

УДК 621.9

**А. В. Сахаров**, канд. техн. наук, **А. М. Арзыбаев**, канд. техн. наук  
Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, г. Москва, Россия  
Тел.: +7 (499) 135-55-21; E-mail: [modul\\_lab@mail.ru](mailto:modul_lab@mail.ru)

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

*В статье показана методика определения технологических возможностей станка на модульном уровне. Показано определение технологических возможностей вертикально-фрезерного станка по изготовлению модулей поверхностей деталей.*

**Ключевые слова:** технологические возможности, фрезерный станок, формообразующие движения, модуль поверхностей, точность станка

**A.V. Sakharov, A. M. Arzybaev**

### TECHNOLOGICAL IDENTIFICATION OF THE MILLING MACHINE

*The article shows the technique for determining the technological capabilities of the machine at a modular level. The definition of the technological capabilities of a vertical milling machine for the manufacture of surface modules for parts is shown.*

**Keywords:** technological capabilities, milling machine, formative motions, module of surfaces, machine accuracy

#### 1. Введение

Под технологической идентификацией станка понимается определение его технологических возможностей. Технологические возможности станка это перечень изготавливаемых на станке конструкций модулей поверхностей с определенными диапазонами размеров, точности и шероховатости поверхностей на деталях с определенными габаритными размерами [1]. Здесь модулем поверхностей (МП) называется сочетание поверхностей, объединенных совместным выполнением служебной функции детали [2]. Всего насчитывается двадцать шесть наименований МП, разделенных по функциональному признаку на три класса: базисные, рабочие и связующие. Каждый МП имеет ограниченный ряд типовых конструкций, а каждая конструкция – свою классификацию по размерам, точности и шероховатости.

Информация о технологических возможностях станка должна быть представлена в формулировке назначения станка, представленной в паспортных данных или в рекламном проспекте. Исследование формулировок назначения станков различных типов [3] показало, что информация о технологических возможностях станков там либо отсутствует, либо представлена неполно. Это особенно актуально для универсальных станков и в меньшей степени для специализированных и специальных (операционных) станков.

Необходимость в технологической идентификации станков вызвана тем, что недостаток информации о технологических возможностях станков вызывает трудности при формировании производственной программы предприятия, определении возможности выполнения отдельных заказов по выпуску деталей, при проектировании технологических процессов изготовления деталей и приобретении станка.

Для устранения перечисленных недостатков была разработана методика определения технологических возможностей станков на модульном уровне. Исходными данными являются методы обработки, реализуемые на станке, применяемый обрабатываемый инструмент и технические характеристики станка.

Методика состоит из следующих этапов:

- 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 диапазонов размеров МП, получаемых на станке;
- определение достижимой точности изготовления МП на станке;

Представленная методика была использована при определении технологических возможностей токарного станка на модульном уровне[4].

## 2. Основное содержание и результаты работы

Представляло интерес определить технологические возможности другой многочисленной группы станков – фрезерной. Для этого был выбран типовой представитель данной группы станков, широко распространённый на производстве – вертикально-фрезерный станок модели 6Т12Ф3 в комплектации со станочными тисками. Этот станок, согласно паспортным данным, имеет следующую формулировку назначения: «Предназначен для фрезерования, сверления и растачивания деталей любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов. Высокая мощность приводов и повышенная жесткость конструкции этого надежного станка дает возможность эффективно применять разнообразные фрезы, изготовленные из быстрорежущей стали, а также дополнительное оборудование, оснащенные пластинками из твердых и сверхтвердых синтетических материалов».

На первом этапе устанавливались поверхности, изготавливаемые на станке. Изготавливаемые поверхности определяются методами обработки, схемами формообразующих движений станка (СФД) и в некоторых случаях геометрией применяемых обрабатывающих инструментов.

Рабочие органы вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3 совершают следующие формообразующие движения (рис.1): вращение шпинделя с инструментом вокруг оси Z ( $B_z^{\text{ш}}$ ); вертикальное перемещение гильзы шпинделя ( $\Pi_z^{\text{ш}}$ ); продольное ( $\Pi_x^c$ ), поперечное ( $\Pi_y^c$ ) и вертикальное ( $\Pi_z^c$ ) перемещение рабочего стола с заготовкой.

