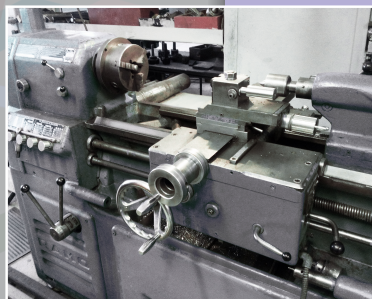


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Н.Ю. Логинов, М.В. Гомельский

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ



Лабораторный практикум



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019

ISBN 978-5-8259-1408-4

УДК 621.62-822(035)

ББК 34.63-5

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, руководитель инженерной службы
ООО «Диамера» *Д.Е. Салабаев*;

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Оборудование
и технологии машиностроительного производства» Тольяттинского
государственного университета *А.А. Козлов*.

Логинов, Н.Ю. Металлорежущие станки : лабораторный практикум /
Н.Ю. Логинов, М.В. Гомельский. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019. – 1 опти-
ческий диск.

В практикуме приведен порядок выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Металлорежущие станки».

Предназначен для студентов направлений подготовки 15.03.01
«Машиностроение» и 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обе-
спечение машиностроительных производств».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольят-
тинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый
компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент;
128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019

Редактор *О.И. Елисеева*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева, И.В. Карасев*

Дата подписания к использованию 06.02.2019.

Объем издания 26 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-15-17.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Лабораторная работа 1. Исследование потерь мощности в приводах станков	5
Лабораторная работа 2. Проверка на точность и паспортизация токарно-винторезного станка модели 16Б16	13
Лабораторная работа 3. Настройка и наладка зубострогального станка модели 5П23БП для обработки прямозубых конических колес	30
Лабораторная работа 4. Испытание токарно-винторезного станка на жесткость	50
Библиографический список	60

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ПРИВОДАХ СТАНКОВ

Задачи работы:

- изучение методик выявления активной мощности приводов станка, а также его полезной мощности;
- исследование зависимости мощности холостого хода станка от частоты вращения шпинделя и числа передач в коробке скоростей;
- исследование зависимости потерь мощности и КПД станка от полезной нагрузки.

Общие сведения

КПД станков является значимым показателем качества производства и совершенства конструкции металлорежущего оборудования, а также рациональности назначения данного станка для выполнения необходимого технологического процесса.

КПД станков рассчитывается как отношение полезной мощности, затраченной непосредственно на процесс резания, к мощности, потребляемой приводом:

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{пр}}}. \quad (1.1)$$

Приводная мощность станка $N_{\text{пр}}$ расходуется на создание необходимых сил и преодоление разных сопротивлений. Она может быть определена через мощность электродвигателя:

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{эл.дв}} \cdot \eta_{\text{эл.дв}}, \quad (1.2)$$

где $\eta_{\text{эл.дв}}$ – КПД электродвигателя.

С другой стороны, мощность привода станка включает следующие составляющие:

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{пол}} + N_{\text{х}} + N_{\text{доп}}, \quad (1.3)$$

где $N_{\text{пол}}$ – полезная мощность; $N_{\text{х}}$ – мощность холостого хода при нулевой нагрузке; $N_{\text{доп}}$ – мощность на дополнительные потери в коробке скоростей, вызванные полезной нагрузкой.

Полезная мощность привода главного движения станка может быть получена через тангенциальную составляющую силы резания P_Z (Н) и скорость резания v (м/мин):

$$N_{\text{пол}} = \frac{P_Z \cdot v}{612}. \quad (1.4)$$

Мощность холостого хода в станках тратится на преодоление сил сопротивления, связанных в основном с трением в подвижных соединениях (зубчатых передачах, подшипниках), с работой масляного насоса и вентиляционным эффектом, а также в результате трения в клиноременной передаче, находящейся между электродвигателем и приводом главного движения.

Наибольшее количество сил сопротивления в станке составляют силы трения в зубчатых парах, в связи с этим при увеличении количества кинематических пар растет и мощность холостого хода станка.

Рабочие поверхности зубчатых колес работают в режиме дефицита смазки, то есть являются парами смешанного трения.

Силы трения в таких передачах существенно зависят от скорости движения рабочих поверхностей друг относительно друга, а следовательно, прямо пропорциональны частотам вращения валов, на которых находятся соответствующие шестерни.

В случае ступенчатого регулирования частот вращения мощность холостого хода привода главного движения приблизительно может определяться следующей зависимостью:

$$N_x = k_m d_{\text{cp}} \cdot 10^{-6} \left(n_I + n_{II} + \dots + n_Z + k_{\text{шп}} \cdot n_{\text{шп}} \frac{d_{\text{шп}}}{d_{\text{cp}}} \right) + N_p, \quad (1.5)$$

где k_m – коэффициент, зависящий от типа системы смазки станка и качества изготовления привода, $k_m = 3 \dots 6$; d_{cp} – средний диаметр всех валов привода; n_I, n_{II}, \dots, n_Z – частоты вращения соответствующих валов, мин^{-1} ; $k_{\text{шп}}$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в шпиндельном узле, $k_{\text{шп}} = 1,5 \dots 2,0$; $d_{\text{шп}}$ – среднее арифметическое значение всех диаметров шеек под подшипники (для станка 16K20 $d_{\text{cp}} = 35$ мм, $d_{\text{шп}} = 70$ мм); N_p – мощность холостого хода клиноременной передачи.

Значения частот вращения валов коробки скоростей определяются из графика частот вращения привода главного движения.

Потери мощности в клиноременной передаче мало зависят от нагрузки и могут быть определены по формуле

$$N_p = C_\phi \cdot z \cdot v \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right), \text{ кВт}, \quad (1.6)$$

где C_ϕ – коэффициент, зависящий от профиля ремня: для сечения А $C_\phi = 0,25$; для сечения Б $C_\phi = 0,72$; z – количество ремней; v – скорость резания, м/с; d_1 и d_2 – соответственно диаметры ведущего и ведомого шкивов, см.

Для станков моделей 16К20 и 16Б16 $N_p = 0,07$ кВт.

Мощность, которая расходуется на дополнительные потери, обусловлена увеличением сил трения в коробке скоростей под воздействием полезной нагрузки.

Дополнительные потери зависят от условий работы пар трения.

Наибольшую часть такого рода потерь в приводе составляют потери в зубчатых передачах. При изменении в достаточно большом диапазоне полезной нагрузки $N_{\text{доп}}$, как правило, непропорционально $N_{\text{пол}}$.

Это связано с тем, что силы трения при соприкосновении реальных поверхностей, смазанных жидкостью, зависят от размеров пятна контакта и определяются следующими видами связей: механическими и электростатическими (вандерваальсовыми) силами, а также адгезионным схватыванием.

В момент увеличения полезной мощности в станке растет нагрузка на зубчатые передачи, растут упругие деформации соприкасающихся поверхностей, растут размеры пятен контакта, рабочие поверхности кинематических пар сближаются друг с другом. Это приводит к увеличению числа контактирующих между собой микровыступов и росту силы трения (рис. 1.1).

В итоге, для нахождения величины потерь мощности и КПД станка необходимо экспериментально определить мощность, потребляемую электродвигателем, и тангенциальную составляющую силы резания.

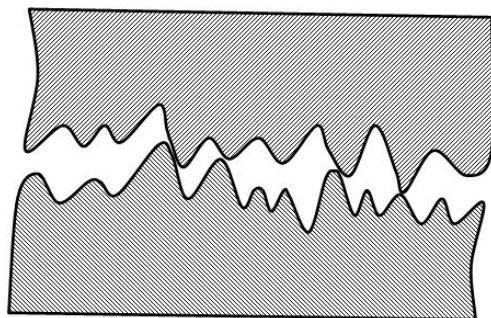


Рис. 1.1. Контакт микровыступов двух поверхностей

Методика измерения мощности, потребляемой электродвигателем

Существует несколько методов измерения мощности электродвигателя. Наиболее простой и точный способ – измерение мощности с помощью ваттметра, который подключается к станку по схеме, приведенной на рис. 1.2.

КПД электродвигателей серии АО мощностью до 10 кВт зависит от $N_{\text{эл.дв.}}/N_{\text{ном}}$ (рис. 1.3).

При выполнении экспериментальной части необходимо регистрировать показания ваттметра.

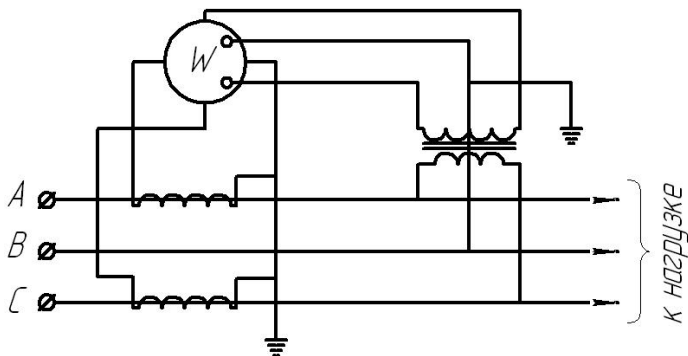


Рис. 1.2. Схема подключения ваттметра к станку

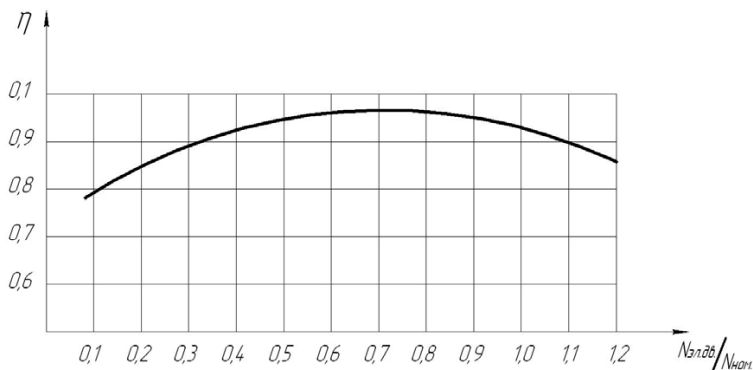


Рис. 1.3. График зависимости КПД электродвигателя от отношения $N_{эл.дв.}/N_{ном}$

Методика определения полезной мощности

Для определения полезной мощности по формуле (1.4) необходимо определить скорость резания v из зависимости $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ и экспериментально измерить величины сил резания P_Z . Для определения силы резания используется универсальный динамометр УДМ-600.

Показания динамометра фиксируются в процессе экспериментов, а величина сил резания определяется по формуле

$$P_Z = B \cdot K_{p_z}, \quad (1.7)$$

где B – показания динамометра; K_{p_z} – коэффициент тарировки.

Величина коэффициента тарировки определяется в процессе подготовки к лабораторной работе. В бланк отчета заносятся показания вольтметра, включенного в измерительную цепь динамометра.

Методика обработки экспериментальных данных на компьютере

Обработка экспериментальных данных, определение потерь мощности и КПД станка проводятся по программе КПД-3. Для этого в память компьютера необходимо ввести:

- 1) показания ваттметра при исследовании на холостом ходу станка;
- 2) показания ваттметра при исследовании под нагрузкой;

- 3) показания амперметра;
- 4) величины скорости резания.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из токарного станка, в патроне которого закреплена заготовка типа «ступенчатый вал», поджатая задним центром. Резец устанавливается в динамометр. Станок настраивается на заданные режимы обработки. При этом проводят экспериментальные замеры мощности электродвигателя при помощи трехфазного ваттметра, подключенного в силовую цепь электродвигателя. При помощи динамометра УДМ-600, подключенного к тензостанции ТА-5, измеряется тангенциальная составляющая силы резания.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с настоящим пособием, изучить методики измерения мощности электродвигателя и сил резания.
2. Ознакомиться с оборудованием лабораторной установки и научиться управлять им.
3. Включить и прогреть станок и тензостанцию ТА-5.
4. Провести измерения мощности электродвигателя на холостом ходу.
5. Провести измерения мощности электродвигателя и силы резания под нагрузкой на режимах, указанных в бланке.
6. Рассчитать теоретическую мощность холостого хода станка, данные внести в бланк отчета.
7. Ознакомиться с методикой обработки экспериментальных данных на компьютере.
8. Провести обработку экспериментальных данных и расчет искомых параметров на компьютере.
9. Построить графики зависимостей $N_x = f(n)$, $N_{\text{потерь}} = f(N_{\text{ном}})$, $\eta = f(N_{\text{ном}})$.
10. Провести анализ полученных зависимостей.

