

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»

С. С. Данильчик

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Пособие

для студентов направления специальности

1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области профессионально-технического обучения*

Минск
БНТУ
2019

УДК 621.9.06 (076.5)

ББК 34.63-5я7

Д18

Рецензенты:

кафедра материаловедения и технологии металлов
Белорусского государственного технологического университета
(заведующий кафедрой *Д. В. Куис*);
заведующий лабораторией технологий и оборудования
индукционного нагрева физико-технического института
НАН Беларуси, кандидат технических наук, доцент *И. И. Вегера*

Данильчик, С. С.

Д18 **Металлорежущие станки : пособие для студентов направления специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)» / С. С. Данильчик. – Минск: БНТУ, 2019. – 137 с. ISBN 978-985-550-966-1.**

В пособии даны требования и руководство к выполнению лабораторных работ по проверке точности токарного станка, настройке кинематических цепей, программированию обработки на станках с ЧПУ, изучению назначения, устройства металлорежущих станков и их настройке для обработки деталей.

В каждой работе приведены теоретические сведения, порядок проведения работы, содержание отчета и контрольные вопросы.

**УДК 621.9.06 (076.5)
ББК 34.63-5я7**

ISBN 978-985-550-966-1

© Данильчик С. С., 2019
© Белорусский национальный
технический университет, 2019

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа № 1 ПРОВЕРКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ	5
Лабораторная работа № 2 АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТУПЕНЧАТЫХ ПРИВОДОВ СТАНКА	18
Лабораторная работа № 3 НАСТРОЙКА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	23
Лабораторная работа № 4 АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	38
Лабораторная работа № 5 ПРОГРАММИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОДЕЛИ 16K20Ф3С32	51
Лабораторная работа № 6 ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 1К341	65
Лабораторная работа № 7 УСТРОЙСТВО ШИРОКОУНИВЕРСАЛЬНОГО КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ FU350MRApUG И НАСТРОЙКА ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ	82
Лабораторная работа № 8 ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ ЗД711АФ10-1	98
Лабораторная работа № 9 УСТРОЙСТВО И НАСТРОЙКА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 5В12	116
ПРИЛОЖЕНИЯ	128

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами изучения дисциплины являются ознакомление с устройством типовых механизмов и узлов станков, с принципом их работы, системами управления станками, с основными группами и типами станков, приобретение знаний по конструктивным особенностям и технологическим возможностям станков и их кинематической настройкой. Одной из форм изучения дисциплины являются лабораторные работы.

Пособие содержит лабораторные работы, рассматривающие такие важные вопросы дисциплины, как основы кинематики металло-режущих станков, управление станками, устройство, кинематика станков различных типов и настройка их для выполнения технологических операций.

Каждая лабораторная работа включает цель, применяемые в работе оборудование, приспособления и инструмент, методические рекомендации, задание и содержание отчета. Для обеспечения самостоятельности работы студентам выдаются индивидуальные задания. В работах приводятся необходимые для выполнения задания теоретическая информация, схемы, рисунки, формулы, справочный материал. Алгоритм выполнения некоторых сложных заданий поясняется на примерах. В конце каждой работы содержится перечень контрольных вопросов для закрепления изученного материала и самоконтроля. Каждая лабораторная работа студентом защищается. На защите проверяется уровень владения теорией, методикой выполнения задания и правильность полученных результатов.

Лабораторная работа № 1

ПРОВЕРКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ

Цель работы: ознакомиться с устройством токарно-винторезного станка и основными методами и средствами проверки его на точность.

Оборудование, приспособления, инструмент

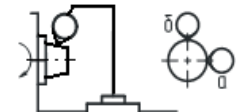
1. Токарно-винторезный станок Optimum D 460 × 1000;
2. Индикаторная стойка с индикатором.
3. Контрольные оправки.
4. Упорные центры.
5. Микрометр.


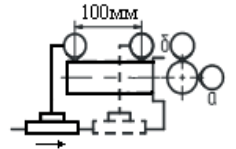
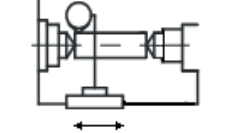
Задание

1. Изучить методику проверки точности станка.
2. Выполнить проверку геометрической точности станка, для чего группа студентов делится на бригады по три-четыре человека в каждой.
3. Результаты проверки внести в табл. 1.1.
4. Сделать вывод о соответствии станка нормам геометрической точности.

Таблица 1.1

Результаты проверки точности станка

N п/п	Содержание проверки	Эскиз установки	Погрешность	
			Допустимая, мкм	Фактическая, мкм
1	2	3	4	5
1	Радиальное биение наружной центрирующей поверхности шпинделя		10	

1	2	3	4	5
2	Торцевое биение фланца шпинделя		20	
3	Радиальное биение упорного центра, вставленного в отверстие шпинделя		15	
4	Параллельность оси наружной поверхности пиноли направлению перемещения суппорта		а) 15 б) 20	
5	Параллельность направления перемещения пиноли задней бабки направлению перемещения суппорта		а) 8 б) 10	
6	Одновысотность оси вращения шпинделя и оси отверстия пиноли задней бабки		40	
7	Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости		7,5/250 мм	

Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- название работы, цель и применяемое оборудование;
- таблицу проверки точности станка (см. табл. 1.1);
- схемы проверки точности станка по изделию и краткое их описание;
- подробный вывод о точности проверяемого станка.

Назначение и устройство токарно-винторезного станка

Токарно-винторезный станок Optimum D 460 × 000 (рис. 1.1) предназначен для обработки наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, фасонной обработки, подрезания торцовых поверхностей, нарезания резьбы. Максимальный диаметр обрабатываемых заготовок над станиной составляет 460 мм.