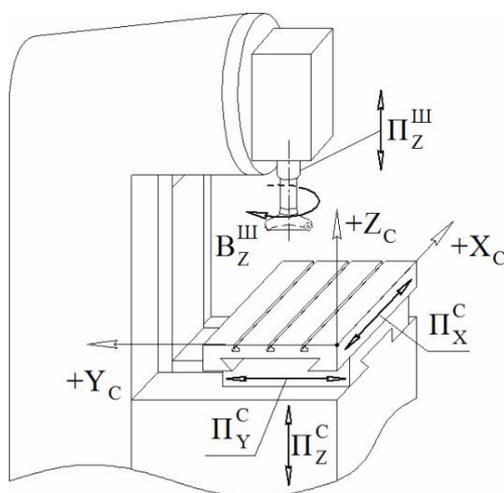


Рисунок 1. Формообразующие движения вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3

В таблице 1 перечислены методы обработки, реализуемые на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3, СФД станка по каждому методу обработки, применяемый обрабатывающий инструмент и изготавливаемые поверхности.

Таблица 1. Связи методов обработки на станке с изготавливаемыми поверхностями

| Метод обработки       | СФД            | Обрабатывающий инструмент                                | Изготавливаемая поверхность |
|-----------------------|----------------|--|-----------------------------|
| 1. Фрезерование       | $B_z^m, P_x^c$ | торцевая, концевая фреза                                 | плоская наружная            |
|                       |                | фрезы: концевая, угловая, для обработки Т-образных пазов | плоская внутренняя          |
|                       | $B_z^m, P_y^c$ | торцевая, концевая фреза                                 | плоская наружная            |
|                       |                | фрезы: концевая, угловая, для обработки Т-образных пазов | плоская внутренняя          |
| $B_z^m, P_x^c, P_y^c$ | концевая фреза | фасонная замкнутого контура                              |                             |
| 2. Сверление          | $B_z^m, P_z^m$ | сверло спиральное, зенковка                              | цилиндрическая внутренняя   |
| 3. Растачивание       | $B_z^m, P_z^m$ | расточная головка  | цилиндрическая внутренняя   |

На втором этапе по перечню поверхностей, изготавливаемых на станке (таблица 1), определялись МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Для этого воспользовались номограммой (рис.2), имеющей ось МП (X), ось поверхностей (Y) и ось станков (Z). В плоскости XY номограммы отмечены поверхности, входящие в состав МП, в плоскости YZ отмечаются поверхности, изготавливаемые на станках, а в плоскости XZ – виды МП, изготавливаемые на станках.

В плоскости YZ номограммы были выделены поверхности, изготавливаемые на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3: плоская наружная, плоская внутренняя, цилиндрическая внутренняя и фасонная поверхность замкнутого контура. После чего в плоскости XY номограммы, в строках изготавливаемых поверхностей были найдены заштрихованные ячейки, указывающие на МП, в составе которых присутствуют эти поверхности.

Например, цилиндрическая внутренняя поверхность присутствует в составе следующих МП: Б311, Б321, Р121 и С121 (плоскость XY на рис.2).

Согласно номограмме некоторые МП образованы не одной, а несколькими поверхностями. К примеру, в составе МП Б312 кроме плоской наружной поверхности, которая может быть изготовлена на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3, имеется цилиндрическая наружная поверхность. Чтобы определить возможность изготовления этого МП на станке требуется проверить все его поверхности. Проверка по номограмме показывает, что цилиндрическая наружная поверхность не изготавливается на данном станке, поэтому такую конструкцию МП Б312 также нельзя изготовить.