ПРОТОКОЛ

отчета о лабораторной работе «Исследование потерь мощности
в приводах станков»

1. Исследование на холостом ходу станка.

№ п/п	Режим работы станка n , мин^{-1}	Показание ваттметра							Потеря мощности в клино- ремённой передаче N_p , кВт	Теоретический расчет мощности холостого хода						
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$A_{\text{ср}}$		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	$n_{\text{шп}}$	$N_{\text{ТХ}}$
1	2000															
2	1600															
3	1250															
4	1000															
5	630															
6	630 с перебор.															
7	500															
8	400															

2. Исследование под нагрузкой.

№ п/п	Режим обра- ботки			Показания ваттметра							Показания динамометра							D заг.	v	Прим.		
	S	n	t	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$A_{\text{ср}}$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	$B_{\text{ср}}$					

Контрольные вопросы

1. Каковы причины изменения величины потерь при изменении нагрузки?
2. Опишите принцип действия динамометрического резца.
3. Каковы основные методы повышения КПД станков?
4. Каковы причины изменения мощности холостого хода при изменении частоты вращения шпинделя и количества включенных передач?
5. Методы изменения активной мощности.
6. Опишите принцип работы тензодатчиков и схему их соединения с тензостанцией.
7. Каковы причины потерь мощности в зубчатых передачах?
8. Опишите методику определения расчетной нагрузки при проектировании станков.
9. Каковы виды потерь мощности в электродвигателе?
10. Что такое полезная мощность? Приведите зависимость для ее определения.
11. Каковы причины потерь мощности в клиноремённой передаче?
12. Каково влияние полезной нагрузки на режим смазки зубчатых передач?
13. Каково влияние скорости вращения шпинделя на величину потерь мощности при холостом ходе?
14. Каково влияние КПД станков на технико-экономические показатели процессов обработки?
15. Назовите виды потерь мощности в коробке скоростей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ПРОВЕРКА НА ТОЧНОСТЬ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 16Б16

Задачи работы:

- освоить методику контроля точности станка;
- освоить принципы разработки паспорта станка.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с основными узлами и назначением станка.
2. Провести контроль станка на точность по изложенной ниже методике. По результатам измерений заполнить табл. 2.1 (форму протокола).
3. Оформить по предлагаемой форме технический паспорт станка.

Контроль точности станка

В машиностроении по мере его развития возникает необходимость в повышении качества деталей, их надежности и долговечности. Одним из показателей качества деталей машин является точность их изготовления, которая формируется на операциях механической обработки на металлорежущих станках.

Государственными нормативными документами регламентированы нормы точности для всех типов металлорежущих станков. Каждый выпускаемый станок должен подвергаться контролю его точности по существующим стандартам. Стандартом предусмотрено одиннадцать различных проверок на точность самого станка и два вида проверок станка в работе.

В ходе лабораторной работы студенту предлагается выполнение нескольких видов проверки на точность токарно-винторезного станка 16Б16.

Последовательность контроля точности станка

1. Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя передней бабки.

Для этого стойку с индикатором устанавливают так, чтобы шуп индикатора был направлен по нормали к оси вращения шпинделя (рис. 2.1). Проводят измерение с допуском, равным 0,01 мм.

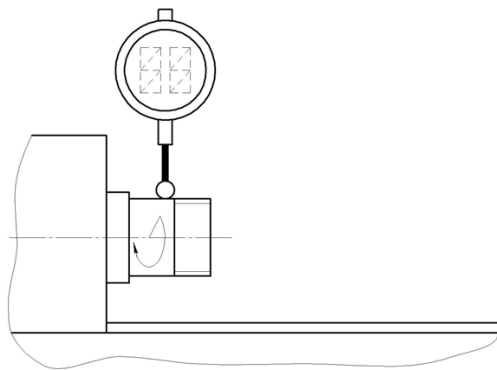


Рис. 2.1. Схема установки индикатора для проверки радиального биения на центрирующей шейке шпинделя

2. Проверка радиального биения оси отверстия шпинделя передней бабки.

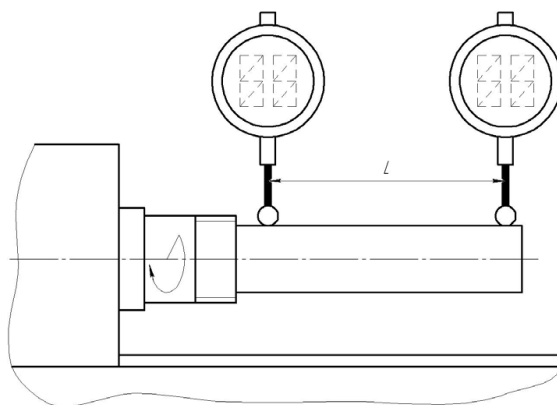


Рис. 2.2. Схема установки индикатора для проверки радиального биения оси конического отверстия шпинделя

В отверстие шпинделя передней бабки с натягом устанавливают оправку и базируют ее по коническому отверстию шпинделя. Стойку с индикатором устанавливают так, чтобы щуп индикатора касался оправки. Придают вращение шпинделю. Замеры биения проводят в двух следующих положениях стойки с индикатором: у переднего конца шпинделя с допуском 0,01 мм и на расстоянии 300 мм от торца шпинделя (рис. 2.2) с допуском 0,02 мм.

3. Проверка параллельности оси шпинделя передней бабки направлению перемещения суппорта.

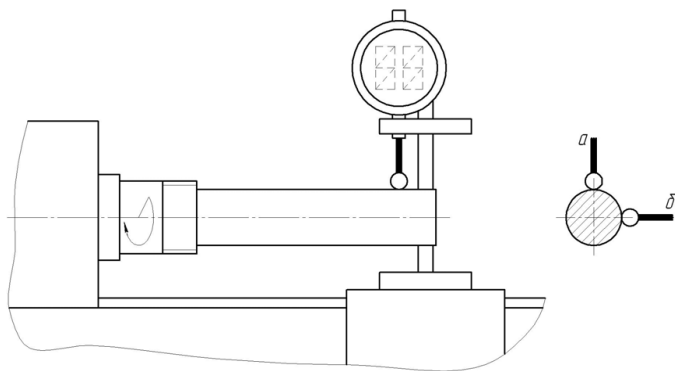


Рис. 2.3. Схема установки индикатора для проверки параллельности оси шпинделя относительно продольного перемещения суппорта

В отверстие шпинделя передней бабки с натягом устанавливают оправку и базируют ее по коническому отверстию шпинделя. Стойку с индикатором устанавливают так, чтобы щуп индикатора касался цилиндрической поверхности оправки по двум образующим (рис. 2.3): верхней (*a*) и боковой (*b*). Измерения проводят по двум диаметрально противоположным точкам. При этом шпиндель поворачивают на 180° . Погрешность определяют как среднее арифметическое результатов двух измерений в одной плоскости. В позиции *a* допускается отклонение величиной 0,030 мм на длине 300 мм от торца шпинделя. В позиции *b* допускается отклонение величиной 0,012 мм на длине 300 мм от торца шпинделя.

4. Проверка осевого биения шпинделя передней бабки.

В отверстие шпинделя передней бабки с натягом устанавливают короткую оправку и базируют ее по коническому отверстию шпин-

деля. Стойку с индикатором устанавливают так, чтобы шуп индикатора касался торцевой поверхности оправки у центра (рис. 2.4). Придают вращение шпинделю. Контроль осуществляется, когда упорные подшипники шпинделя затянуты. Допускается осевое биение не более 0,010 мм.

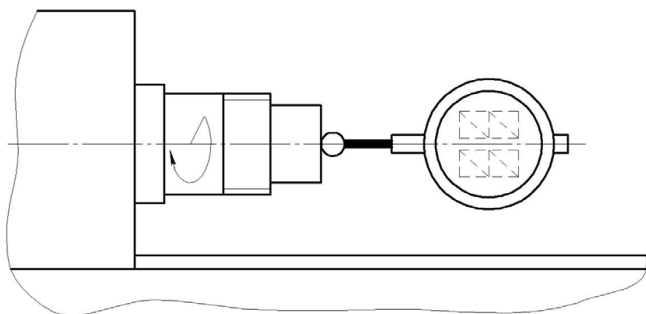


Рис. 2.4. Схема установки индикатора для проверки осевого биения шпинделя

5. Проверка перпендикулярности торцевой поверхности буртика шпинделя передней бабки относительно оси вращения.

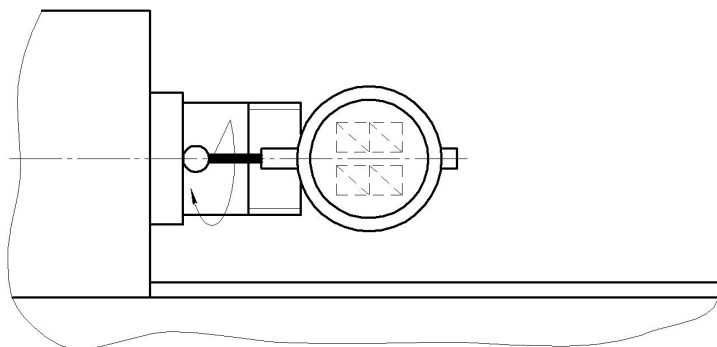


Рис. 2.5. Схема установки индикатора для проверки перпендикулярности буртика шпинделя относительно оси вращения шпинделя

Стойку с индикатором устанавливают так, чтобы шуп индикатора касался торца буртика шпинделя на периферии (рис. 2.5). Шпинделю придают вращение. Замеры осуществляют не менее чем в двух

диаметрально противоположных точках. Искомой погрешностью является наибольшая величина показаний индикатора. Размер допуска равен 0,002 мм.

6. Проверка параллельности перемещения пиноли относительно перемещения суппорта.

Пиноль задней бабки задвигается и фиксируется. Стойку с индикатором устанавливают на суппорте так, чтобы шуп индикатора касался цилиндрической поверхности пиноли (положение А) сначала в точках на ее верхней образующей (*a*), а затем на ее боковой образующей (*б*).

Затем снимают фиксацию пиноли и выдвигают ее на половину максимального вылета, а затем снова фиксируют. Суппорт со стойкой перемещают в направлении задней бабки так, чтобы шуп индикатора опять коснулся образующей пиноли в той же точке (рис. 2.6), что и при предыдущей установке (положение Б). Допустимое отклонение в позиции *a* равно 0,03 мм на длине 100 мм. В позиции *б* на длине 100 мм допуск равен 0,01 мм.

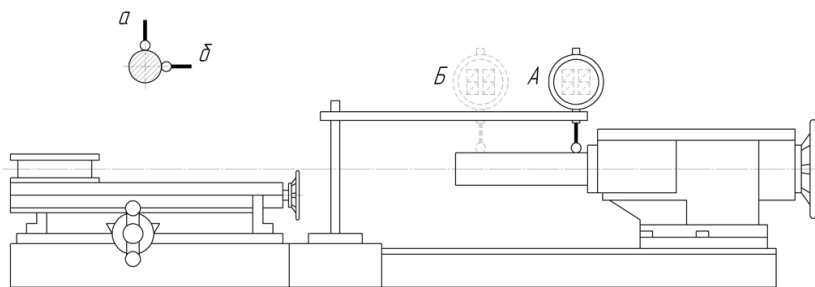


Рис. 2.6. Схема установки индикатора для проверки параллельности перемещения пиноли относительно продольного перемещения суппорта

7. Проверка параллельности оси конического отверстия задней бабки (пиноли) относительно продольного перемещения суппорта.

В отверстие пиноли задней бабки с натягом устанавливают цилиндрическую оправку. Стойку с индикатором устанавливают на суппорте так, чтобы шуп индикатора касался поверхности оправки. Суппорт перемещают вдоль направляющих станины и делают три замера (рис. 2.7). Искомую величину погрешности определяют как

среднее арифметическое всех результатов измерений. Допускаемое отклонение на длине 300 мм составляет 0,03 мм.