Наибольшее расстояние между центрами передней и задней бабок равно 1000 мм.

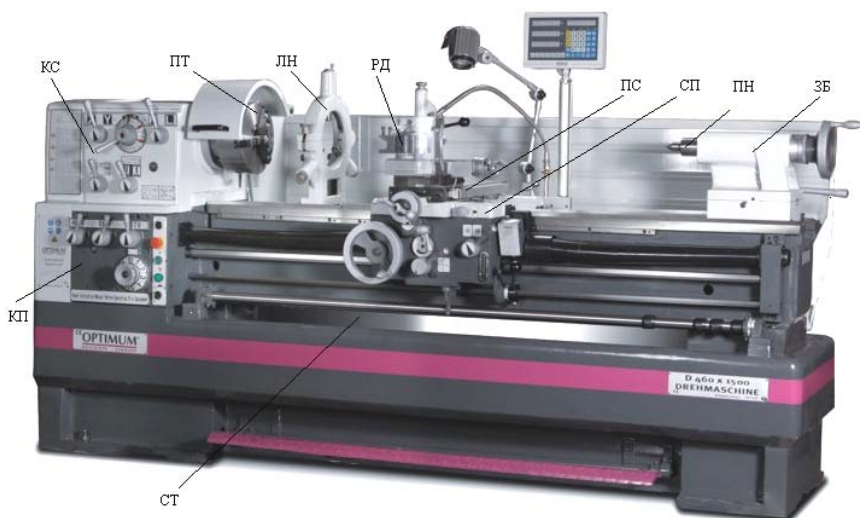


Рис. 1.1. Внешний вид станка:

СТ – станина; КП – коробка подач; КС – коробка скоростей; ПТ – патрон;
ЛН – люнет; РД – резцедержатель; ПС – поперечные салазки; СП – суппорт;
ПН – пиноль задней бабки; ЗБ – задняя бабка

Точность станков

Точностью станка называют степень приближения действительных значений параметров станка и обработанных на нем деталей к заданным величинам. Точность оценивается погрешностью, которая равна разности действительного и заданного значений параметра. Точность станка зависит от точности изготовления ответственных деталей (шпиндель и его опоры, направляющие, корпусные детали

и т. д.), качества сборки и регулировки узлов станка, точности работы приводов вращения шпинделя и подачи.

Различают геометрическую и кинематическую точность станка. *Геометрическая точность* отражает правильность формы и взаимного расположения частей станка, несущих инструмент или заготовку, и зависит от точности изготовления деталей станка, точности сборки узлов станка и износа в процессе эксплуатации.

Кинематическая точность – это степень приближения значений фактических перемещений рабочих органов станка, выполняющих взаимные согласованные движения, к номинальным. Она зависит от точности изготовления зубчатых колес, червяков, винтовых пар и других передач. Кинематическая погрешность определяется ошибками в передаточных отношениях различных передач. Эти погрешности сказываются на точности обработки на токарно-винторезном станке резьбы резцом, требующей согласования движений рабочих органов станка.

Погрешности станка обуславливают неточности формы и размеров обработанных деталей. Наибольшее влияние на точность обработки оказывают биение шпинделя и прямолинейность направляющих станины. Биение шпинделя зависит от точности изготовления расточек в корпусе шпиндельной бабки под подшипники, от качества изготовления самих подшипников и правильности их регулировки, от качества сборки шпиндельного узла. Биение переднего центра происходит вследствие биения конического отверстия шпинделя относительно оси шпинделя. От точности направляющих станка зависит точность траектории движения режущего инструмента.

При обработке на станках, точность которых не соответствует требованиям ГОСТ, детали могут иметь следующие погрешности формы и расположения:

- отклонение от прямолинейности образующих поверхностей обработанных деталей, которое возникает вследствие износа направляющих;
- корсетность детали из-за податливости центров;
- отклонение от круглости деталей вследствие биения подшипников или некруглости шеек шпинделя;
- отклонение от плоскостности торцовых поверхностей вследствие осевого биения шпинделя;

– конусность деталей вследствие непараллельности оси шпинделя направляющим, смещения центра пиноли задней бабки, различной жесткости переднего и заднего центров и др.

Проверка точности станков выполняется по нормам точности, установленным ГОСТ 18097–93 «Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности». Схемы и способы измерений регламентированы ГОСТ 22267 «Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров».

Приборы и инструменты для проверки точности станков

Для проверки геометрической точности токарных и других станков общего назначения применяются различные средства и методы.

При испытании станков применяются индикаторы, поверочные линейки, уровни, щупы, контрольные оправки, универсальные моностики и другие средства. Индикаторы применяются для измерений с точностью до 0,01 мм (рис. 1.2). Для более точных измерений используют миниметры. Измерительное усилие индикатора при измерениях не превышает 1 Н. Стойка индикатора надежно закрепляется на массивной подставке с широкой опорной поверхностью (рис. 1.3). Наиболее надежны электромагнитные подставки.