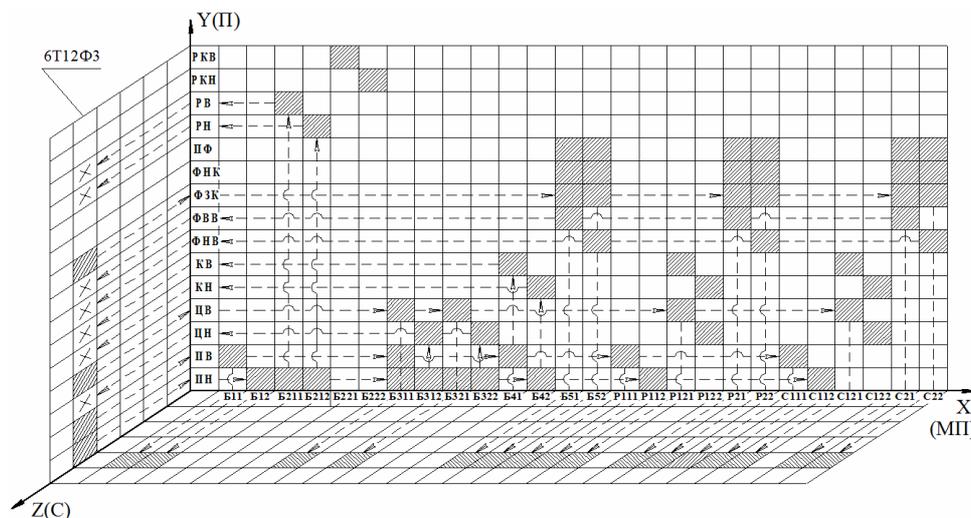


Рисунок 2. Номограмма определения видов МП, изготавливаемых на станке

В результате анализа номограммы был установлен перечень видов МП, которые по составу поверхностей могут быть изготовлены на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3: Б11, Б12, Б311, Б321, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р21, Р22, С111, С112, С121, С21 и С22.

На следующем этапе выполнялась проверка соответствия положений поверхностей в конструкциях МП с положениями этих поверхностей, которые они занимают в рабочем пространстве станка при изготовлении. Для этого конструкцию каждого МП условно размещали на схеме рабочего пространства станка таким образом, чтобы одна из поверхностей МП занимала положение, обеспечивающее возможность ее изготовления. После чего проверялись остальные поверхности МП на соответствие требуемому при изготовлении положению. Если положение одной из поверхностей конструкции МП не соответствует требуемому положению, то всю конструкцию МП нельзя изготовить на станке.

Например, проверка конструкции МП Б311, состоящей из цилиндрического отверстия, плоской наружной и плоской внутренней поверхностей, изготавливаемых на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3, показала, что из трех поверхностей МП Б311 требуемое положение в рабочем пространстве занимают только цилиндрическое отверстие и плоская наружная поверхность. Плоская внутренняя поверхность МП Б311 расположена не перпендикулярно оси вращения инструментального шпинделя и не может быть изготовлена на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3 в данной комплектации. Следовательно, вся конструкция МП Б311 с таким расположением плоской внутренней поверхности не может быть изготовлена на данном станке.

Диапазоны размеров МП, получаемые на станке, определяются с помощью схемы рабочего пространства станка. На схеме указываются границы рабочего пространства станка, диапазоны перемещений его рабочих органов и в некоторых случаях размеры рабочей части обрабатывающего инструмента.

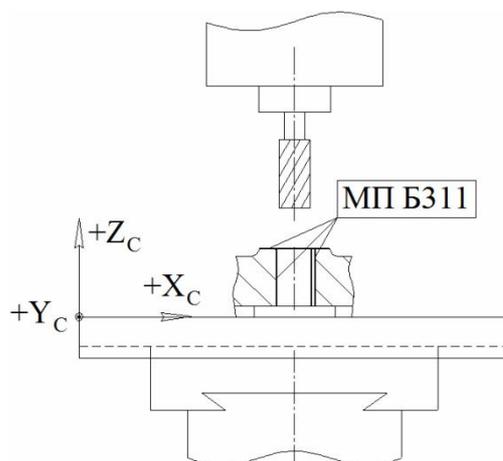


Рисунок 3. Положение поверхностей МП Б311 в рабочем пространстве вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3

Схема рабочего пространства (РП) вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3с диапазонами перемещений его рабочих органов по трем координатным осям представлена на рис.4.