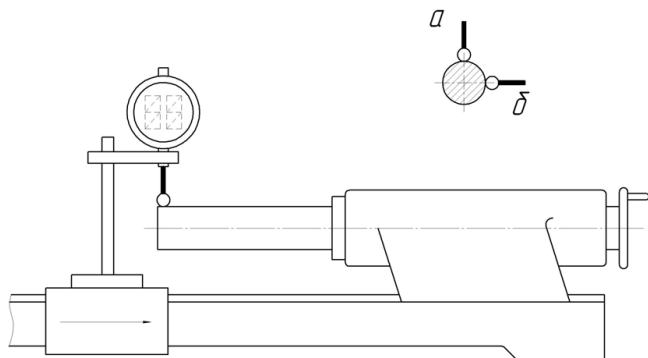


Рис. 2.7. Схема установки индикатора для проверки параллельности оси конического отверстия шпинделя задней бабки (пиноли) относительно продольного перемещения суппорта

8. Проверка правильности расположения осей отверстий шпинделя передней бабки и пиноли.

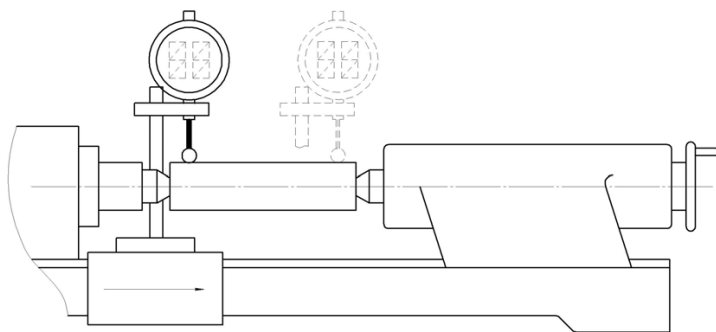


Рис. 2.8. Схема установки индикатора для проверки расположения осей отверстий шпинделя передней бабки и пиноли на одинаковой высоте над направляющими станины для суппорта

Оси шпинделя и пиноли располагают на равной высоте относительно направляющих станины (рис. 2.8). В центрах зажимают цилиндрическую оправку, длина которой составляет не менее четверти максимального расстояния между центрами. Стойку с индикатором

устанавливают на суппорте так, чтобы щуп касался верхней образующей цилиндрической поверхности оправки. Суппорт с оправкой перемещают вдоль оправки для определения максимального показания индикатора (рис. 2.8). Измерения выполняют у двух концов оправки на равных расстояниях от центров. Искомое отклонение определяют как разность максимальных показаний индикатора при двух измерениях. Допуск отклонения составляет 0,06 мм, причем ось отверстия пиноли задней бабки может быть только выше отверстия в шпинделе станка.

9. Проверка параллельности направления перемещения салазок суппорта относительно оси шпинделя передней бабки.

В отверстие шпинделя передней бабки с натягом устанавливают короткую оправку и базируют ее по коническому отверстию шпинделя. Стойку с индикатором устанавливают так, чтобы щуп индикатора касался боковой образующей цилиндрической поверхности оправки. Поворотную часть суппорта располагают так, чтобы при перемещении салазок показания индикатора на обоих концах оправки были одинаковы. После того как найдено такое положение, индикатор переустанавливают таким образом, чтобы его измерительный щуп касался верхней образующей поверхности оправки. Суппорт перемещают вдоль верхних направляющих на полную длину хода (рис. 2.9). Отклонение от параллельности не должно превышать 0,03 мм на длине 300 мм. Станок контролируется в действии.

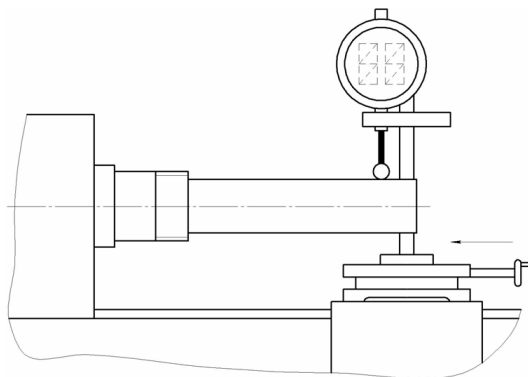


Рис. 2.9. Схема установки индикатора для проверки параллельности направления перемещения салазок суппорта относительно оси шпинделя

10. Контроль точности детали после чистовой обработки на станке.

Для получения искомых результатов измеряют конусность и овальность обработанной на станке детали.

Стальной цилиндрический вал зажимают в патроне передней бабки. Задний центр в работе не участвует. Диаметр вала должен быть не более 200 мм и не менее четверти высоты центров. После чистовой обработки заготовку измеряют микрометром.

Для измерения овальности проводят замеры двух взаимно перпендикулярных диаметров какого-либо сечения вала. Искомая величина определяется как разность этих диаметров:

$$\Delta = D - d.$$

Погрешность не должна превышать 0,01 мм.

Для измерения конусности контролируют два диаметра, располагающихся в одной осевой плоскости на расстоянии l (рис. 2.10). Погрешность определяют по такой же формуле. Отклонение на длине $l = 100$ мм не должно превышать 0,01 мм.

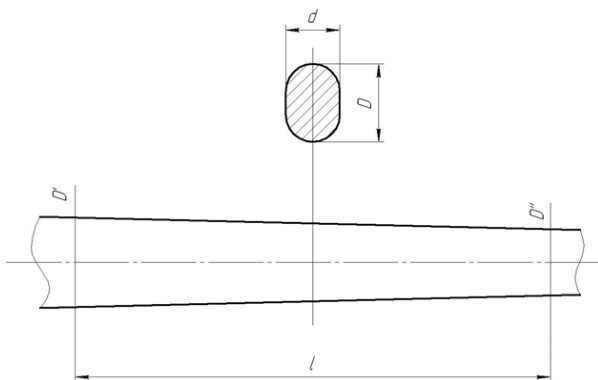


Рис. 2.10. Эскиз детали для проверки точности изделия

При проведении лабораторной работы содержание всех этапов заносится в табл. 2.1.

Проверка на точность токарно-винторезного станка 16Б16
(форма протокола)

№ п/п	Этапы выполнения	Эскиз установки	Допускаемые отклонения	Фактические отклонения

Дата

Подпись студента

Подпись преподавателя

Паспортизация токарно-винторезного станка

На машиностроительных предприятиях при формировании технологических процессов большую роль играет полное использование возможностей технологического оборудования вообще и металлорежущих станков в частности. Для этого производят паспортизацию станков. Целесообразно иметь две разновидности паспортов на металлообрабатывающее оборудование:

- сокращенные паспорта, которые предназначены для нормировщиков и технологов;
- полные паспорта, которые заполняются заводами-изготовителями и прилагаются к станку.

Сокращенный паспорт содержит основные сведения обо всех характеристиках станков. Эту информацию используют при оснащении технологических процессов и при нормировании времени работы станочников.

В сокращенный паспорт заносят общие характеристики станка.

1. Общие сведения.

Завод-изготовитель. Указывается наименование завода и город, в котором он расположен (например, «Стангидромаш», Самара).

Тип станка. Указывается в заголовке паспорта. При необходимости указывается разновидность (например, вертикально-сверлильный).

Модель. Указывается номер модели.

Габариты станка определяются измерением длины, ширины и высоты станка. Размеры берут между крайними точками на выдвиг-

нутых в предельные положения подвижных частях станка. Результаты измерения округляются с точностью до 10 мм. В габариты станка включаются электродвигатели и разнообразные приспособления, которыми он оснащен.

2. Основные данные станка.

Высота центров в мм. Измеряется по перпендикуляру от линий центров до плоскости станины.

Наибольшее расстояние между центрами в мм. Перед измерением отодвигают заднюю бабку в крайнее положение (без свешивания над станиной) и задвигают пиноль до отказа. Результат измерения округляют с точностью до 1 мм.

Наибольший диаметр прутка, проходящего внутри шпинделя, в мм. Принимается равным $0,97$ диаметра отверстия в шпинделе.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, установленного над верхней частью суппорта, в мм. Наибольший диаметр над суппортом не может быть более $1,94R_2$, где R_2 — расстояние от оси вращения до ближайшей выступающей части суппорта.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, установленного над нижней частью суппорта, в мм. Линейкой измеряется наименьшее расстояние от линии центров до направляющих поперечных салазок R_1 . В паспорте указывается $1,94R_1$ с точностью до 1 мм.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, установленного над станиной, в мм. Измеряется линейкой от переднего центра до верхних кромок плоскости станины.

В паспорте указывается:

- 1) *наибольшая длина обточки* в мм; измеряются расстояния между крайними положениями суппорта;
- 2) *шаг нарезаемой резьбы*: метрической — в мм; дюймовой — в нитках на 1 дюйм); модульной — в мм.

3. Шпиндель:

- *конусность отверстия шпинделя и номер конуса*. Определяются при помощи набора нормальных конусов;
- *диаметр отверстия в шпинделе* в мм. Измеряется с заднего конца шпинделя;
- *эскиз конца шпинделя*. На эскизе указывается длина, диаметр и шаг резьбы;

- *торможение шпинделя*. Указывается, есть ли торможение шпинделя;
- *блокировка рукояток от одновременного включения*. Указывается, есть ли в механизме главного движения такая блокировка.

4. Задняя бабка:

- *конусность отверстия пиноли, система и номер*. Определяются при помощи набора нормальных конусов;
- *наибольшее перемещение пиноли* в мм. Измеряется линейкой при вращении маховика;
- *перемещение пиноли за один оборот маховика*. Определяется как среднее за несколько оборотов маховика;
- *перемещение пиноли на одно деление*. Определяется как среднее за один оборот маховика;
- *поперечное смещение задней бабки вперед и назад*. Измеряется величина смещения от нулевой риски до крайнего положения;
- *поперечное смещение на 1 деление*. Проверяется цена деления шкалы, то есть величина перемещения бабки, соответствующая одному делению шкалы.

5. Суппорт:

- *число резцов в резцедержателе*;
- *наибольшие размеры державки резца* в мм;
- *высота от опорной поверхности резца до линии центров*. Измеряется линейкой по вертикали;
- *наибольшее расстояние от оси центров до кромки резцедержателя*. При измерении поперечные салазки отодвигаются в крайнее положение;
- *наибольшее перемещение суппорта* в мм. При этих измерениях суппорт перемещается в крайнее положение;
- *выключающие упоры* для автоматического выключения перемещения суппорта (типа падающего червяка);
- *быстрое перемещение суппорта*. Указывается, есть или нет;
- *перемещение суппорта на одно деление лимба* в мм. Подсчитывается по шагу винта и числу делений лимба;
- *перемещение суппорта на один оборот лимба*. Измеряется линейкой по числу оборотов и шагу винта;

- *предохранение от перегрузки*. Указывается, есть ли предохранительные устройства. Например, срезная шпонка, падающий червяк и др.;
- *блокировка рукояток от одновременного включения*. Указывается, есть ли такое устройство;
- *резцовые салазки*. Указываются:
 - поворот верхних салазок в град;
 - наибольшее перемещение верхних салазок в мм;
 - перемещение на одно деление лимба;
 - перемещение на один оборот лимба. Измеряется линейкой или подсчитывается по шагу винта;
- *резьбоуказатель*. Указывается, есть или нет.

6. Привод. *Род привода* указывается по источнику движения, от которого работает станок (от трансмиссии, от индивидуального электродвигателя и т. д.).

Электродвигатели:

- *назначение*. Указывается, какому узлу станка передается движение (главное движение, подача суппорта, обратные перемещения суппорта);
- *число оборотов в минуту* указывается соответственно числу ступеней. Эти данные берут из таблички, имеющейся на электродвигателе;
- *мощность* в кВт. Указана в табличке на электродвигателе;
- *инвентарный номер*. Указан в инвентарной описи.

Шкивы: диаметр и ширина шкивов в мм.