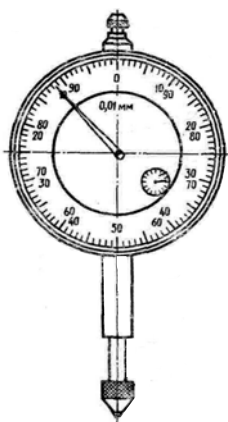


Рис. 1.2. Индикатор часового типа

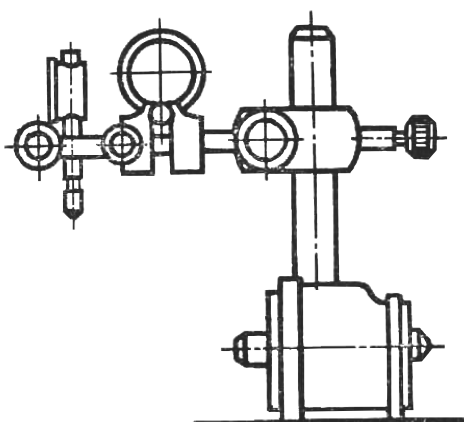


Рис. 1.3. Индикаторная стойка с индикатором

Поверочные линейки применяют главным образом для проверки плоскостности и прямолинейности направляющих поверхностей станков (рис. 1.4). Поверочные линейки выпускаются прямоугольного или двутаврового сечения с параллельными сторонами, либо в виде линеек-мостиков более жесткой конструкции, либо линеек треугольного сечения (линеек-клиньев).

Поверочные уровни используют для контроля как горизонтального, так и вертикального расположения поверхностей при проверке точности станков (рис. 1.5).

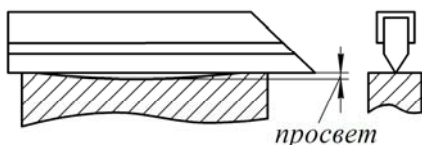


Рис. 1.4. Поверочные линейки

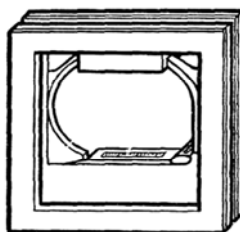


Рис. 1.5. Поверочный уровень

Щупы применяют для измерения величины зазоров между прилегающими друг к другу поверхностями и определения отклонений от прямолинейности плоскостей направляющих станков и плит при наложении на них поверочных линеек. Щупы изготавливаются в виде наборов пластин (рис. 1.6). Пластины отличаются друг от друга по толщине на 0,01 и 0,5 мм. Толщина самой тонкой пластины 0,02 мм, а самой толстой – 1 мм. Длина пластин бывает 100 и 200 мм.

Для проверки точности станков применяют два вида контрольных оправок:

а) *консольные* – оправки с цилиндрической контрольной частью и коническим хвостиком, которым они вставляются в конусное отверстие шпинделя или пиноли задней бабки станка. Длина цилиндрической контрольной части оправок 100 или 300 мм (рис. 1.7, а).

б) *центровые* – оправки цилиндрической формы по всей длине и с центровыми отверстиями на торцах. Бывают длиной 300, 500 и 1000 мм. Оправки устанавливают в центрах (рис. 1.7, б).

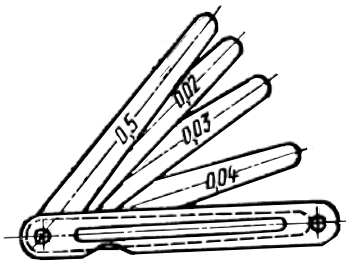


Рис. 1.6. Набор щупов

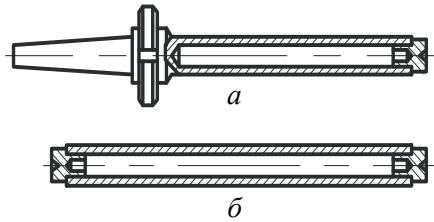


Рис. 1.7. Контрольные оправки:
а – консольная; б – центровая

Наружный диаметр оправки не должен быть меньше 25 мм. Оправки изготавливают из термически обработанной стали или чугуна после его естественного или искусственного старения. Оправки тщательно обрабатываются, шероховатость на поверхности не превышает $Ra\ 0,32\ \mu\text{м}$, наибольшее отклонение их рабочих поверхностей от цилиндрической формы не превышает 0,003 мм. Для уменьшения прогиба при замерах точности оправки делают полыми.

Стандартные методы проверки геометрической точности токарно-винторезных станков

Вращение и перемещение узлов и деталей станка во время проверки производят вручную при отключенном шпинделе, а в отдельных случаях – при наименьшей частоте вращения шпинделя.

1. Радиальное биение наружной центрирующей поверхности шпинделя измеряют индикатором, установленным на неподвижную часть станка так, чтобы его измерительный наконечник касался наружной конической поверхности шпинделя и был ей перпендикулярен. После этого шпиндель приводят во вращение со скоростью, позволяющей регистрировать показания измерительного прибора (см. табл. 1.1, проверка 1). Биение проверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях. За радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя принимают наибольшее из них.

2. Торцевое биение фланца шпинделя измеряется индикатором, установленным на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался торцевой поверхности и был перпендикулярен к ней. Измерительный наконечник должен отстоять

от оси вращения на возможно большее расстояние. Шпинделю сообщается медленное вращение (см. табл. 1.1, проверка 2). Измерения производят в четырех точках равномерно расположенных по окружности. Торцевое биение рабочего органа равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора.

3. Радиальное биение упорного центра, вставленного в отверстие шпинделя, проверяют с помощью жесткого центра и индикатора (см. табл. 1.1, проверка 3). Центр устанавливают в шпиндель станка. Измерительный наконечник подводят к центру так, чтобы он касался образующей конуса вблизи середины и был ей перпендикулярен. Шпиндель приводят в медленное вращение. Чтобы исключить из результатов измерения биение самого центра, после выполнения первого измерения его извлекают, поворачивают на 180° вокруг своей оси и вновь устанавливают в шпиндель станка с тем же усилием. Затем измерение повторяют. Биение проверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях. За радиальное биение принимают наибольшее из них, деленное на $\cos\alpha$, где α – половина угла конуса.

