расточных станков регламентируется ГОСТ 2110-93 [5]. Данный стандарт содержит двадцать шесть показателей точности горизонтально-расточных станков. К ним относятся плоскостность рабочей поверхности стола, прямолинейность траектории перемещения стола в горизонтальной и вертикальной плоскостях, радиальное биение конического отверстия расточного шпинделя и др.

Точность МП характеризуется точностью размеров, точностью формы поверхностей, точностью относительного положения и шероховатостью поверхностей. Задача заключается в том, чтобы установить показатели геометрической точности станка, влияющие на каждый из показателей точности МП и определить величину их влияния.

В качестве примера определим достижимую точность изготовления МП Б311 (рис. 5), которая описывается:

Таблица 3. Показатели точности станка, влияющие на показатели точности МП Б311

№	Показатели точности МП Б311	Показатели точности станка
1	Точность размеров	Точность настройки инструмента на размер
2	Отклонение от цилиндричности цилиндрического отверстия	Прямолинейность траектории перемещения выдвижного расточного шпинделя и ползуна
3	Отклонение от круглости цилиндрического отверстия в поперечном сечении	Радиальное биение конического отверстия расточного шпинделя
4	Отклонение от плоскостности торца	Торцовое биение опорной поверхности фрезерного шпинделя
5	Отклонение от перпендикулярности торца относительно оси цилиндрического отверстия	Прямолинейность траектории перемещения шпиндельной бабки в вертикальной плоскости
6	Шероховатость: цилиндрическое отверстие, $Ra_1$ торец, $Ra_2$	Осевое биение расточного шпинделя; торцовое биение опорной поверхности фрезерного шпинделя

- 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 ( $Ra_2$ ).

В табл. 3 представлены показатели точности станка ИС2А637Ф4, влияющие на показатели точности МП Б311.

Величины погрешностей МП, возникающие от действия геометрических погрешностей станка, определяются путем построения схем, показывающих влияние геометрических погрешностей станка на показатели точности МП.

Формулировка служебного назначения станка ИС2А637Ф4 после определения его технологических возможностей будет иметь следующий вид: «Станок предназначен для фрезерования, сверления и растачивания следующих МП: Б11, Б12, Б211, Б311, Б321, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р21, Р22, С111, С112, С121, С21 и С22 на корпусных деталях массой до 12 т».

Технологические возможности станка оформляются в виде приложения к паспорту станка, в котором приводится перечень МП, изготавливаемых на станке с диапазонами получаемых

характеристик (размеров, точности и шероховатости).

Таким образом, предложенная методика позволила определить технологические возможности типового представителя горизонтально-расточных станков – станка модели ИС2А637Ф4. Для снижения трудоемкости определения технологических возможностей любых других моделей станков, входя-

щих в сверлильно-фрезерно-расточную группу, следует использовать данные о технологических возможностях станка ИС2А637Ф4, внося необходимые изменения и дополнения в соответствии с техническими характеристиками конкретного станка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Базров Б. М., Сахаров А. В.** Определение технологических возможностей станков токарной группы на модульном уровне // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 1. С. 44–48.
2. **Сахаров А. В., Арзыбаев А. М.** Определение технологических возможностей станков фрезерной группы на модульном уровне // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 4. С. 22–27.
3. **Базров Б. М.** Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. 368 с., ил.
4. **Базров Б. М., Сахаров А. В.** Определение технологических возможностей станочного парка предприятия // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2016. № 2. С. 29–34.
5. ГОСТ 2110-93. Станки расточные горизонтальные с крестовым столом. Нормы точности. – М.: ИПК изд-во стандартов, 1996. 60 с.

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