Ремни и цепи:

- *вид передачи* (главный привод, коробка передач и т. д.);
- *нормальные размеры* ремней и цепей;
- *число ремней*. Указывается в зависимости от рода передачи;
- *материал ремня* (кожа, резина, сталь);
- *натяжное приспособление*. Указывается, есть или нет.

Подшипники шпинделя:

- *тип подшипника* (скольжения, шариковый или роликовый, радиальный или упорный);
- *основные размеры* (внутренний диаметр, длина вкладыша для подшипников скольжения и номер подшипника качения);
- *материал*. Указывается материал вкладышей.

7. Принадлежности и приспособления:

- *патроны* (пределльные диаметры изделий, зажимаемых патроном);
- *планишайба* (наружный диаметр в мм).

Все остальные приспособления перечисляются.

8. Механизм главного движения.

КПД станка рассчитывается по формуле

$$\eta_{\text{ст}} = k_1 \cdot k_2, \quad (2.1)$$

где k_1 – приближенное значение КПД привода главного движения, определяемое по табл. 2.2; k_2 – коэффициент учета расхода мощности на привод подач (определяется по табл. 2.3).

Таблица 2.2

Ориентировочные значения коэффициента k_1

Количество валов в механизме привода главного движения	1	2	3	4	5	6	7	8
	Коэффициент k_1							
При подшипниках качения	0,96	0,92	0,88	0,85	0,84	0,78	0,75	0,72
При подшипниках скольжения	0,93	0,86	0,80	0,74	0,69	0,64	0,60	0,56

В табл. 2.2 учтены все валы, включая шпиндель, кроме вала электродвигателя.

Таблица 2.3

Коэффициент k_2 учета расхода мощности на привод подач

Тип станков	k_2
Токарные, револьверные, сверлильные	0,96
Многорезцовые, станки-полуавтоматы, автоматы	0,92

Эффективная мощность $N_{\text{эф}}$ на шпинделе определяется так:

$$N_{\text{эф}} = N_{\text{эл}} \cdot \eta_{\text{ст}}, \quad (2.2)$$

где $N_{\text{эл}}$ – номинальная мощность электродвигателя по данным завода-изготовителя, кВт.

Положение рукояток зарисовывается схематически с соблюдением относительного расположения органов управления.

Частоту вращения шпинделя по данным завода-изготовителя указывают на основании таблицы, прикрепленной к станку. Фактическую частоту измеряют тахометром или другим прибором.

9. Механизм подачи

Этот раздел в паспорте станка заполняется так же, как и предыдущий.

Наибольшее усилие подачи, допускаемое приводом подачи, определяется на основании данных завода-изготовителя. Все данные измерений заносятся в паспорт станка, сокращенная форма которого приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Основные паспортные данные токарного станка

Завод-изготовитель и его местонахождение _____

Тип станка _____

Станок особо пригоден или приспособлен _____

Модель _____

Инвентарный номер _____

Габариты: длина _____ мм, ширина _____ мм,
высота _____ мм

Основные паспортные данные токарного станка

Высота центров, мм	прямо
	наклонно
Наибольшее расстояние между центрами, мм	
Длина выемки, мм	до планшайбы
	общая
Наибольший диаметр, мм	прутка
	над верхней частью суппорта
	над нижней частью суппорта
	над станиной
	в выемке

Наибольшая длина обточки, мм							
Шаг нарезаемой резьбы				наименьший	наибольший		
	метрической, мм						
	дюймовой (число ниток на 1 дюйм)						
	модульной, мм						
питчевой (в питчах)							
Шпиндель							
Конус: система							
Привод							
Род привода							
Электродвигатели							
Назначение							
Принадлежности и приспособления							
Для закрепления изделия							
Планшайба: диаметр, мм, вес, кг							
Патроны		Тип	Масса, кг	Диаметр зажима			
				Нормальные кулачки		Обычные кулачки	
				Наибольший	Наименьший	Наибольший	Наименьший
двухкулачковый трехкулачковый четырекулачковый поводковый							
Люнеты	подвижный			Вес _____ кг			
	неподвижный			Диаметр зажима _____			
				Вес _____ кг			
				Диаметр зажима _____			
Для закрепления инструмента							
Для настройки и обслуживания станка							
Насос для охлаждающей жидкости				Тип			
				Производительность, л/мин			

Сменные зубчатые колеса			
Модуль _____ мм	Ширина обода _____ мм	Диаметр отверстия _____ мм	Материал _____
Число зубьев:			

Диаметр отверстия шпинделя, мм		_____	
Эскиз конца шпинделя			

Торможение шпинделя		есть нет	
Блокировка рукояток от одновременного включения		_____	
Задняя бабка			
Конус: система		№	
Наибольшее перемещение пиноли, мм			
Перемещение пиноли, мм		за один поворот маховика	
		на одно деление шкалы	
Поперечное смещение, мм		вперед	
		назад	
Величина поперечного смещения на одно деление, мм		_____	
Суппорт			
Число резцов в резцедержателе			
Наибольшие размеры державки или резца, мм		высота	
		ширина	
Высота от опорной поверхности резца до линии центров, мм			
Наибольшее расстояние от оси центров до кромки резцедержателя, мм			
Число суппортов			

Число резцов (головок) в суппорте			
Наибольшее перемещение, мм		от руки	
		продольное	
		поперечное	
_____		по валику	

_____		по винту	

Выключающие упоры		есть	
		нет	
Быстрое перемещение		есть	
		нет	
Перемещение на одно деление лимба, мм			

Предохранение от перегрузки	есть	
	нет	
Блокировка рукояток от одновременного включения		
Перемещение на один оборот лимба		
Резцовые салазки	Наибольший угол поворота, град	
	Поворот на одно деление шкалы	
	Наибольшее перемещение, мм	
	Перемещение на один оборот лимба	
	Перемещение на одно деление лимба, мм	
Резьбоуказатель	есть	
	нет	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

НАСТРОЙКА И НАЛАДКА ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 5П23БП ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС

Задачи работы:

- изучение порядка наладки и настройки станка и овладение соответствующими практическими навыками;
- ознакомление с устройством станка, принципом его работы, назначением узлов станка, расположением органов управления и порядком манипулирования ими.

Содержание работы:

- изучить порядок расчетов, описание конструкции станка и его кинематической схемы, расположение органов управления и гитар настройки;
- согласно данным задания, выданного преподавателем, произвести расчет параметров обрабатываемого зубчатого колеса, передаточных отношений гитар сменных колес и других величин, необходимых для настройки и наладки станка;
- произвести настройку и наладку станка, а также нарезать на заготовке зубья в соответствии с заданием;
- составить отчет о работе по требованиям, приведенным в конце раздела.

Краткое описание станка модели 5П23БП

Зубострогальный полуавтомат модели 5П23БП предназначен для изготовления прямозубых конических колес. На станке могут быть обработаны прямозубые конические колеса с модулем до 1,5 мм и наибольшим диаметром до 125 мм (при передаточном отношении $i = 1:10$) или 90 мм (при передаточном отношении $i = 1:1$).

Профиль зуба изготавливаемого колеса образуется методом обката. В качестве производящего (инструментального) звена используется плосковершинное колесо, имеющее прямолинейный профиль зуба. Однако сделать инструмент, который воспроизводил бы такое колесо целиком, невозможно ввиду отсутствия места на

исполнительных звеньях станка, и, кроме того, плосковершинное колесо всегда имеет дробное число зубьев. Поэтому используют только одну впадину между зубьями производящего колеса, образуемую режущими кромками двух резцов, закрепленных в суппортах. Суппорты в свою очередь располагаются на торце исполнительного звена, которое в таких станках называется люлькой. Вращение люльки воспроизводит (имитирует) вращение производящего колеса. На рис. 3.1 показана схема относительного положения заготовки (обрабатываемого зубчатого колеса) и воображаемого производящего колеса, а также движения резцов, заготовки и производящего колеса при обработке (рабочем ходе).

На рис. 3.2 показан вид на люльку станка со стороны суппортов. Хорошо видно, что на люльке могут разместиться только два суппорта, в каждом из которых закрепляется по одному резцу.

На рис. 3.3 изображен внешний вид станка и показаны основные его узлы. Также представлено расположение гитар настройки и органов управления.

На рис. 3.4 показана схема движений, совершаемых инструментами и заготовкой в течение цикла обработки на заготовке одного зуба.

Главное движение P_1 (движение резания) – возвратно-поступательное движение в станке – сообщается резцам, закрепленным на двух суппортах. Суппорты установлены на люльке, которая в процессе обработки одного зуба совершает возвратно-качательное движение B_2 (в одну сторону – рабочий ход; в другую – холостой ход). При рабочем ходе происходит нарезание зубьев в процессе обкатки заготовки движением B_3 по воображаемому плосковершинному колесу, вращение которого имитируется движением люльки (B_2).

Процесс деления осуществляется следующим образом: во время холостого хода стол с бабкой изделия отводится от резцов движением P_4 на расстояние, большее, чем высота зубьев. При этом шпиндель изделия продолжает непрерывное вращение в одном и том же направлении и до начала нового рабочего хода успевает повернуться на целое число угловых шагов Z_i (целое число зубьев). Число зубьев нарезаемого колеса Z не должно содержать общих делителей с числом зубьев Z_i , пропускаемых при делении, и не должно делиться на Z_i нацело.

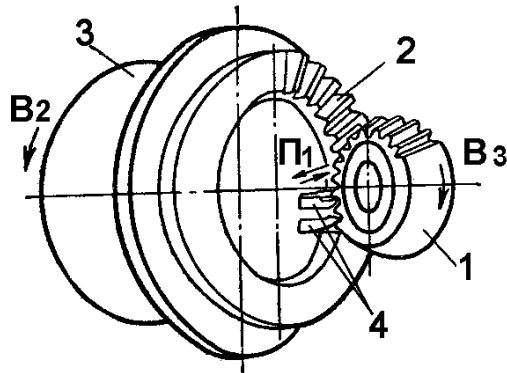


Рис. 3.1. Схема относительного положения заготовки и производящего колеса: 1 – заготовка; 2 – воображаемое плосковершинное колесо; 3 – люлька; 4 – резцы, режущие кромки которых расположены там, где должны находиться боковые стороны одного из зубьев производящего колеса

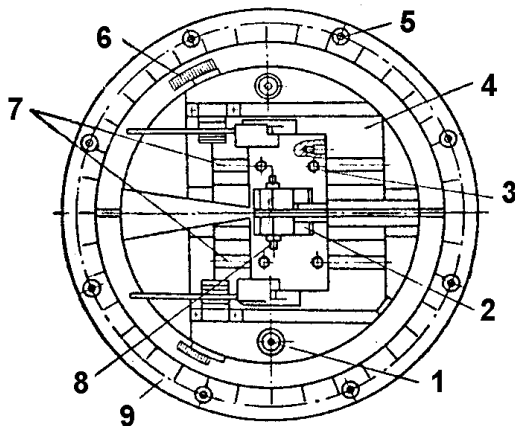


Рис. 3.2. Люлька: 1 – валик для разворота суппортов на угол конусности зуба; 2 – резцедержатель; 3 – винт закрепления резцедержателя; 4 – суппорт; 5 – гайки зажима поворотного сегмента; 6 – шкала; 7 – пазы для закрепления суппортов; 8 – винт для закрепления резца; 9 – шкала для контроля угла качания люльки