4. Параллельность оси наружной поверхности пиноли задней бабки направлению продольного перемещения суппорта (см. табл. 1.1, проверка 4). Заднюю бабку с вдвинутой пинолью устанавливают на расстоянии не менее 400 мм от торца шпинделя и закрепляют. Затем пиноль выдвигают на 100 мм и закрепляют. Индикатор с подставкой крепят на суппорте. Измерения проводят при перемещении суппорта вдоль станины у торца пиноли и на расстоянии 100 мм от ее торца, после чего определяют разность показаний в двух положениях индикатора, которая и будет соответствовать отклонению от параллельности оси наружной поверхности пиноли задней бабки направлению продольного перемещения суппорта. Отклонения определяют в двух плоскостях: горизонтальной и вертикальной.

5. Параллельность направления перемещения пиноли задней бабки направлению перемещения суппорта определяют в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной (см. табл. 1.1, проверка 5). Заднюю бабку с минимальным вылетом пиноли, достаточным для проведения измерения, устанавливают на расстоянии не менее 400 мм от торца шпинделя. Индикатор со стойкой укрепляется на суппорте так, чтобы его измерительный штифт касался поверхности пиноли и был перпендикулярен ей. При этом пиноль задней бабки закреплена.

Затем пиноль освобождают и выдвигают ее на величину, равную 50 мм, после чего снова закрепляют. Суппорт с индикаторной стойкой перемещают до установки индикатора в ту же точку, что и при первоначальной установке. Отклонение определяется как разность показаний индикатора в двух положениях пиноли и суппорта.

6. Одновысотность оси вращения шпинделя и оси отверстия пиноли задней бабки проверяется с помощью цилиндрической оправки с центровыми отверстиями и индикатора со стойкой. Оправку длиной, примерно равной максимальному диаметру обрабатываемой детали, устанавливают в центрах шпинделя и пиноли задней бабки (см. табл. 1.1, проверка 6). Индикатор со стойкой закрепляют на суппорте так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности оправки по ее верхней образующей. Наивысшую точку оправки находят перемещением поперечных салазок суппорта вперед и назад. Измерения производят в сечениях, расположенных на концах оправки. Для исключения из результатов измерения неточности изготовления профильного сечения контрольной оправки допускается поворачивать оправку на 180° вокруг своей оси.

Отклонение от одновысотности осей рабочих органов относительно общей базовой плоскости при измерении с поворотом оправки равно разности двух средних арифметических значений показаний измерительного прибора, полученных при измерении до и после ее поворота. При этом для каждого положения оправки (до поворота и после него) определяют среднее арифметическое показаний измерительного прибора в сечениях I и II. Пример расчета приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Расчет отклонения от одновысотности оси вращения шпинделя и оси отверстия пиноли задней бабки

Сечение измерения	Положение контрольной оправки	Показание индикатора, мкм	Среднее арифметическое показаний индикатора, мкм
I	Исходное	8	11
	После поворота на 180°	14	
II	Исходное	18	22
	После поворота на 180°	26	

Отклонение от одновысотности осей рабочих органов будет равно $22 - 11 = 11$ мкм.

7. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (см. табл. 1.1, проверка 7). Контрольную оправку устанавливают в центрах, измерительный прибор – на суппорт. Измерительный наконечник должен касаться образующей оправки и быть перпендикулярным к ней. Измерения проводят при перемещении суппорта на заданную длину. Отклонение от прямолинейности траектории перемещения равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора. Если показания измерительного прибора на концах оправки неодинаковы, то отклонения определяют расчетным путем по формуле

$$Y'_i = Y_i - \frac{Y_L - Y_0}{L} X_i - Y_0,$$

где Y_i – показания измерительного прибора в i -й точке с координатой X_i ;

Y_0 и Y_L – показания измерительного прибора в начале и конце перемещения;

L – длина перемещения (рис. 1.8).

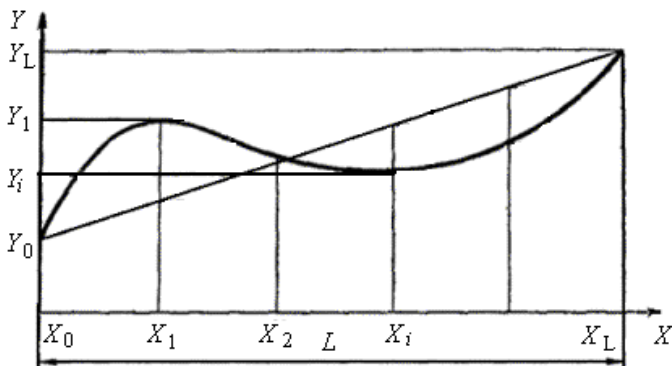


Рис. 1.8. Схема для расчета отклонения от прямолинейности

Пример расчета отклонения от прямолинейности перемещения при разных показаниях измерительного прибора в начале и конце

перемещения. Измерение проводилось на длине перемещения 400 мм с интервалами (шагами) измерения 100 мм. Результаты измерения и расчета представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты измерения и расчета отклонения
от прямолинейности

Точка измерения i	Результат измерения		Результаты расчета Y'_i , мкм
	X_i , мм	Y_i , мкм	
0	0	5	0
1	100	6	-1
2	200	8	-1
3	300	10	-1
4	400	13	0

Из таблицы следует:

$$Y'_{\max} = 0; \quad Y'_{\min} = -1 \text{ мкм.}$$

Отклонение от прямолинейности перемещения $\Delta = -1$ мкм.

