

**Study on the quality of treatment details on universal lathes**  
**Barinov A.<sup>1</sup>, Platonov A.<sup>2</sup>, Tokarev V.<sup>3</sup>, Samsonov I.<sup>4</sup>, Lubomirov A.<sup>5</sup>**

**Исследование качества обработки деталей на универсальных токарных станках**  
**Баринов А. В.<sup>1</sup>, Платонов А. В.<sup>2</sup>, Токарев В. А.<sup>3</sup>, Самсонов И. С.<sup>4</sup>, Любомиров А. С.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Баринов Александр Васильевич / Barinov Alexander – доктор технических наук, профессор;

<sup>2</sup>Платонов Александр Васильевич / Platonov Alexander - кандидат технических наук, доцент;

<sup>3</sup>Токарев Василий Александрович / Tokarev Vasiliy – магистрант;

<sup>4</sup>Самсонов Игорь Сергеевич / Samsonov Igor – студент;

<sup>5</sup>Любомиров Александр Сергеевич / Lubomirov Alexander – студент;

кафедра технологии машиностроения,

Арзамасский политехнический институт (филиал)

Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева, г. Арзамас

**Аннотация:** в статье рассматривается влияние жесткости станка на точность обработки. Исследовано смещение оси центров в зависимости от положения резца.

**Abstract:** the article considers the influence of stiffness of machine tool on machining accuracy. Studied the displacement of the axis of the centres depending on the position of the cutter.

**Ключевые слова:** станок, токарный станок, точение, жесткость, настройка станка.

**Keywords:** machine, lathe machine, whetting, rigidity, machine setting.

УДК: 621.941.24

Целью работы является ознакомление магистрантов по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (15.04.05) с правилами по настройке токарных станков перед обработкой деталей. В статье рассматривается методика определения жесткости универсальных токарных станков, а так же приведены нормы жесткости. Рассмотрены упругие деформации узлов станка под действием сил резания. Предполагается, что материал рассматриваемой статьи, в свою очередь, может стать одним из разделов методического пособия по дисциплине «Технологическое обеспечение качества» магистерской программы 15.04.05 образовательного стандарта 1485 от 21.11.2014. Содержание предыдущих статей [6, 7, 8] и данная статья позволят магистрантам освоить навыки по компетенциям, предусмотренным вышеуказанным образовательным стандартом по указанной дисциплине.

Актуальность настоящей статьи, как и предыдущих [6, 7, 8], подтверждается так же и тем, что в магистратуру по направлению 15.04.05 поступают не только абитуриенты – специалисты по технологии машиностроения, но и получившие дипломы высшего образования не по профилю направления магистратуры. Данная статья в доступной форме представляет материал, который может быть воспринят обучающимися, не имеющими навыков в обработке металлов.

Все металлорежущие станки проверяются на геометрическую точность - точность в ненагруженном состоянии согласно ГОСТ 42-56. Дополнительно, станки проходят проверку после каждого ремонта, а также в процессе эксплуатации. Даже, несмотря на высокую точность изготовления – все станки имеют погрешности изготовления деталей и узлов и их взаимного расположения – при этом, чем меньше эти погрешности, тем точнее станки [1].

Проверки, предусмотренные ГОСТ 42-56, в основном, контролируют точность выполнения и сборки отдельных узлов, а также станка в целом, но прямо не характеризуют погрешности обработки на данных станках. Для определения точности обработки (определение проводят от обратного, т.е. определяют погрешности), в таком случае требуется производить специальные перерасчеты. Приведем пример: прямолинейность и параллельность направляющих токарных станков определяют и характеризуют погрешности нижней части суппорта, а для определения погрешности формы обрабатываемой детали необходим перерасчет. Можно отметить, что такие перерасчеты являются несложными и производятся достаточно просто. Зная геометрическую точность станка, можно рассчитать погрешность обработки, которая ей вызвана.

Во время обработки детали на токарном станке снимается стружка и возникает сила резания, которая действует с одной стороны на резец и суппорт станка, а с другой стороны на обрабатываемую деталь, а через нее – на переднюю и заднюю бабку. Действие составляющих сил резания на резец представлено на рис. 1. Под действием этих сил, узлы станка деформируются, при этом происходит отжатие детали от резца за счет отжатия передней и задней бабки станка, а резец от детали – за счет отжатия суппорта. Результат этих отжатий – снижение качества обработки детали на станке. Согласно рис. 1 можно сделать вывод, что составляющие сил резания действуют в трех направлениях:  $P_x, P_y, P_z$ .