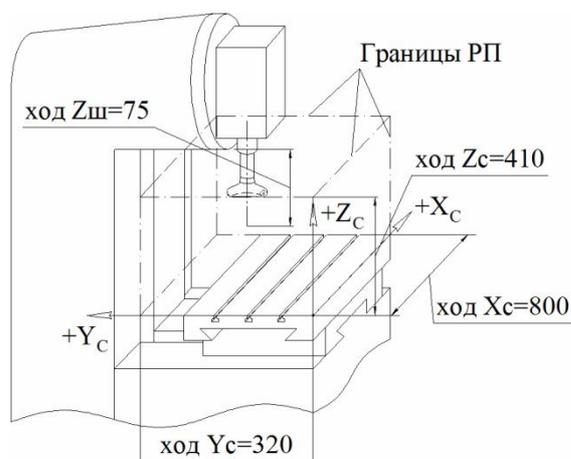


Рисунок 4. Схема рабочего пространства вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3

Для определения диапазонов размеров МП, получаемых на станке, сначала надо установить связи между техническими характеристиками станка и размерами МП.

Например, длина МП Б12, образованного плоской наружной поверхностью определяется наибольшим продольным перемещением рабочего стола и его длиной, а ширина МП Б12 зависит от наибольшего поперечного перемещения рабочего стола вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3и его ширины (таблица 2). Поскольку длина рабочего стола больше наибольшего продольного перемещения стола, то максимальная длина МП Б12, изготавливаемого на данном фрезерном станке, будет составлять 800 мм.

Таблица 2. Связь размеров МП с техническими характеристиками станка

| Размеры МП Б12 | Характеристики станка                      | Значение, мм | Диапазоны размеров МП, мм |
|----------------|--|--------------|---------------------------|
| $l$            | – наибольшее продольное перемещение стола; | 800          | 0-800                     |
|                | – длина рабочей поверхности стола          | 1250         |                           |
| $b$            | – наибольшее поперечное перемещение стола; | 320          | 0-320                     |
|                | – ширина рабочей поверхности стола         | 320          |                           |

На заключительном этапе определялась достижимая точность изготовления МП на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3. Достижимая точность зависит от геометрической точности станка, поскольку на чистовых режимах обработки, когда получают максимальную точность, действие других факторов незначительно. Геометрическая точность станка характеризуется показателями точности, регламентированным и для каждого типа станка соответствующими стандартами.

Точность консольных фрезерных станков регламентирована ГОСТ 17734-88 [5] и насчитывает восемнадцать показателей точности. К ним, например, относятся: прямолинейность рабочей поверхности стола, прямолинейность направляющего паза, осевое биение фрезерного шпинделя, радиальное биение конического отверстия фрезерного шпинделя и другие.

Точность МП описывается точностью размеров, точностью формы поверхностей, точностью относительного положения и шероховатостью поверхностей. Например, точность МП Б12 (рис.5) описывается:

- точностью длины ( $l$ ) и ширины ( $b$ ) плоской наружной поверхности;
- точностью формы: отклонением от плоскостности и прямолинейности плоской наружной поверхности;
- шероховатостью плоской наружной поверхности ( $Ra$ ).

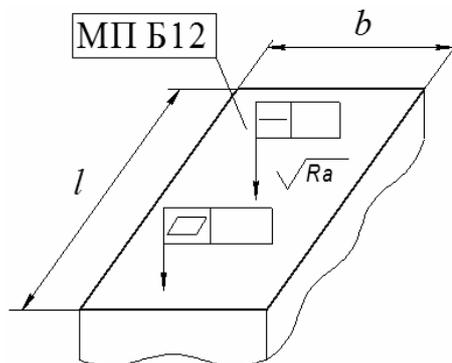


Рисунок 5. Эскиз МП Б12 с показателями точности

Для определения достижимой точности изготовления МП необходимо сначала установить связи между показателями геометрической точности станка и показателями точности МП и установить величину их влияния.