8. Проверка точности станка по изделию производится путем проверки точности геометрической формы цилиндрической поверхности образца, обработанного на станке.

Для проверки точности используются образцы в виде валика диаметром $d \geq D/8$ и длиной $L \approx D/2$, но не более 500 мм (D – максимальный диаметр обработки на данном станке). При $L > 50$ образец изготавливается с тремя поясками шириной $a = 20$ мм, расположенными по концам и в середине. Образец закрепляется в патроне. На предварительно изготовленном образце обтачивают пояски, а затем микрометром измеряют их диаметры в поперечном и продольном сечениях (рис. 1.9).

Постоянство диаметров в поперечном сечении проверяется на пояске, ближайшем к месту крепления. Измерения проводят в четырех продольных сечениях, т. е. при повороте микрометра относительно детали через 45° . Допустимое отклонение – 10 мкм при максимальном диаметре обрабатываемых заготовок $D \leq 800$ мм.

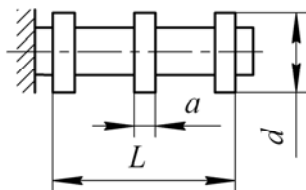


Рис. 1.9. Форма образца для проверки точности станка по изделию

Постоянство диаметров в продольном сечении определяется путем измерения диаметров всех поясков. Разность диаметров двух соседних поясков не должна превышать 75 % полученной разности диаметров наружных поясков. Большой диаметр должен располагаться вблизи передней бабки.

9. Проверка прямолинейности торцевой поверхности детали производится путем торцового обтачивания стальной или чугунной заготовки (типа планшайбы) с диаметром не менее высоты центров станка. Обрабатываемая поверхность предварительно разделяется на две или три концентрические поверхности, одна из которых центральная (рис. 1.10). Измерительный прибор устанавливается на суппорте, наконечник индикатора касается измеряемой поверхности и перпендикулярен ей. Прибор перемещают в поперечном направлении салазками. Измерение проводят в двух взаимно перпендикулярных сечениях за счет поворота шпинделя.

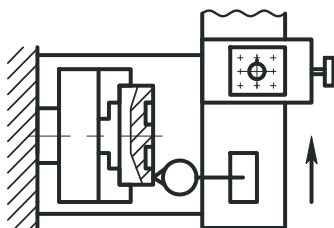


Рис. 1.10. Схема проверки прямолинейности торцевой поверхности детали

Отклонение от прямолинейности равно половине наибольшей разности показаний индикатора. Допустимое отклонение для образца диаметром 200 мм равно 15 мкм (только в сторону вогнутости).

10. Проверка точности винторезной цепи.

Контрольную пару винт-гайка с шагом, возможно близким к шагу ходового винта, устанавливают в центрах. Прибор для измерения

длины устанавливают на суппорте так, чтобы его измерительный наконечник упирался в торец контрольной гайки (рис. 1.11). Станок настраивают на нарезание резьбы с шагом, равным шагу контрольной пары. При включении вращения шпинделя гайка контрольной пары и суппорт будут перемещаться вдоль винта. Отклонение определяется как наибольшая разность показания прибора на любом участке измерения в пределах длины измерения.

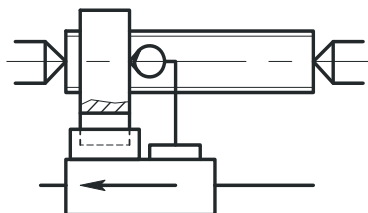


Рис. 1.11. Схема проверки кинематической точности винторезной цепи

Допустимое отклонение для станков с наибольшим расстоянием между центрами менее 2000 мм составляет 40 мкм на длине измерения 300 мм.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под точностью станка?
2. Что называется геометрической точностью станков?
3. Какая точность называется кинематической и от чего она зависит?
4. Какие погрешности могут иметь место при обработке деталей на станках невысокой точности?
5. Какой нормативный документ регламентирует допустимую погрешность станков?
6. Какие приборы и инструменты применяются для проверки геометрической точности станка?
7. Какие стандартные методы применяются для проверки геометрической точности токарно-винторезного станка и в чем они заключаются?
8. Как осуществляется проверка геометрической точности станка по изделию?
9. Как проводится проверка кинематической точности станка?

Лабораторная работа № 2

АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТУПЕНЧАТЫХ ПРИВОДОВ СТАНКА

Цель работы: ознакомиться с технической характеристикой станка и особенностями ступенчатого регулирования скорости движения рабочих органов.

Оборудование, приспособления, инструмент, справочные материалы

1. Вертикально-фрезерный станок.
2. Горизонтально-фрезерный станок.
3. Обработка металлов резанием: справочник технолога.

Задание

1. Изучить техническую характеристику станка по справочной литературе в соответствии с заданием (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Индивидуальные задания

№ варианта	Модель станка	Параметры фрезы		Режимы резания	
		Диаметр, мм	Число зубьев, шт.	Скорость резания V , м/мин	Подача S_z , мм/зуб.
1	2	3	4	5	6
1	6P80Г	50	6	50	0,05
2	6P81Г	63	8	40	0,06
3	6P10	80	8	140	0,08
4	6P13Б	100	10	160	0,15
5	6T13-1	125	12	100	0,12
6	6P80Г	80	10	45	0,08
7	6P81Г	100	12	35	0,11
8	6P10	50	5	120	0,15
9	6P13Б	63	6	120	0,2

1	2	3	4	5	6
10	6Т13-1	100	8	150	0,18
11	6Р80Г	125	14	50	0,1
12	6Р81Г	160	18	55	0,07
13	6Р10	100	10	130	0,12
14	6Р13Б	125	8	100	0,16
15	6Т13-1	160	14	80	0,25

2. Рассчитать диапазон регулирования частоты вращения шпинделя и продольной подачи, ряды частот вращения шпинделя и подач в пределах регулирования, округлив их по таблице нормальных рядов, и относительную потерю скорости.