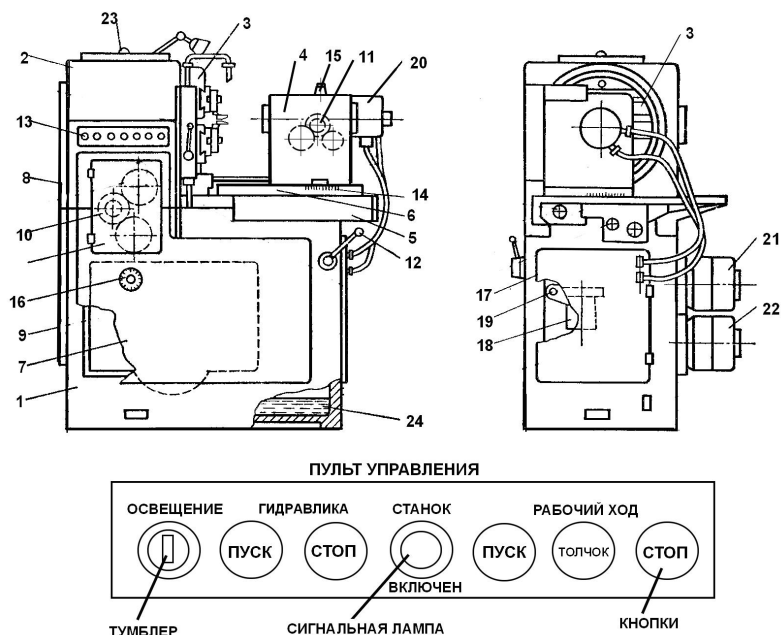


Рис. 3.3. Внешний вид станка: 1 – станина; 2 – стойка; 3 – люлька с суппортами; 4 – бабка изделия; 5 – стол; 6 – поворотная плита; 7 – реверсивный механизм (под крышкой); 8 – крышка гитары скоростей (главного движения); 9 – крышка гитары привода подачи; 10 – гитара обката; 11 – гитара деления; 12 – рукоятка ускоренного перемещения стола и зажима; 13 – кнопочный пульт управления; 14 – шкала расстояний от торца шпинделя до геометрического центра станка; 15 – лимб вертикального смещения шпинделя; 16 – счетчик циклов; 17 – лимб установки механизма врезания; 18 – распределвал; 19 – четырехгранный конец вала червяка привода распределвала; 20 – гидроцилиндр механизма зажима заготовки; 21 – электродвигатель привода кинематики станка; 22 – электродвигатель привода гидронасоса; 23 – указатель смазки; 24 – резервуар масла

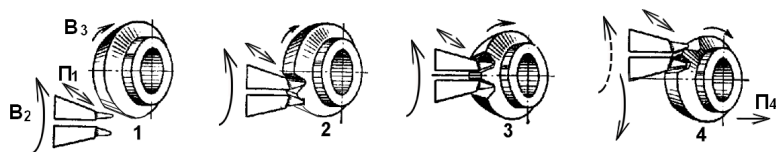


Рис. 3.4. Схема движений: 1 – начало цикла; 2 – резцы начинают снимать стружку; 3 – середина обката; 4 – конец обработки одного зуба: заготовка отводится от инструментов движением Π_4 , движение V_2 реверсируется, а движение заготовки V_3 продолжается в прежнем направлении

При завершении холостого хода стол с бабкой изделия быстро подводится в рабочее положение и начинается обработка очередного зуба. В любой момент цикла стол может быть отведен от люльки при помощи гидроцилиндра, который управляется рукояткой 12 (рис. 3.3). Эта рукоятка управляет также гидроцилиндром зажима заготовки.

Резцы (рис. 3.4) совершают возвратно-поступательное движение. При перемещении вперед они снимают стружку. При перемещении в обратном направлении резцы во время каждого двойного хода следует отводить на небольшое расстояние (примерно 0,5 мм) от обрабатываемой поверхности. Отвод резцов при холостом ходе осуществляется с помощью специального механизма, встроенного в суппорты (рис. 3.5).

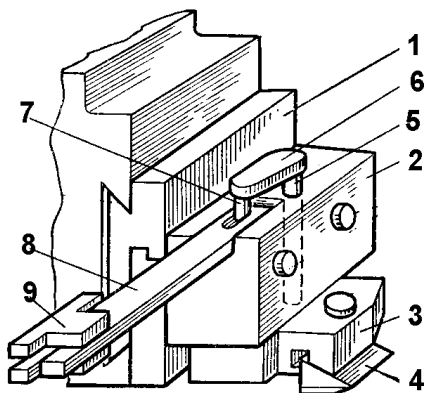


Рис. 3.5. Суппорт и механизм отвода резцов

На ползунах 1, перемещающихся в направляющих люльки, закреплены суппорты 2. В суппортах имеются отверстия, в которые входят оси 5 резцедержателей 3 с резцами 4. На противоположном от резцедержателей конце оси 5 имеются рычажки 6 с пальцами 7, входящими в косой паз, выполненный в планках 8. Планки могут перемещаться в пазах суппортов 2. Противоположные концы планок 8 удерживаются тормозными колодками 9.

При возвратно-поступательном движении ползунов и суппортов планки притормаживаются колодками. Одновременно планки перемещаются возвратно-поступательно вместе с суппортами на

величину, ограниченную величиной хода пальцев в косых пазах. Таким образом, они заставляют поворачиваться рычажки, оси, а также резцедержатели с резцами. Перед ходом суппорта вперед резцы поворотом резцедержателей подводятся к обрабатываемой поверхности, при обратном ходе – отводятся.

Параметры обрабатываемого колеса

Для выполнения расчетов по настройке станка необходимо сначала определить следующие величины (рис. 3.6):

- 1) делительный диаметр зубчатого колеса

$$d = m \cdot z;$$

- 2) длину образующей делительного конуса

$$L = m \frac{\sqrt{Z_{ш}^2 + Z_{к}^2}}{2},$$

где m – модуль обрабатываемого колеса; $Z_{ш}$ – число зубьев обрабатываемого колеса; $Z_{к}$ – число зубьев сопрягаемого колеса;

- 3) угол головки зуба

$$\delta = \arctg \frac{h_{г}}{L},$$

где $h_{г}$ – высота головки зуба, $h_{г} = m$;

- 4) угол ножки зуба

$$\gamma = \arctg \frac{h_{н}}{L},$$

где $h_{н}$ – высота ножки зуба, $h_{н} = 1,25 m$;

- 5) половину угла при вершине делительного конуса

$$\varphi = \arctg \frac{Z_{ш}}{Z_{к}};$$

- 6) половину угла при вершине наружного конуса

$$\varphi_{е} = \varphi + \delta;$$

- 7) половину угла при вершине внутреннего конуса

$$\varphi_{г} = \varphi - \gamma;$$

8) число зубьев производящего воображаемого плосковершинного колеса

$$Z_{плв} = \sqrt{Z_{ш}^2 + Z_{к}^2} \cos \gamma.$$

Величина $Z_{плв}$ определяется с точностью до пятого знака после запятой;

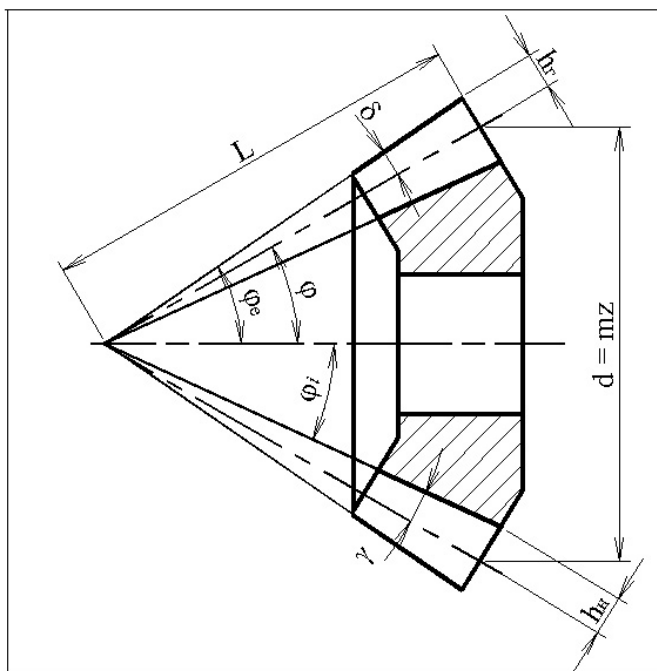


Рис. 3.6. Эскиз конического зубчатого колеса

9) угол качания люльки, необходимый для полного обката обрабатываемого колеса по производящему колесу,

$$\Theta = \arccos\left(\frac{\cos \varphi_e}{\cos \varphi_i}\right) + 0,5\Theta_\varepsilon,$$

где $\Theta_\varepsilon = \frac{1200}{Z_{\text{плв}}}$;

10) угол качания люльки зависит от числа зубьев, пропускаемых при делении. Поэтому число зубьев Z_i следует выбирать не менее чем

$$Z_i \geq \frac{\Theta Z_{\text{плв}}}{210} + 2.$$

Это число должно быть округлено до целого.

При этом, как указано выше, число зубьев нарезаемого колеса Z не должно содержать общих делителей с числом зубьев Z_i , пропускаемых при делении, и не должно делиться на Z_i нацело. В противном случае при очередном цикле резцы могут попасть на уже обработанный зуб;

11) угол сходимости линий основания зуба

$$\sigma_f = 57,3 \frac{0,25 \cdot \pi \cdot m + 1,2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{L \cos \gamma}$$

На этот угол поворачивают суппорты на торце люльки.

Кинематика станка

На рис. 3.7 изображена кинематическая схема станка.

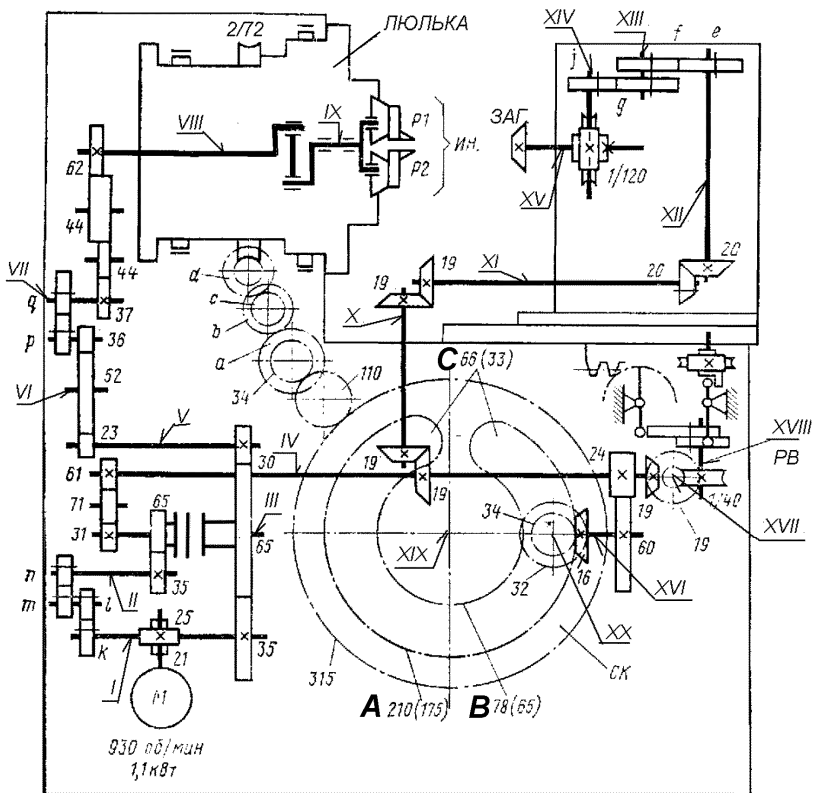


Рис. 3.7. Кинематическая схема

Кинематическая цепь главного движения

Главным движением в станке является возвратно-поступательное движение суппортов с резцами.

Кинематическая цепь главного движения связывает вращение электродвигателя с мощностью $N = 1,1$ кВт и частотой вращения выходного вала $n = 930$ об/мин с возвратно-поступательным движением суппортов. Электродвигатель передает вращение через зубчатую винтовую передачу 21–25 зубчатым колесам 35–65–30–23–52–36, далее – через гитару скоростей p – q и колеса 37–44–44–62 – валу VIII с кривошипом. Кривошипно-шатунный механизм заставляет совершать качательное движение вала IX, а последний с помощью диска и двух пальцев перемещает возвратно-поступательно суппорты с резцами, которые установлены на люльке.

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи (в дальнейшем применяется сокращенный термин – расчетные перемещения): 930 об/мин электродвигателя соответствуют n двойных ходов резца в минуту.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения имеет вид:

$$930 = \frac{21}{25} \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{65}{30} \cdot \frac{23}{52} \cdot \frac{52}{36} \cdot i_v \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{44}{62} = n.$$

Отсюда формула настройки гитары главного движения

$$i_v = \frac{p}{q} = \frac{n}{347,5}.$$

Число двойных ходов резца в минуту n определяется в зависимости от требуемой скорости резания и длины обрабатываемого зуба:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{2(b + \delta)}, \quad (3.1)$$

где v – скорость резания, м/мин; b – длина обрабатываемого зуба, мм; δ – перебег резца, обычно принимают $\delta = 5 \dots 7$ мм.