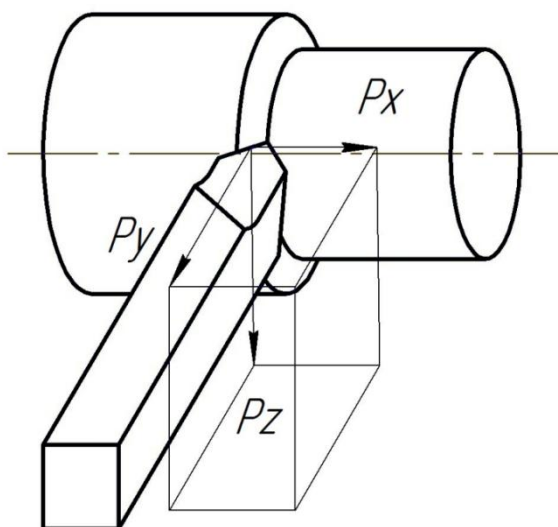


Рис. 1. Действие составляющих сил резания на резец

Отметим, что основное влияние упругих деформаций оказывают две составляющие -  $P_y, P_z$ .

С точки зрения точности и качества токарной обработки представляет интерес перемещение узлов станка в направлении, влияющем на размер обрабатываемой детали, поэтому, при определении качества обработки, обычно рассматривают только перемещения в направлении действия составляющей силы  $P_y$  - в направлении нормальном (перпендикулярном) к обрабатываемой поверхности. Известно, что только перемещение в этом направлении оказывает заметное влияние на размер обрабатываемой детали. В случае, когда перемещение узлов станка в нормальном направлении равно 0,1 мм - то диаметр обработанной детали в этом случае увеличится на 0,2 мм. [2, 3].

Способность узлов станка, или станка в целом сопротивляться действию сил, которые стремятся ее деформировать - называется жесткостью.

Чем больше жесткость, тем меньше перемещения, и, как следствие, меньшие погрешности деформации - что ведет за собой повышение качества обработки.

Отметим, что действие составляющей сил резания  $P_z$  на упругие деформации хоть и велико, но основное влияние имеет составляющая  $P_y$  - именно поэтому жесткость станка определяется по формуле:

$$j = \frac{P_y}{y}, \text{ кг/мм},$$

где,  $j$  - жесткость станка, кг/мм;

$P_y$  - нормальная (радиальная) составляющая сил резания, кг;

$y$  - деформация станка, которая измеряется в направлении действия силы  $P_y$ , мм. [4].

Однако, необходимо отметить, что хотя жесткость и рассчитывается по одной составляющей, но испытание жесткости станка необходимо проводить не менее чем по двум составляющим сил резания  $P_y$  и  $P_z$  - поскольку действие вертикальной составляющей сил резания имеет большое значение и, в ряде случаев, существенно меняет картину упругих деформаций станка.

Приведем пример.

Жесткость универсального токарно-винторезного станка 16Т02А равна  $j = 2000 \text{ кг/мм}$ , при этом, при обработке действует составляющая силы резания  $P_y = 200 \text{ Н}$ .

Отсюда, можно определить отжим узлов станка:

$$j = \frac{200}{2000} = 0,1 \text{ кг/мм},$$

Это значит, что расстояние от вершины реза до обрабатываемой поверхности изменится на 0,1 мм – при этом диаметр обработанной заготовки изменится на 0,2 мм относительно настроечного размера [1].

Отметим, влияние упругих деформаций на качество поверхности составляют от 20 % до 80 % общей погрешности обработки.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что жесткость станка, в основном, характеризуется не сопротивлением деформациям самих деталей станка, а сопротивлением деформациям соединений отдельных узлов и деталей. Данные деформации зависят от деформаций крепежных и соединяющих деталей, а также от деформаций самих поверхностей соединяемых деталей – контактных деформаций.

Известно, что жесткость токарного станка, в случае обработки в центрах – сводится к жесткости суппорта, задней и передней бабок, а при обработке в патроне – к жесткости суппорта и передней бабки.

Деформации отдельных узлов токарного станка неодинаково отражаются на точности и качестве обработки поверхностей деталей.