3. Определить частоту вращения шпинделя и минутную подачу стола для заданных вариантов условий обработки детали и принять требуемые значения из рассчитанных рядов.

4. Рассмотреть устройство станка и техническую характеристику на натуральном объекте.

Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- название работы, цель и применяемое оборудование;
- индивидуальное задание;
- основные параметры технической характеристики станка;
- расчеты знаменателя геометрического ряда, относительной потери скорости, рядов частот вращения шпинделя и минутных продольных подач стола;
- расчеты требуемых для обработки частоты вращения шпинделя и минутной подачи и подбор их оптимальных значений из рядов.

Техническая характеристика станков.

Ступенчатые приводы станков

Под технической характеристикой подразумеваются параметры, присущие определенной модели станка, которые выделяют станок из модельного ряда. К технической характеристике относятся следующие основные параметры:

- размеры рабочего пространства;
- форма и размеры посадочных поверхностей;
- величины наибольших перемещений рабочих органов;
- число и пределы скоростей главного движения;
- число и пределы подач;
- мощность электродвигателей;
- скорость быстрых перемещений;
- габариты станка;
- масса станка и др.

Для обеспечения оптимальных условий резания при обработке деталей необходимо установить соответствующие частоту вращения шпинделя и подачу, для чего в станке предусмотрены приводы главного движения и подач. Универсальные станки обычно оснащаются приводами со ступенчатым регулированием. Частоты вращения шпинделя и подачи в пределах регулирования представляют собой геометрический ряд со знаменателем геометрического ряда φ .

Если станок имеет ряд частот вращения $n_1, n_2, n_3, \dots, n_z$ и $n_1 = n_{\min}$, то можно записать:

$$\begin{aligned} n_2 &= n_1 \varphi; \\ n_3 &= n_2 \varphi = n_1 \varphi^2; \\ n_4 &= n_3 \varphi = n_1 \varphi^3; \\ &\dots\dots\dots \\ n_z &= n_{z-1} \varphi = n_1 \varphi^{z-1}. \end{aligned}$$

Из данного выражения следует, что

$$\varphi = \sqrt[z-1]{\frac{n_z}{n_1}}.$$

Отношение максимальной частоты вращения к минимальной есть диапазон регулирования D :

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}.$$

Если $n_z = n_{\max}$, то

$$\varphi = z^{-1}\sqrt[D]{D}. \quad (2.1)$$

При известном значении знаменателя геометрического ряда φ из (2.1) следует, что

$$D = \varphi^{z-1}.$$

Значения знаменателя геометрического ряда φ нормализованы. Знаменатель геометрического ряда может иметь значения:

$$1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.$$

Особенностью геометрического ряда является то, что относительное изменение скорости резания при переходе от частоты вращения n_x к частоте n_{x-1} остается одинаковой для любых частот вращения:

$$\Delta v = \frac{n_x - n_{x-1}}{n_x} = \frac{n_{x-1}\varphi - n_{x-1}}{n_{x-1}\varphi} = 1 - \frac{1}{\varphi} = \text{const.}$$

Выразив относительную потерю скорости в процентах, получим

$$A = \left(1 - \frac{1}{\varphi}\right) \cdot 100\%.$$

Знаменателям геометрического ряда φ соответствуют определенные геометрические ряды, называемые нормальными рядами чисел в станкостроении (табл. 2.2). Приводы металлорежущих станков обеспечивают частоты вращения шпинделя и подачи, значения которых соответствуют значениям данных рядов. Поэтому после подбора режимов резания их следует округлять до паспортных значений, которые можно выбрать из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Нормальные ряды чисел в станкостроении

Знаменатель геометрического ряда				Знаменатель геометрического ряда			
1,12	1,26	1,41	1,58	1,12	1,26	1,41	1,58
1	1	1	1	3,55			
1,12				4	4	4	4
1,25	1,25			4,5			
1,4		1,4		5	5		
1,6	1,6		1,6	5,6		5,6	
1,8				6,3	6,3		6,3
2	2	2		7,1			
2,24				8	8	8	
2,5	2,5		2,5	9			
2,8		2,8		10	10		10
3,15	3,15					11,2	

Ряды чисел менее 1 и более 10 получаются делением или умножением табличных данных на 10, 100, 1000 и т. д.

Контрольные вопросы

1. Какие основные параметры станка составляют его техническую характеристику?
2. В чем заключаются особенности ступенчатого регулирования?
3. Какие закономерности присущи рядам частот вращения шпинделя и подач?
4. Как рассчитываются величины частот вращения шпинделя и подач в пределах регулирования?
5. Что означает диапазон регулирования, как он рассчитывается?
6. Что такое относительная потеря скорости и как она определяется?

Лабораторная работа № 3

НАСТРОЙКА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Цель работы: сформировать практические навыки выполнения расчетов по настройке кинематических цепей станков.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Вертикально-сверлильный станок.
2. Токарно-винторезный станок.
3. Плакат «Условные обозначения элементов кинематических схем».

Задание

1. Изучить условные обозначения элементов станка на кинематических схемах.