Сменные колеса p и q (рис. 3.8) имеют постоянное межосевое расстояние и, следовательно, постоянную сумму чисел зубьев $p + q = 95$. В связи с этим название «гитара» здесь не совсем точно. С точки зрения терминологии более правильно называть этот орган настройки «сменные шестерни». Поскольку сумма чисел зубьев при любой настройке должна быть постоянной, гитара глав-

ного движения может быть настроена лишь приблизительно. Для настройки удобно пользоваться табл. 3.1, причем полученную по формуле (3.1) величину n следует округлить до ближайшего меньшего значения по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значения чисел зубьев сменных зубчатых колес настройки привода главного движения

p	q	n дв. ход/мин
29	66	160
34	61	200
39	56	250
45	50	315
50	45	400
56	39	500
61	34	630
66	29	800

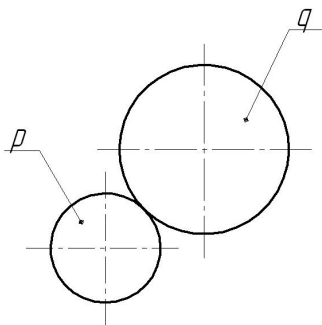


Рис. 3.8. Сменные шестерни привода главного движения

Набор сменных колес для гитары скоростей состоит из восьми колес с модулем $m = 2$: число зубьев $Z = 29, 34, 39, 45, 50, 56, 61, 66$.

Цепь подачи

Подача — это движение, которое обеспечивает постепенное удаление припуска, следовательно, от величины подачи зависит толщина стружки, срезаемой резцом за один двойной ход. Каждая величина подачи зависит от скорости относительного вращения люльки

с суппортами и заготовки. Скорость относительного поворота может быть настроена с помощью сменных зубчатых колес k, l, m, n , (рис. 3.9) передающих движение на все внутренние кинематические цепи станка, кроме цепи главного движения. Условно за величину подачи в станке принято время t_p , затрачиваемое на рабочий ход.

Конструкцией станка предусмотрен так называемый распределительный вал (вал XVIII). На нем установлены кулачки, управляющие всеми движениями цикла: они переключают реверс люльки, муфту холостого хода, а также подводят и отводят бабку изделия. За время полного цикла распределительный вал всегда поворачивается на один оборот, а за время рабочего хода t_p — на 0,83 оборота. В связи с этим расчетной цепью подачи удобно считать цепь, передающую вращение от двигателя распредвала, а расчетные перемещения для цепи будут такими:

$930 \frac{t_p}{60}$ оборотов электродвигателя соответствует 0,83 оборота распредвала, где t_p — время рабочего хода, с.

Во время рабочего хода движение распределительному валу передается от электродвигателя через винтовую зубчатую пару 21/25, сменные шестерни гитары подач k, l, m, n , зубчатые колеса 35/65 (фрикционная муфта на валу III при рабочем ходе включена влево), затем колеса 31/71/61, коническую пару 19/19 и червячную передачу 1/40. При холостом ходе фрикционная муфта на валу III переключается вправо, и движение с вала I передается на вал IV через передачи 21/25/35/65/31/71/61, минуя гитару подач. Следовательно, скорость вращения распредвала и время, затрачиваемое на холостой ход, будут постоянными при любой настройке станка.

Уравнение кинематического баланса с учетом приведенных выше расчетных перемещений выглядит так:

$$930 \frac{t_p}{60} \cdot \frac{25}{21} i_s \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{31}{71} \cdot \frac{71}{61} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{40} = 0,83.$$

Формула настройки:

$$i_s = \frac{k}{l} \cdot \frac{m}{n} = \frac{6,575}{t_p}.$$

Пары сменных зубчатых колес k/l и m/n имеют постоянное межосевое расстояние, равное 105 мм при модуле $m = 1,5$ мм, и,

следовательно, постоянную сумму зубьев $k + l = m + n = 140$. Поэтому гитару можно настроить, опираясь лишь на ряд определенных величин подач. Для подбора сменных колес гитары подач удобно пользоваться табл. 3.2. Расчетное время рабочего хода следует округлять до ближайшего большего по табл. 3.2.

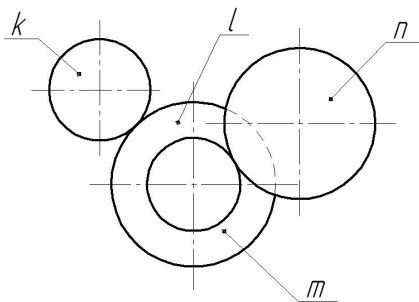


Рис. 3.9. Схема расположения зубчатых колес в гитаре подач

Таблица 3.2

Подбор сменных зубчатых колес гитары цепи подач

k	l	m	n	t_p, c
86	54	76	64	3,5
86	54	64	76	4,9
62	78	76	64	7,0
64	76	62	78	9,9
61	79	54	86	13,6
50	90	54	86	18,9
46	94	47	93	26,7
40	100	43	97	37,2
31	109	43	97	52,4
24	116	40	100	79,8
24	116	31	109	112

Следует иметь в виду, что при настройке гитары подач используются зубчатые колеса из общего набора с гитарой обката и гитарой

деления. Поэтому для гитары подач можно брать только те колеса, которые не заняты в гитарах обката и деления. Это условие может вызвать необходимость отказа от заданной величины t_p и настройки на другую приемлемую величину.

Цепь деления

В данном станке разделение заготовки на заданное число частей производится за счет того, что в течение цикла обработки одного зуба заготовка поворачивается на угол, соответствующий некоторому числу зубьев z_i , не кратному полному числу зубьев нарезаемого колеса z .

За полный цикл обработки распределительный вал станка XVIII проворачивается ровно на один оборот. За этот же промежуток времени заготовка должна повернуться на z_i зубьев, то есть на z_i/z оборота. В связи с этим цепью деления считают кинематическую цепь, которая связывает вращение распредвала XVIII со шпинделем изделия.

Вращение распредвала XVIII связано со шпинделем изделия с помощью червячной передачи 46–45 и конических колес 44/43/23/24/25/31/32.

Расчетные перемещения имеют такой вид:

1 об. распредвала соответствует $\frac{Z_i}{Z}$ об. шпинделя изделия,

где Z – число зубьев, нарезаемых на заготовке; Z_i – число зубьев, пропускаемых на заготовке при делении. Оно выбирается так, чтобы Z_i не имело общих множителей с величиной Z . Кроме этого, Z_i не должно быть слишком малым, чтобы обеспечивался достаточный угол качания люльки. Число пропускаемых при делении зубьев Z_i , при котором угол качания люльки обеспечит полную обработку зуба, выбирается в соответствии с указаниями в п. 10 (см. «Параметры обрабатываемого колеса»).

Уравнение кинематического баланса будет иметь вид:

$$1 \text{ об. распредвала} \cdot \frac{40}{1} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_y \cdot \frac{1}{120} = \frac{Z_i}{Z}.$$

Формула настройки гитары деления (рис. 3.10) имеет вид

$$i_y = \frac{e}{f} \cdot \frac{g}{j} = \frac{3Z_i}{Z}.$$

При подборе сменных колес необходимо учитывать, что максимальное число зубьев шестерни, установленной на ведущем валу гитары, должно быть $e \leq 70$, а на ведомом валу $j \leq 100$. Кроме этого, должны быть выдержаны неравенства:

$$80 \leq e + f \leq 140$$

$$90 \leq g + j \leq 150,$$

а также условия сцепляемости колес

$$e + f > g + 20$$

$$g + j > f + 20.$$

Условия сцепляемости вызваны тем, чтобы венцы сменных колес f и j на промежуточном пальце гитары не задевали за ведущий и ведомый валы.

Зубчатые колеса настройки для гитары деления берутся из общего набора с гитарой обката и подач.

Набор содержит 55 зубчатых колес с $m = 1,5$ мм и числом зубьев $Z = 24, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 83, 86, 89, 90, 91, 93, 94, 97, 100, 104, 109, 116$.

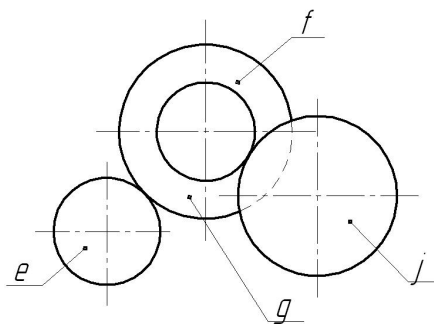


Рис. 3.10. Схема расположения колес в гитаре деления

Гитара деления должна быть настроена математически точно. Поэтому передаточное отношение гитары деления следует выражать не десятичной, а простой дробью. Зубчатые колеса гитары нужно подбирать так, чтобы после сокращения общих множителей получилась необходимая простая дробь, полученная по формуле настройки.

Иногда удается получить требуемое передаточное отношение не четырьмя, а двумя колесами e/j . В этом случае гитару деления настраивают с помощью двух колес, которые устанавливают на ведущий и ведомый валы, связывая эти колеса промежуточным (паразитным) колесом с любым числом зубьев, устанавливаемым на промежуточный валик гитары в соответствии с рис. 3.11.

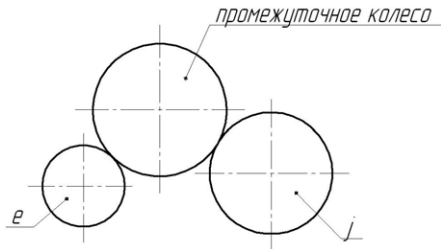


Рис. 3.11. Настройка гитары деления двумя колесами

Цепь обката

Цепь обката связывает вращение шпинделя изделия и люльки, имитирующей движение производящего плосковершинного колеса. Шпиндель изделия XV имеет кинематическую связь с люлькой с помощью червячной передачи 120/1, гитары деления (в обратном направлении рассматриваем передаточное отношение $1/i_y$), ряда конических передач 20/20/19/19/19/19, цилиндрической передачи 24/60, конической 16/32. Далее от цилиндрического зубчатого колеса 34 получают вращение реверсивный механизм, составное колесо, внешний обод составного колеса 315, шестерни 110/34, гитара обката (рис. 3.12) $i_x (a/b/c/d)$, червячная передача 2/72 на люльку.

Реверсивный механизм работает следующим образом: составное зубчатое колесо состоит из замкнутых участков колес с внешним и внутренним зацеплениями.

Участок колеса *A* (см. рис. 3.7) с внутренним зацеплением представляет собою часть зубчатого колеса, имеющего 210 зубьев на полной окружности.

Участок *B* имеет внешнее зацепление и является частью зубчатого колеса с 78 зубьями на полной окружности.

Участки *C* являются переходными (66 зубьев в полной окружности).

Ведущее колесо реверсивного механизма на валу *XX* всегда вращается в постоянном направлении (так же, как и связанный с ним шпиндель изделия) и перекачивается попеременно по участкам *A* с внутренним и *B* с внешним зацеплением, заставляя составное зубчатое колесо и его внешний венец $Z = 315$ вращаться вокруг своей оси попеременно то в одну, то в другую сторону. Переход с венца *A* на венец *B* обеспечивается перемещением оси шестерни $Z = 34$ с помощью кулачкового механизма, расположенного на распределительном валу.

Наличие такого устройства дает возможность люльке станка получать возвратно-качательное движение, в то время как шпиндель изделия не реверсируется. Рабочий ход станка осуществляется при работе составного зубчатого колеса на участке с внутренним зацеплением *A*.

Расчетные перемещения цепи обката имеют вид:

$1/z$ оборота заготовки соответствует $1/Z_{\text{плв}}$ оборота люльки,

где $Z_{\text{плв}}$ — число зубьев воображаемого плосковершинного производящего колеса.

