

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.10.2023 17:31:21  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb43a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 15 » 02 2018 г.



### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА МЕТОДАМИ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Основы технологии машиностроения»  
для студентов направления

15.03.05. Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
15.03.01 Машиностроение  
(очной и заочной формы обучения)

Курск 2018

УДК 621.7

Составители: С.Е. Шишиков, О.С. Зубкова

Рецензент

Канд. техн. наук, доцент кафедры  
машиностроительных технологий и оборудования  
*М.С. Разумов*

**Экспериментальное исследование жесткости токарного станка методами статического нагружения и производственным: методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Е. Шишков, О.С. Зубкова. Курск, 2018. 9 с., ил. 2, Библиогр.: с. 9.**

Содержат сведения о жесткости технологического оборудования и методах экспериментальной проверки жесткости токарного станка.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлениям подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.01 «Машиностроение»

Работа предназначена для студентов очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 0,52. Уч. - изд. л. 0,47. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** Исследовать жесткость станка методами статического нагружения и производственным.

### **Оборудование:**

Станок токарный универсальный модель 1Е61М.

Приспособления: патрон трехкулачковый самоцентрирующийся со спирально-реечным механизмом ГОСТ 2675 - 71, центр станочный вращающийся ГОСТ 8742 - 75, динамометр плоский пружинный с индикаторной головкой.

Режущий инструмент - резец проходной ГОСТ 18878 - 73.

Измерительный инструмент: микрометр МК - 50, ГОСТ 6507 - 78, магнитная стойка с индикаторной головкой, линейка слесарная.

Материал заготовки - сталь 45, ГОСТ 1050 - 74 (ступенчатый валик  $D_1=45$  мм;  $D_2=42$ мм;  $l=150$  мм).

### **Основные методические и теоретические положения**

Под воздействием силы резания  $P$  элементы технологической системы смещаются от исходного (ненагруженного) состояния. Смещения (отжатия) элементов технологической системы носят упругий характер, так как возникающие при этом силы упругости стремятся вернуть систему в исходное положение.

При обработке заготовок сила резания  $P$  не постоянна. Она изменяется вследствие непостоянства механических свойств материала заготовки, глубины резания (припуска на обработку). Сила резания изменяет свое значение также в связи с износом и затуплением инструмента и под влиянием других факторов.

Нестабильность силы резания вызывает неравномерность упругих отжатий элементов системы. В результате этого возникают погрешности размеров, формы и взаимного положения обработанных поверхностей детали.

Для анализа точности обработки важно установить взаимосвязь между деформациями системы станка, которые изменяют рас-

стояние от вершины резца до оси вращения заготовки, и силой, вызвавшей эти деформации. Величина, равная отношению силы  $P$  к деформации  $U$ , вызванной этой силой, характеризует жесткость  $y$ , т.е.

$$j = P/y \quad (1)$$

Таким образом, *жесткостью технологической системы* называется способность этой системы оказывать сопротивление действию деформирующих ее сил.

А. П. Соколовским предложено выражать жесткость технологической системы отношением нормальной составляющей  $P_y$  (Н), силы резания к суммарному смещению  $U$  (мкм) лезвия режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки, измеренному в направлении нормали к этой поверхности, т.е.

$$j = P_y / U, \text{ Н/ мкм.} \quad (2)$$

Жесткость элементов и системы в целом определяют расчетом (для простых деталей, например, валов) или экспериментально (для узлов станка): к узлу прикладывают силу, по величине и направлению совпадающую с составляющей  $P_y$  силы резания, возникающей при обработке.

В результате испытаний строят кривую жесткости в координатах нагрузка - деформация. Характер кривой показан на рис. 1а. Статическую нагрузку производят с помощью специального динамометра.

Упругие отжаты измеряют индикаторной головкой (рис. 1).