2. Выполнить настройку кинематических цепей в соответствии со своим вариантом (табл. 3.1), для чего вычертить поочередно схемы 1, 2 и 3 (рис. 3.1), записать для каждой расчетные перемещения, уравнения кинематического баланса, вывести формулы настройки. Определить передаточное отношение коробки скоростей (схема 1), подобрать сменные колеса гитары зубчатых колес (схемы 2 и 3) для обеспечения заданных режимов движений.

Таблица 3.1

Индивидуальные задания

№ варианта	Схема 1	Схема 2	Схема 3	
	Частота вращения n , мин ⁻¹	Частота вращения n , мин ⁻¹	Тип резьбы	Параметр нарезаемой резьбы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	290	550	Модульная	Модуль 6,5 мм
2	380	1000	Модульная	Модуль 4,5 мм
3	1350	1150	Модульная	Модуль 5,5 мм

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5
4	850	780	Модульная	Модуль 2,25 мм
5	480	250	Модульная	Модуль 1,25 мм
6	1150	420	Дюймовая	30 ниток на 1"
7	430	600	Дюймовая	22 нитки на 1"
8	550	170	Дюймовая	18 ниток на 1"
9	920	900	Дюймовая	11 ниток на 1"
10	750	1200	Дюймовая	9 ниток на 1"
11	1420	710	Питчевая	11 питчей
12	2100	850	Питчевая	13 питчей
13	2600	320	Питчевая	15 питчей
14	600	480	Питчевая	18 питчей
15	790	600	Питчевая	19 питчей

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- название и цель работы;
- применяемое оборудование и пособия;
- индивидуальное задание;
- кинематические схемы 1, 2 и 3 (см. рис. 3.1);
- расчетные перемещения цепей, уравнения кинематического баланса цепей, формулы настройки, расчеты по настройке цепей.

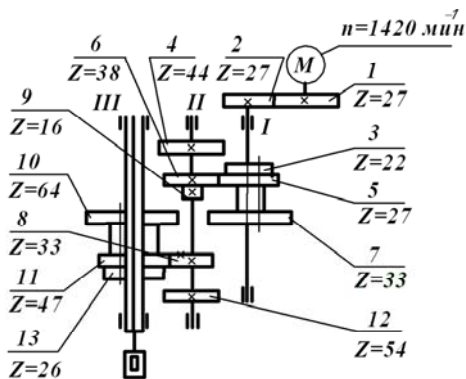


Схема 1

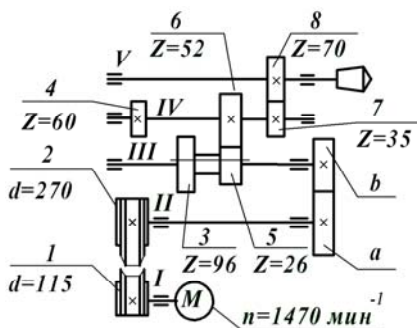


Схема 2

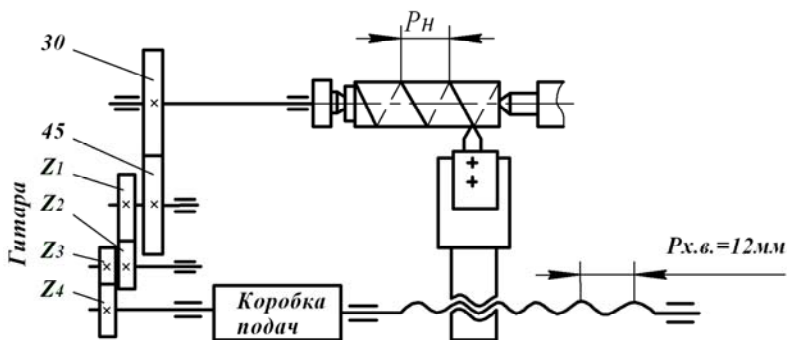


Схема 3

Рис. 3.1. Кинематические схемы станков

Условные изображения элементов кинематических цепей на схемах. Передаточные отношения

Кинематическая схема металлорежущего станка – это условное изображение кинематических цепей в одной плоскости (плоскости чертежа).

Кинематической цепью называют совокупность кинематических звеньев (пар), передающих движение от начального звена к конечному, например, от электродвигателя к шпинделю. Кинематическая цепь станка состоит из различных передач: зубчатых, реечных, ременных, червячных и других, расположенных в определенной последовательности. Условные обозначения элементов кинематических цепей на схемах предусмотрены ГОСТ 2.770–68. Некоторые из обозначений представлены в табл. 3.2. Кроме изображения кинематических звеньев на кинематической схеме указывают число зубьев зубчатых и червячных колес, число заходов винтов, диаметры шкивов, частоту вращения электродвигателя, его мощность и др.

Основным кинематическим параметром передачи вращательного движения является передаточное отношение i , которое определяется как отношение частоты вращения ведомого звена к частоте вращения ведущего звена передачи. Из этого отношения выводятся формулы для определения передаточных отношений различных передач. Передаточное отношение выражается отношением диа-

метров шкивов для ременной передачи $i = \frac{d_1}{d_2}$, отношением чисел

зубьев колес зубчатых передач $i = \frac{z_1}{z_2}$, отношением числа заходов

червяка к числу зубьев червячного колеса червячной передачи

$i = \frac{k}{z}$ и т. д.