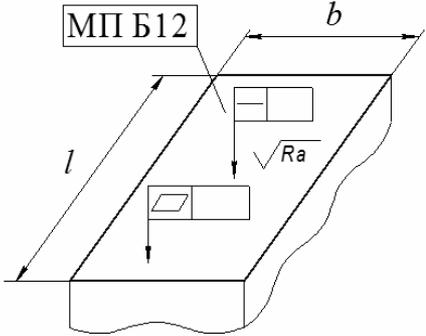
В таблице 3 представлены связи показателей точности вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3 с показателями точности МП Б12.

Таблица 3. Связи показателей точности МП с показателями точности станка

| Показатели точности МП Б12                                    | Показатели точности станка  |
|---|---|
| 1. Точность размеров  | – точность настройки инструмента на размер  |
| 2. Отклонение от плоскостности плоской наружной поверхности   | – прямолинейность рабочей поверхности стола в продольном и поперечном сечениях  |
| 3. Отклонение от прямолинейности плоской наружной поверхности | – прямолинейность и параллельность траектории продольного перемещения стола относительно его рабочей поверхности;<br>– прямолинейность и параллельность траектории поперечного перемещения стола относительно его рабочей поверхности |
| 4. Шероховатость плоской наружной поверхности, $Ra$           | – осевое биение фрезерного шпинделя;<br>– торцевое биение опорного торца шпинделя   |

Величины погрешностей МП, возникающие от геометрических погрешностей станка, устанавливались из геометрических построений на схемах, показывающих влияние геометрических погрешностей станка на показатели точности МП.

Таблица 4. Характеристики МП Б12, получаемые на фрезерном станке 6Т12Ф3

| МП  | Характеристики МП                  | Значение  |
|---|------------------------------------|-----------|
|  | $l$ , мм                           | 0-800     |
|   | $b$ , мм                           | 0-320     |
|   | $IT(l)$                            | 6-8       |
|   | $IT(b)$                            | 6-8       |
|   | $Ra$ , мкм                         | 12,5-0,63 |
|   | Отклонение от плоскостности, мкм   | 25-60     |
|   | Отклонение от прямолинейности, мкм | 25-60     |

После определения технологических возможностей вертикально-фрезерного станка 6Т12Ф3 на модульном уровне формулировка его назначения имеет следующий вид: «Станок предназначен для фрезерования, сверления и растачивания следующих

МП: Б11, Б12, Б311, Б321, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р21, Р22, С111, С112, С121, С21, С22 на деталях любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов».

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). В таблице 4 представлены характеристики МП Б12, получаемые на вертикально-фрезерном станке 6Т12Ф3.

### 3. Заключение

Таким образом, выполненное исследование показывает следующее:

1. Использование МП в качестве предмета производства на станке позволило четко сформулировать понятие «технологические возможности станка» и разработать методику определения технологических возможностей станка.

2. Методика определения технологических возможностей станка, включающая выбор МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке и проверку соответствия положений поверхностей в конструкциях МП и в рабочем пространстве станка, может быть использована при определении технологических возможностей любого станка фрезерной группы, обладающих различной универсальностью.

3. Определение диапазонов размеров и достижимой точности изготовления МП основано соответственно на установлении связей между техническими характеристиками станка и размерами МП и показателями геометрической точности станка и показателями точности МП.

4. Номограмма(рис.2) значительно снижает трудоемкость определения видов МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке.

5. При определении технологических возможностей станка по изготовлению МП надо учитывать оснащения станка различными дополнительными устройствами и приспособлениями.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров, А. В. Установление технологических возможностей станка / А. В. Сахаров, А. М. Арзыбаев / Международный сборник научных трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». – Донецк, 2014. – №2(48). – С.88-92.

2. Базров, Б. М. Модульная технология в машиностроении / Б. М. Базров. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.: ил.

3. Базров, Б. М. Определение технологических возможностей станочного парка предприятия / Б. М. Базров // Станкоинструмент. – 2016. – №2. – С.29-34.

4. Базров, Б.М. Определение технологических возможностей станков токарной группы на модульном уровне / Б. М. Базров, А. В. Сахаров // Станкоинструмент. – 2017. – №1. – С. 44-48.

5. ГОСТ 17734-88. Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 29 с.

Поступила в редколлегию 23.04.2018 г