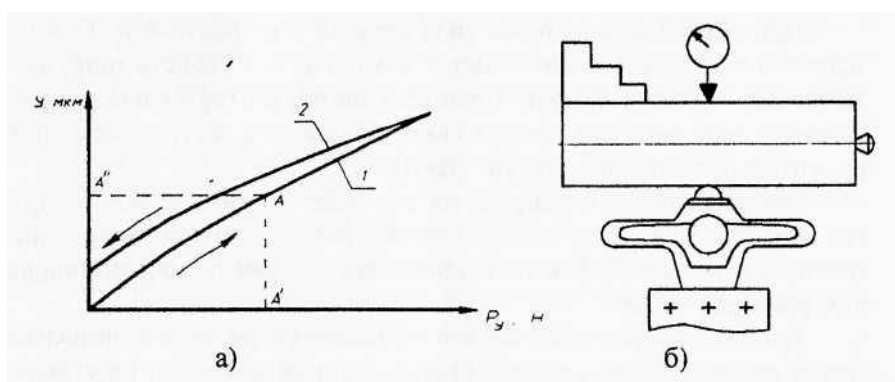


Рис. 1. График зависимости упругих отжаты системы от нагрузки (а) и схема определения жесткости станка методом статического нагружения (б).

При нагружении узла до выбранного значения силы (кривая 1) и последующей разгрузке (кривая 2) технологическая система (передняя бабка, заготовка, задняя бабка) не возвращается в исходное положение, так как зазоры, имеющиеся в сопряжениях, оказываются односторонне выбранными.

Для определения жесткости станка необходимо взять абсциссу точки А, соответствующую значению силы  $P_y$ , возникающей при обработке в реальных условиях, и разделить ее значение на величину перемещения  $OA''$ , т.е.

$$j_A = \frac{OA'}{OA''} = \frac{P_{yA}}{y_A}, \text{ Н/мкм} \quad (3)$$

где  $P_{yA}$  - сила статического нагружения системы, Н;

$y_A$  - величина упругих деформаций системы в направлении действия силы  $P_{yA}$ , мкм.

Жесткость, определенная при нагружении системы статическими силами, дает возможность составить нормативы жесткости для станков разных типоразмеров и отдельных узлов. По этим нормативам можно проводить контроль качества новых станков, а также станков и узлов, выпускаемых из ремонта. Однако эти данные для расчета недостаточно точны, так как при определении жесткости не учитываются упругие отжатия суппорта, а также и то, что в действительности технологическая система при работе станка подвергается динамическим нагрузкам.

Более точные значения жесткости, пригодные для расчетов точности обработки, дает производственный метод, который заключается в следующем. На испытуемом станке производят обработку ступенчатой заготовки. На обрабатываемой поверхности заготовки создается уступ, принимаемый за погрешность заготовки.

После обработки заготовки за один ход на обработанной поверхности тоже возникает уступ, копирующий в уменьшенном виде погрешность детали.

По величине уточнения, равной:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}} \quad (4)$$

подсчитывают жесткость станка в динамических условиях (т.е. при его работе) по формуле А. П. Соколовского.

$$j_{cm} = 0,01 \cdot C_p \cdot \lambda \cdot s^{0,75} \cdot \varepsilon \quad (5)$$

где  $C_p$  - коэффициент, зависящий от обрабатываемых свойств материала, равный 243;

$\lambda$  - коэффициент, характеризующий соотношение  $P_y/P_z$ , в нашем случае равный 0.4...0.5;

$s$  - подача, мм/об;

$\varepsilon$  - уточнение, показывающее во сколько раз в результате обработки уменьшилась погрешность заготовки.

При использовании этого метода применяются заготовки и инструменты повышенной жесткости, исключая влияние их отжатий.