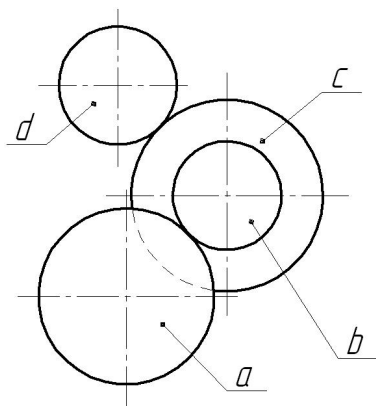


Рис. 3.12. Схема расположения зубчатых колес в гитаре обката

Уравнение кинематического баланса с учетом приведенных выше расчетных перемещений имеет вид:

$$\frac{1}{Z} \cdot \frac{120}{1} \cdot \frac{1}{i_y} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{24}{60} \cdot \frac{16}{32} \cdot \frac{34}{210} \cdot \frac{315}{110} \cdot \frac{110}{34} \cdot i_x \cdot \frac{2}{72} = \frac{1}{Z_{\text{пль}}}$$

Подставив в это уравнение полученное выше значение $i_y = \frac{3Z_i}{Z}$, получим

$$i_x = \frac{3Z_i}{Z_{\text{пль}}}$$

Передаточное отношение гитары обката (рис. 3.12) вычисляется с точностью до пятого знака после запятой. При выборе зубчатых колес необходимо обеспечить следующие условия:

$$90 \leq a + b \leq 160$$

$$100 \leq c + d \leq 170,$$

а также условия сцепляемости:

$$a + b \geq c + 20$$

$$c + d \geq b + 20.$$

Так как сменные зубчатые колеса для гитары обката берутся из общего набора, то в нее нужно устанавливать шестерни, не занятые в гитаре деления.

Порядок настройки и наладки станка

1. Установка и выверка положения резцов с помощью специального микроскопа.

2. Установка суппортов под углом σ_j .

3. Установка длины хода резцов (осуществляется изменением величины радиуса кривошипно-шатунного механизма). Для этого открывают крышку δ (см. рис. 3.3), ослабляют гайку крепления мелкозубчатой муфты на центральном валу люльки и поворачивают муфту по шкале. В итоге изменяется радиус кривошипа. Затем муфту затягивают гайкой.

4. Совмещение вершины делительного конуса заготовки с геометрическим центром станка. Вершина делительного конуса обрабатываемого колеса должна совпадать с геометрическим центром станка. Для этого используют шкалу 14 (рис. 3.3), по которой выставляют расстояние от вершины конуса до базового опорного торца нарезаемого колеса.

5. Разворот бабки изделия под углом φ . Установка делительной бабки на угол конуса впадин выполняется разворотом ее на столе, отсчет угла — по специальной угловой шкале, имеющейся на станине.

6. Установка обрабатываемой детали. Заготовка может быть установлена на шпинделе изделия только после того, как включен двигатель гидропривода (кнопкой «гидравлика — пуск», как показано на рис. 3.3) и гидросистема заполнена маслом, что контролируется по указателю 23. Заготовка устанавливается на центрирующий выступ оправки, а быстросъемная шайба — на шток зажимного устройства. Затем поворотом рукоятки 12 влево до среднего положения приводят в действие зажимной гидроцилиндр.

7. Настройка счетчика циклов. Перед началом обработки следует также настроить счетчик циклов (рис. 3.3, поз. 16), с помощью которого станок автоматически отключается после нарезания необходимого количества зубьев Z . При наладке станка необходимо установить круговую шкалу счетчика таким образом, чтобы против указателя стояла цифра, соответствующая числу нарезаемых на заготовке зубьев Z .

8. Установка сменных колес гитары обката.

При установке сменных колес гитары обката следует установить люльку и распределительный вал в положение, которое соответствует середине обката. Для этого перед установкой последнего колеса (колесо d) в гитаре необходимо надеть специальный ключ-рукоятку на четырехгранный конец последнего вала гитары. Проворачивая рукоятку червяка люльки, устанавливают люльку по указателю на шкале (рис. 3.2) на отметку 182 градуса. Затем ключ-рукоятку надевают на четырехгранный конец вала 19 (рис. 3.3) червяка привода распределителя. Проворачивают червяк до тех пор, пока риска на табличке «центр обката», закрепленной на червячном колесе распределителя, не встанет напротив неподвижного указателя. После этого устанавливают последнее колесо гитары обката, стараясь не проворачивать вал.

9. Пуск станка.

Вначале включают станок кнопкой «пуск», не подводя бабку изделия к резцам. Убедившись, что все движения выполняются

нормально, в момент реверса люльки после начала холостого хода приводят рукоятку 12 (рис. 3.3) в крайнее левое положение. Бабка изделия будет подведена к резцам, и в следующем цикле будет обработан первый зуб.

После окончания работы следует снять все сменные колеса и установить их на стеллаже.

Оформление и содержание отчета

1. Исходные данные.

Приводят расчет основных параметров обрабатываемого зубчатого колеса.

Выполняют эскиз обрабатываемого зубчатого колеса с конкретными размерами, полученными в результате расчета.

2. Выполняют расчет настройки кинематических цепей станка.

3. Рассчитывают число двойных ходов резцов в минуту.

Выполняют расчетные перемещения и уравнение кинематического баланса для цепи главного движения, а также подбор колес гитары скоростей i_v .

Выполняют эскиз гитары с указанием числа зубьев каждого колеса.

4. Рассчитывают перемещения и уравнение кинематического баланса для цепи подачи.

Выполняют расчет передаточного отношения гитары подачи i_s и осуществляют подбор сменных колес для нее.

Выполняют эскиз гитары с указанием числа зубьев каждого колеса.

5. Определяют расчетные перемещения и составляют уравнение кинематического баланса для цепи деления.

Осуществляют выбор величины Z_r . Рассчитывают передаточное отношение гитары деления, осуществляют подбор колес для нее и выполняют проверку условий сцепляемости.

Выполняют эскиз гитары с указанием числа зубьев каждого колеса.

6. Определяют расчетные перемещения и составляют уравнение кинематического баланса для цепи обката.

7. Выполняют расчет передаточного отношения гитары обката с подбором колес для нее и выполняют проверку условий сцепляемости.

8. Выполняют эскиз гитары с указанием числа зубьев каждого колеса.

При сдаче отчета студент должен знать:

- 1) принцип работы станка и его кинематическую схему;
- 2) расположение основных узлов и органов управления станка;
- 3) порядок настройки и наладки станка.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ИСПЫТАНИЕ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА ЖЕСТКОСТЬ

Задача работы — освоить методику контроля точности металло-режущего оборудования на примере токарно-винторезного станка.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными понятиями жесткости системы «заготовка-инструмент-приспособление-станок» (ЗИПС) и узлов станка в отдельности.
2. Изучить принцип работы и устройство динамометра для измерения жесткости.
3. Изучить методику проведения экспериментов.
4. Провести эксперимент по определению суммарной жесткости передней и задней бабок станка.
5. Выполнить отчет о лабораторной работе.

Общие сведения

Жесткость является важной характеристикой станка, в значительной степени определяющей его производительность и точность.

Упругая система ЗИПС в процессе работы станка находится в напряженном состоянии. Силы, приложенные к системе в процессе резания, вызывают деформации ее составляющих, что отражается на качестве изготавливаемых изделий. Нормы жесткости токарных станков общего назначения определены стандартом ГОСТ 18097-93.

Величина жесткости системы определяется ее сопротивлением в зависимости от величины сил, стремящихся ее деформировать. По определению профессора А.П. Соколовского, жесткостью упругой системы ЗИПС называется отношение составляющей усилия, направленной по нормали к обрабатываемой поверхности (P_y , Н), к смещению лезвия инструмента относительно детали, отсчитываемому в том же направлении (y , мм). Обозначим жесткость буквой j , тогда

$$j = \frac{P_y}{y}, \text{ Н/мм.} \quad (4.1)$$

С уменьшением жесткости системы увеличиваются отклонения размеров и форм обрабатываемого изделия, то есть снижается точность обработки. Кроме того, уменьшение жесткости приводит к возникновению или увеличению вибраций в процессе резания, что не только снижает качество изготовления деталей, уменьшает стойкость инструмента, производительность оборудования, но зачастую даже делает обработку невозможной.

Жесткость всей технологической системы зависит от жесткости каждого ее отдельного элемента: заготовки, приспособления, инструмента, станка.

Жесткостью станка $j_{ст}$ называется жесткость системы, связанная только с деформациями узлов станка. При ее определении инструмент и обрабатываемую деталь принимают абсолютно жесткими. Жесткость станка зависит от жесткости его отдельных узлов: задней бабки ($j_{з.б}$), передней бабки ($j_{п.б}$), суппорта ($j_{супп}$).

Зная жесткость отдельных узлов станка, можно определить жесткость станка в целом при любых условиях его нагружения (рис. 4.1), пользуясь формулой, полученной на основе закона статического равновесия:

$$\frac{1}{j_{ст}} = \frac{1}{j_{супп}} + \left(\frac{A}{L}\right)^2 \cdot \frac{1}{j_{п.б}} + \left(\frac{B}{L}\right)^2 \cdot \frac{1}{j_{з.б}}. \quad (4.2)$$

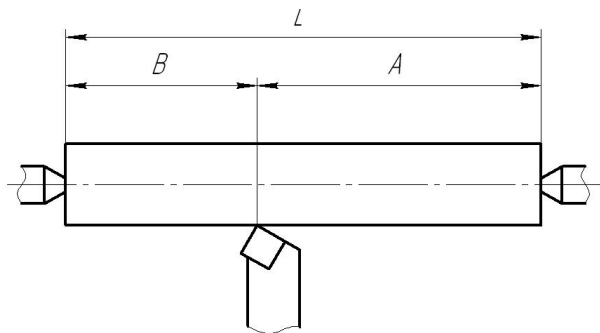


Рис. 4.1. Схема обработки на токарном станке

Жесткостью инструмента (приспособления) называется жесткость системы, связанная только с деформациями этого инструмента (приспособления) при абсолютно жестком станке и детали.

Жесткость заготовки (обрабатываемого изделия) во многих случаях может быть рассчитана по зависимостям, изложенным в курсах «Теория упругости» и «Сопротивление материалов».

Следует иметь в виду, что во всех случаях нагружения жесткость рассматривают приведенной к вершине резца. Существуют понятия «положительная» и «отрицательная» жесткости. Если в случае приложения усилия вершина резца отжимается от обрабатываемой поверхности, то жесткость называют положительной; если при тех же условиях вершина резца врежется в обрабатываемую поверхность, то жесткость называют отрицательной.

При определении суммарной жесткости технологической системы исходя из значений жесткости её звеньев складываются не значения жесткости, а их обратные величины, которые принято называть податливостью W :

$$W = \frac{1000}{j}, \text{ мм/Н.} \quad (4.3)$$

Податливость, так же как и жесткость, может принимать положительные и отрицательные значения.

Расчетный метод определения жесткости станков по обычным формулам сопротивления материалов и теории упругости пока не дает достаточно надежных результатов. Это объясняется тем, что невозможно задать достаточно точные значения контактных деформаций, а также принять правильный закон распределения давлений по соприкасающимся поверхностям. Поэтому на практике жесткость отдельных узлов, а также станков в целом определяется опытным путем. При определении жесткости станков следует иметь в виду, что деформация самих деталей узлов станка играет, как правило, незначительную роль в общей величине его отжима под действием нагрузки.

Упругие отжатия зависят главным образом от качества пригонки сопрягаемых поверхностей, состояния поверхностей регулирующих деталей: клиньев, компенсационных колец, планок и т. д., а также от качества сборки узла.

Металлорежущие станки в отношении жесткости следует рассматривать как сложные системы с переменными параметрами, так как в них могут работать различные поверхности контакта в зависи-

мости от изменения величины и направления сил резания и положений узлов станка.

Для экспериментального определения жесткости станков широко применяется метод статического нагружения. Его сущность состоит в том, что к узлу прикладывается нагрузка и наблюдается его деформация. Статический метод получил широкое применение при контроле выпускаемых станков.

К преимуществам статического метода следует отнести возможность определения жесткости:

- 1) в процессе изготовления станка;
- 2) отдельных узлов и получения данных о том, какие из них являются слабыми.