При обработке в центрах отжатие суппорта при постоянной нагрузке (при постоянном припуске и однородном материале обрабатываемой детали) – постоянно на всей длине обработки. Таким образом, отжатие суппорта приводит к погрешности размера обрабатываемой детали и не влияет на ее форму. При этом, зная жесткость суппорта и нагрузку при резании, можно рассчитать величину упругого отжатия и на соответствующую величину скорректировать настройку станка на размер.

Известно, что влияние составляющей сил резания  $P_Y$  – на деформацию суппорта, как правило, больше, чем составляющей  $P_Z$ . – поэтому деформация происходит в направлении увеличения размера (при наружном обтачивании) – как это показано на рис. 2. Но, в отдельных случаях, при относительно большом значении составляющей  $P_Z$ . и малом диаметре обработки могут быть такие условия, при которых деформация суппорта будет происходить в обратном направлении, другими словами – в направлении уменьшения размера (от рабочего). Это случай, так называемой, отрицательной жесткости – когда составляющая силы резания  $P_Y$  направлена в одну сторону, а деформация узла – в обратную сторону.

Таким образом, составляющая силы резания  $P_Z$ . влияет на жесткость узла суппорта.

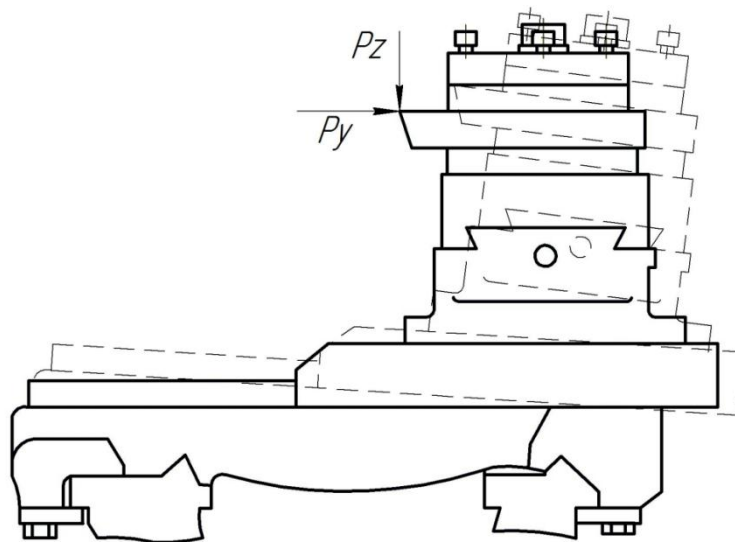


Рис. 2. Деформация суппорта токарного станка от действия сил резания

По-другому выглядит дело с влиянием упругих отжатий бабок на размер обрабатываемой детали. Рассмотрим рис. 3 – обработку в центрах. Можно сделать вывод, что в положении I усилие резания действует исключительно на заднюю бабку и положение центров обусловлено только отжатием задней бабки  $У_{З.Б.}$ . В конце обработки – положение II, усилие резания действует только на переднюю бабку, и

положение центров зависит лишь от ее отжатия  $U_{П.Б.}$ . Во всех промежуточных положениях смещение линии центров обуславливается перемещением как передней бабки, так и задней – при этом по мере движения резца вдоль обрабатываемой детали влияние смещение задней бабки на положение линии центров станка уменьшается, а влияние передней бабки – увеличивается [5].

При положении резца в середине обрабатываемой детали, на переднюю и заднюю бабки действует только половина усилия  $\frac{P_Y}{2}$ , поэтому бабки отжимаются также на величину в 2 раза меньшую  $U_{З.Б.}$  и  $U_{П.Б.}$ .

Кроме этого, при среднем положении резца отжатие бабок отражается на суммарной погрешности не всей величиной, а половиной и определяется по формуле:

$$y' = \frac{U_{З.Б.}}{2} + \frac{U_{П.Б.}}{2}.$$

В конечном итоге, получается, что изменение диаметра детали вследствие отжатия бабок при положении резца на середине длины обрабатываемой детали значительно меньше, чем при положении у краев детали. При этом, непостоянство смещения бабок по длине обрабатываемой детали приводит к погрешности формы и ухудшению качества готовой детали.