Определение жесткости станка производственным методом практически сводится к определению уточнения  $\varepsilon$  при обработке заготовки с неравномерным припуском (рис. 2)

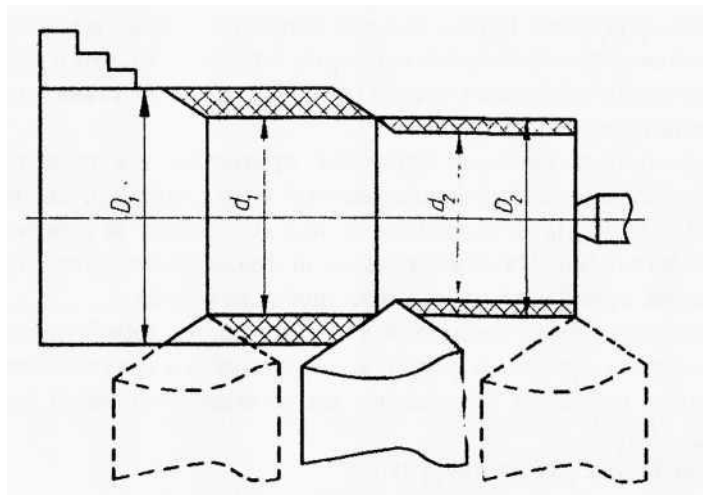


Рис. 2. Схема расчета жесткости станке производственным методом

Согласно формуле (4) получим:

$$\varepsilon = \frac{D_1 - D_2}{d_1 - d_2} \quad (6)$$

Подставив значение  $\varepsilon$  в уравнение (5), рассчитаем жесткость станка производственным методом.

## Порядок выполнения работы

1. Установить и закрепить ступенчатый вал в патроне станка и на заднем центре.
2. Установить и закрепить в резцедержателе динамометр с индикаторной головкой.
3. Установить и закрепить на направляющих станка магнитную стойку с индикаторной головкой так чтобы ножка индикатора касалась вала в среднем сечении.
4. При помощи рукоятки поперечной подачи суппорта подвести динамометр до соприкосновения с заготовкой в среднем сечении.
5. Установить стрелки индикаторных головок на ноль. При помощи поперечной подачи суппорта создавать усилие, действующее на деталь от 0 до 1000 Н и с интервалом, равным 100 Н регистрировать величину упругих отжатий системы передняя бабка - заготовка - задняя бабка. Затем, уменьшая нагрузку от 1000 Н до нуля с интервалом, равным 100 Н регистрировать величину упругих отжатий системы. Опыт по пункту 4, 5 повторить три раза. Определить средние значения упругих отжатий. Результаты эксперимента занести в таблицу.
6. По данным таблицы (среднеарифметических значений) построить нагрузочную и разгрузочную характеристики станка. Определить жесткость при  $P_y = 500$  Н, соответствующую режимам резания  $t = 2.5$  мм,  $s = 0.3$  мм /об,  $V = 90$  м / мин, при которых будет обтачиваться ступенчатый валик.
7. Раскрепить и снять со станка динамометр и магнитную стойку. Установить и закрепить в резцедержателе проходной резец с геометрическими параметрами  $\varphi = 45$  град,  $\lambda = \gamma = 0$  град,  $r = 2$  мм. Установить режимы резания  $n = 630$  об/мин,  $s = 0.3$  мм/об,  $t = 1$  мм.
8. Обточить заготовку и измерить диаметры детали  $d_1$  и  $d_2$ . Определить по формуле (6) коэффициент уточнения
9. По формуле (5) рассчитать жесткость станка производственным методом и сравнить ее со средней жесткостью, рассчитанной статическим методом.

## Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость производственной системы.
2. Как определить жесткость станка методом статического нагружения?
3. Из-за чего силы резания не постоянны при обработке?
4. Изобразите графики упругих отжатий при определении жесткости методом статического нагружения?
5. Назовите недостатки и достоинства метода статического нагружения.
6. Как определить жесткость станка производственным методом?
7. Что такое уточнение? Как рассчитывается уточнение при токарной обработке?
8. Запишите формулу Соколовского для определения жесткости производственным методом?
9. Назовите преимущества и недостатки производственного метода определения жесткости технологического оборудования.
10. Сформулируйте выводы, сделанные после выполнения лабораторной работы.



## Библиографический список

1. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с.
2. Безъязычный, Вячеслав Феоктистович. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с. : ил.