На базе этого метода разработаны все отечественные стандарты на жесткость станков.

Но наряду с этим метод статического нагружения имеет и некоторые недостатки:

- 1) необходимы специальные приспособления для приложения нагрузки;
- 2) при определении жесткости статическим путем отсутствуют условия, соответствующие реальным условиям эксплуатации станка.

Приложение усилий к исследуемому узлу станка, измерение этих усилий и изменение их величин в определенных пределах осуществляется специальными приборами (динамометрами). Существует несколько конструкций динамометров (рис. 4.2).

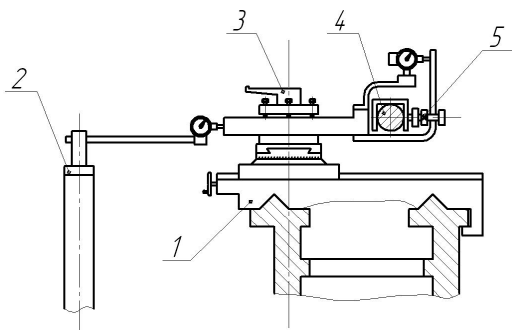


Рис. 4.2. Схема работы динамометра системы К.В. Вогинова: 1 – суппорт; 2 – стойка; 3 – резцедержатель; 4 – оправка; 5 – динамометр

Динамометр предварительно тарируют, то есть определяют величину нагрузки и соответствующее перемещение стрелки индикатора динамометра. В дальнейшем при испытании, имея тарировочный график, по показанию индикатора определяют прикладываемое усилие.

Перемещение a узла определяется непосредственно при помощи второго индикатора, закрепленного на неподвижной части станка или специальной стойке, установленной рядом со станком. Динамометр конструкции К.В. Вотинова позволяет определять жесткость узла в прямом и обратном направлении.

Для определения жесткости узла строят нагрузочно-разгрузочную кривую (рис. 4.3) в координатах: по вертикали P – внешняя нагрузка, измеряемая в ньютонах, по горизонтали a – перемещение узла, измеряемое в сотых долях миллиметра.

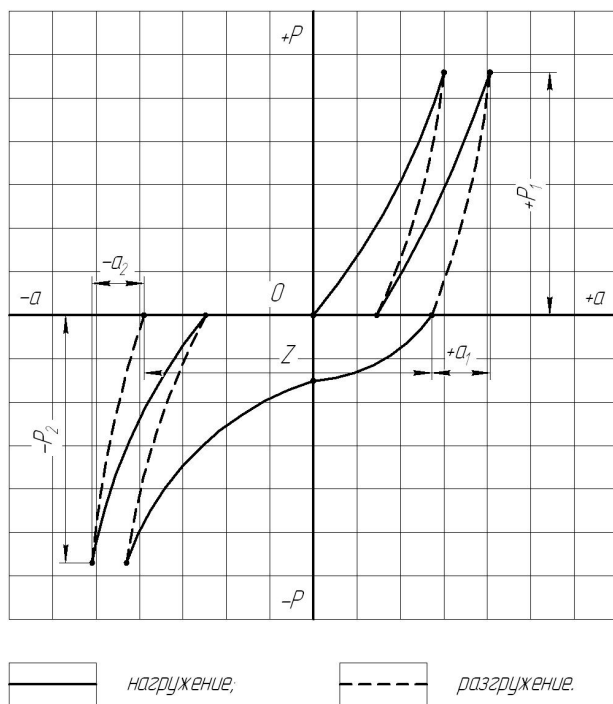


Рис. 4.3. Нагрузочная кривая при двукратных нагружениях в прямом и обратном направлениях

Если нагружать узел сначала в прямом, а затем, не меняя положения индикатора, в обратном направлении, то после разгрузки стрелка индикатора на нуль не возвращается.

Жесткость узла в прямом и обратном направлениях определяется по результатам испытаний:

$$j_{\text{прям}} = \frac{+P}{+a}, \text{ Н/мм}; \quad (4.4)$$

$$j_{\text{обр}} = \frac{-P}{-a}, \text{ Н/мм}. \quad (4.5)$$

Величина разрыва характеристики z определяется непосредственно по графику.

Согласно ГОСТ 18097-93 нормы жесткости токарных станков определяются при заданной величине нагрузки величинами допускаемых перемещений резцедержателя относительно оправки, установленной в шпинделе или в пиноли.

За величину относительных перемещений резцедержателя и оправки в шпинделе (или пиноли) принимается среднее арифметическое из результатов двух испытаний. В случае если разность двух испытаний окажется больше 15 % допускаемой величины перемещения, должно производиться третье испытание. В этом случае за величину относительного перемещения резцедержателя и оправки в шпинделе (или в пиноли) принимается среднее арифметическое из результатов трех испытаний.

Так, для токарных станков общего назначения с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия $D = 400$ мм при прилагаемом усилии $P = 5600$ Н наибольшее допустимое перемещение резцедержателя относительно оправки

- в шпинделе – 0,21 мм;
- в пиноли – 0,27 мм.

В данной лабораторной работе используется динамометр конструкции ЭНИМС (рис. 4.4), позволяющий давать нагружение только в одном (прямом) направлении. Полученная жесткость не будет точно соответствовать действительной жесткости ввиду только горизонтальной силы. Тем не менее полученные характеристики будут отражать качество обработки деталей и сборки узлов станка.

Для определения жесткости токарного станка в центрах устанавливается оправка 1 ($L = 300$ мм и $d = 40$ мм). Деформацией оправки пренебрегают. Динамометр хвостовиком 4 крепится в резцедержателе. При вращении маховичка 3 через червячную передачу сообщается вращение гайке 6 с прямоугольной резьбой, в которую ввернут винт 7 . Последний, удерживаясь от вращения шпонкой, получает осевое перемещение. При этом через скобу 2 сообщается давление на оправку 1 .

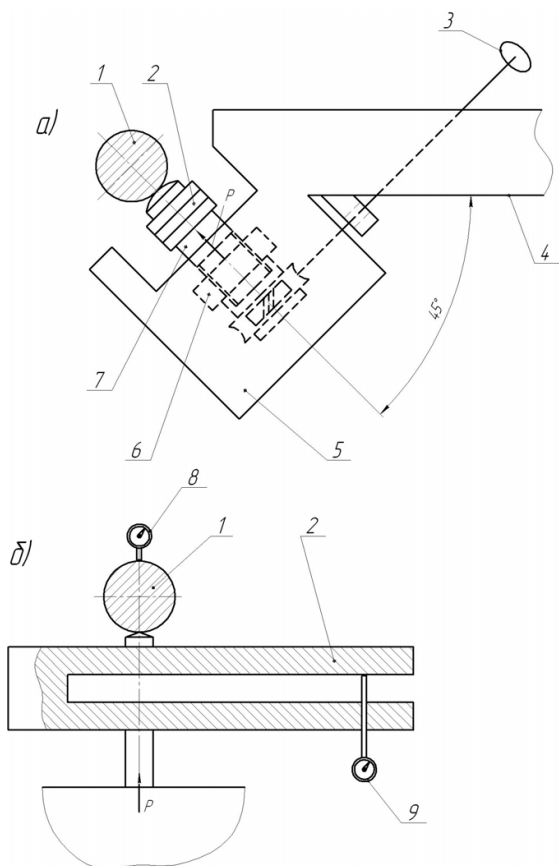


Рис. 4.4. Схема работы динамометра конструкции ЭНИМС:
a – внешний вид; *б* – сечение (1 – оправка; 2 – пружинящая скоба;
 3 – маховик; 4 – хвостовик; 5 – корпус; 6 – гайка; 7 – винт; 8 – индикатор
перемещений; 9 – индикатор динамометра)

Сила давления P динамометра раскладывается на две составляющие усилия резания P_y и P_z . При данной конструкции динамометра, где ось нагрузочного винта расположена под углом 45° относительно горизонтали, $P_z = P_y = \frac{P}{2}$.

Определение жесткости станка производится в направлении усилия P_y , так как с точки зрения точности обработки нас интересуют те деформации системы, которые изменяют расстояние между лезвием инструмента и обрабатываемой деталью, то есть деформации в направлении нормали к обрабатываемой поверхности (в направлении оси y). Деформации в направлении касательной (в направлении оси z) почти не сказываются на точности.

В этом можно легко убедиться, рассматривая рис. 4.5. Если не сместить вершину резца по вертикали (в направлении оси z) на величину h , что равноценно прогибу детали на ту же величину под действием силы P , то увеличение детали

$$\delta = \frac{2h^2}{d_1}. \quad (4.6)$$

При диаметре детали $d = 50$ мм и величине смещения резца $h = 0,2$ мм погрешность

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,2^2}{50} = 0,0016 \text{ (мм)}.$$

Заметим, что такое же смещение резца в направлении, нормальном обрабатываемой поверхности (в направлении оси y), вызовет погрешность диаметра $0,4$ мм, то есть в 250 раз больше. Это имеет место только при точной установке вершины резца по центру заготовки. При наличии неточностей в установке по центру картина существенно меняется и вертикальные отжимы начинают играть заметную роль.

При проведении испытаний необходимо дать двукратные нагружения и разгружения в непосредственной близости к передней и задней бабкам. Нагружения даются через каждые 30 делений индикатора динамометра (до 180 делений). Величина прилагаемого усилия при этом определяется по тарифовочному графику. При каждом нагружении и разгружении снимают показания индикатора перемещения. Все данные заносятся в протокол испытаний.

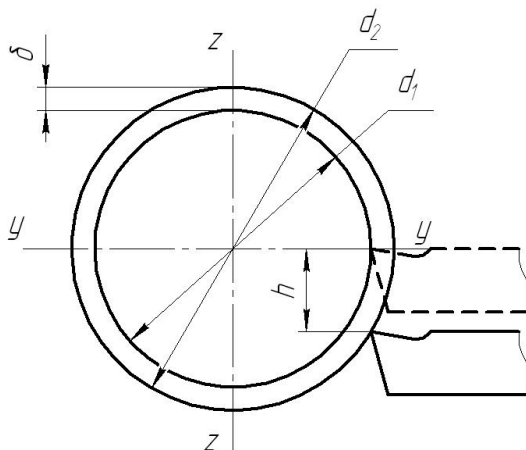


Рис. 4.5. Влияние смещения резца в направлении касательной к обрабатываемой поверхности на точность обработки: d_1 – диаметр изделия при установке резца по центру изделия; d_2 – диаметр изделия при установке резца ниже центра на высоту h ; δ – увеличение диаметра

По полученным данным строят графики зависимости упругого перемещения от величины прилагаемого усилия у передней и задней бабок. По графикам определяют суммарную жесткость в положении суппорта у передней и задней бабок. Обычно нелинейные характеристики жесткости заменяют прямыми линиями, определяя таким образом среднюю жесткость в диапазоне нагрузок от O до P_y по формуле

$$j = \frac{P_y}{y}, \text{ Н/мм.} \quad (4.7)$$

По окончании выполнения экспериментов и расчетов студентам необходимо выполнить отчет о проделанной работе и в нем заполнить табл. 4.1.

Таблица 4.1

Испытание токарно-винторезного станка на жесткость

Показания индикатора динамометра	Величина усилий, Н	Показания индикатора перемещений							
		у передней бабки				у задней бабки			
		нагружение	разгружение	нагружение	разгружение	нагружение	разгружение	нагружение	разгружение
0									
30									
60									
90									
120									
150									
180									

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гомельский, М.В. Настройка и наладка зубострогального станка модели 5П23БП для обработки прямозубых конических колес : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Металлорежущие станки» / М.В. Гомельский. – Тольятти : ТГУ, 2002. – 24 с.
2. Руководство к лабораторным работам по курсу «Металлорежущие станки»: учебное пособие для вузов / под ред. П.Г. Петрухи. – М. : Высшая школа, 1973. – 152 с.
3. Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т.М. Авраамова [и др.] ; под ред. В.В. Бушуева. – М. : Машиностроение, 2011. – 608 с.
4. Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В.В. Бушуев [и др.] ; под ред. В.В. Бушуева. – М. : Машиностроение, 2011. – 586 с.