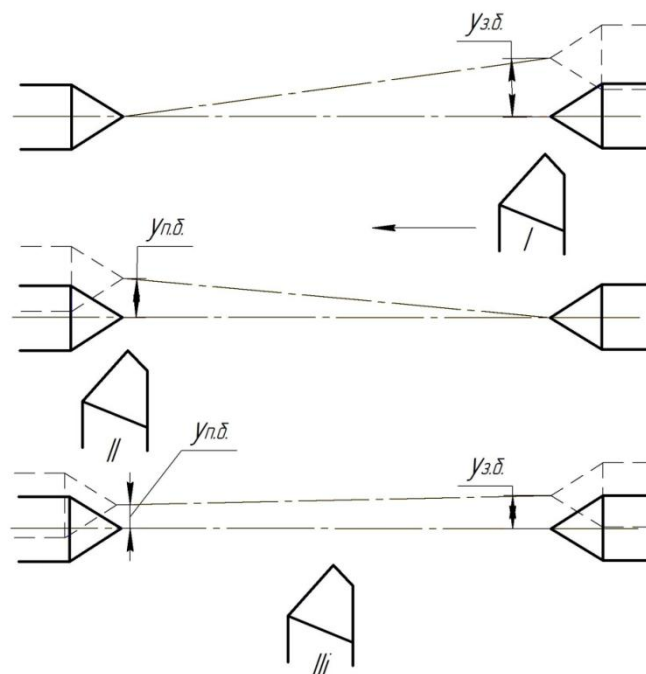


Рис.3. Изменение положения линии центров токарного станка по мере продвижения резца вдоль заготовки при обработке в центрах

- I - положение резца против заднего центра;
- II - положение резца против переднего центра;
- III - положение резца в середине обрабатываемой заготовки

Согласно нормативам, нормы жесткости универсальных токарных станков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы жесткости универсальных токарных станков

Наибольший диаметр Обрабатываемого изделия, мм		200	250	320	400	500	630	800
Жесткость в кг/мм	У шпинделя	1000	1075	1175	1330	1430	1550	1700
	У пиноли	770	875	950	1040	1145	1190	1310

Можно сделать вывод, что универсальные станки при большой жесткости самого станка позволяют обрабатывать детали с достаточно высокой точность и качеством – и тем самым, повышение жесткости

станка, наряду с правильной выставкой инструмента на обрабатываемый размер не только повышает точность обработки за счет сведения колебаний и отжатым инструмента и детали к минимуму, но и ведет к высокому качеству обработанной заготовки за счет снижения погрешностей обработки.

### *Литература*

1. *Бросалин Б. Т.* Исследование жесткости узлов токарного станка, М., Машгиз, 1975 г.
2. *Технология машиностроения, А. А. Маталин,* Машиностроение, 1985 г.
3. *Справочник технолога машиностроителя под редакцией А. Н. Малова, Т1 и Т2,* М, Машиностроение, 1972 г
4. *Справочник технолога-машиностроителя, под редакцией Косиловой А. Г., Мещерякова Р.К., Т.1 и Т2,* М, Машиностроение, 2003 г.
5. *Ишуткин В. И.* Точность обработки на токарных станках, М., Машиностроение, 1965 г.
6. *Баринов А. В., Платонов А. В., Бегаева Е. Г., Самсонов И. С., Любомиров А. С.* Исследование в области технологического обеспечения качества при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках. Часть-1 Настройка взаимоположения узлов вертикально-фрезерного станка для обеспечения качества обработки деталей // Наука, техника и образование. Научно-методический журнал. г. Москва, 2016. № 3 (21), С 76-81.
7. *Баринов А. В., Платонов А. В., Бегаева Е. Г., Самсонов И. С., Любомиров А. С.* Исследование в области технологического обеспечения качества при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках. Часть-2 Исследование схем обработки различных поверхностей деталей концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках // Наука, техника и образование. Научно-методический журнал. г. Москва, 2016. № 3 (21), С 81-87.
8. *Баринов А. В., Платонов А. В., Бегаева Е. Г., Самсонов И. С., Любомиров А. С.* Исследование в области технологического обеспечения качества при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках. Часть-3 Исследование качества обработки поверхностей деталей на вертикально-фрезерном станке концевыми фрезами // Наука, техника и образование. Научно-методический журнал. г. Москва, 2016. № 3 (21), С 87-92.