Передачи, преобразующие вращательное движение в поступательное, характеризуются ходом – величиной поступательного перемещения ведомого элемента за один оборот ведущего. Для реечной передачи величина хода равна:

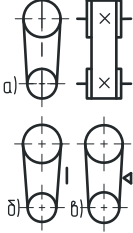
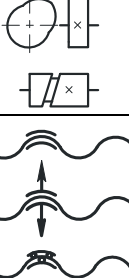
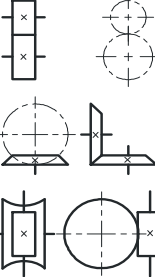
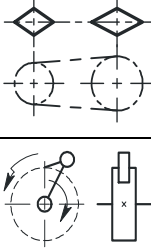
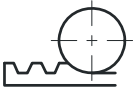
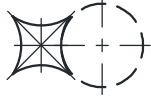
$$H = tz = \pi mz, \text{ мм,}$$

где t – шаг зубьев рейки: $t = m\pi$, мм;
 z – число зубьев реечного колеса;
 m – модуль реечной передачи, мм.

Таблица 3.2

Условные обозначения элементов кинематических цепей
на схемах

Наименование элемента	Условное обозначение	Наименование элемента	Условное обозначение
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Вал, ось, стержень		Подшипники скольжения и качения (без уточнения типа): а) радиальный; б) упорный	а)
Неподвижное звено			б)
Неподвижное соединение детали с валом			в)
Муфты: а) общее обозначение	а)	Подшипники скольжения: в) радиальный; г) радиально-упорный односторонний; д) радиально-упорный двусторонний	г)
<i>Нерасцепляемые</i> (неуправляемые): б) упругая; в) компенсирующая	б)		д)
<i>Сцепляемая (управляемая):</i> г) общее обозначение; д) односторонняя; е) двухсторонняя; ж) сцепляемая электрическая; з) автоматическая (самодействующая), общее обозначение	г)		Подшипники качения: е) радиальный; ж) радиально-упорный односторонний; з) радиально-упорный двухсторонний; и) упорный односторонний; к) упорный двухсторонний
	д)	ж)	
	е)	з)	
	ж)	и)	
	з)	к)	
Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа		Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	

1	2	3	4
<p>Ременные передачи:</p> <p>а) без уточнения типа ремня;</p> <p>б) плоским ремнем;</p> <p>в) клиновидным ремнем</p>		<p>Кулачки: плоский вращающийся; цилиндрический</p> <p>Передачи винт с гайкой: а) неразъемной; б) разъемной; в) неразъемной с шариками</p>	
<p>Зубчатые передачи:</p> <p>а) с цилиндрическими колесами;</p> <p>б) с коническими колесами;</p> <p>в) червячная передача</p>		<p>Передача цепью. Общее обозначение без уточнения типа</p> <p>Храповый зубчатый механизм односторонний с наружным зацеплением</p>	
<p>Реечная зубчатая передача (без уточнения типа зубьев)</p>		<p>Мальтийский механизм с наружным зацеплением</p>	

Для передачи винт-гайка величина прямолинейного перемещения гайки за один оборот винта равна

$$H = Pk, \text{ мм,}$$

где P – шаг винта, мм;
 k – число заходов винта.

Порядок кинематической настройки цепей

Чтобы обеспечить необходимые скорости перемещений конечных звеньев кинематической цепи для получения деталей заданной

формы и размеров производят кинематическую настройку станка, которая в основном сводится к определению параметров органа настройки. Органом настройки изменяется передаточное отношение цепи. Органом настройки может служить коробка скоростей, коробка подач, гитара сменных колес, ременная передача со сменными шкивами и пр.

Настройка кинематической цепи состоит из следующих этапов:

- определение расчетных перемещений конечных звеньев цепи;
- составление уравнения кинематического баланса, связывающего перемещения начального и конечного звеньев цепи;
- вывод формулы настройки.

Для получения детали нужной геометрической формы необходимо заготовке и режущему инструменту при обработке на станке сообщить соответствующие движения. Кинематическая цепь станка, обеспечивающая инструменту или заготовке главное движение, называется цепью главного движения. Она связывает источник движения с исполнительным органом станка и обычно придает ему вращательное движение. При этом кинематическая цепь должна обеспечить за n_1 оборотов двигателя n_2 оборотов шпинделя. Эти согласованные перемещения исполнительных органов станка принято называть **расчетными перемещениями конечных звеньев цепи**. Для цепи главного вращательного движения расчетные перемещения имеют вид

$$n \text{ об. эл. двигателя} \rightarrow n \text{ об. шпинделя.} \quad (3.1)$$

При токарной обработке детали суппорту станка с установленным на нем резцом сообщают поступательное перемещение. При этом движения исполнительных органов станка согласовываются так, чтобы за один оборот шпинделя суппорт перемещался бы на заданную величину подачи S , мм/об. Расчетные перемещения цепей продольной и поперечной подач записываются следующим образом:

$$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow S, \text{ мм/об.}$$

При нарезании резьбы резцом на токарном станке величина подачи будет равна шагу нарезаемой резьбы.

Для кинематических цепей, обеспечивающих минутную подачу, расчетные перемещения конечных звеньев имеют вид

$$n \text{ об. эл. двигателя} \rightarrow S, \text{ мм/мин.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи – это математическое выражение связи движений начального и конечного органов кинематической цепи станка. В уравнения кинематического баланса входят кинематические параметры всех звеньев цепи – от начального до конечного.

Если кинематическую цепь составляют звенья, передающие только вращательное движение, то уравнение баланса состоит из передаточных отношений передач, а размерности движения начального n_1 и конечного n_2 звеньев одинаковы.

$$n_1 i_{\text{общ}} = n_1 i_1 i_2 i_3 i_4 = n_2, \text{ мин}^{-1}, \quad (3.2)$$

где $i_{\text{общ}}$ – общее передаточное отношение цепи, равное произведению передаточных отношений (i_1, i_2, i_3, i_4) отдельных передач, составляющих цепь.

Если в кинематическую цепь входят кроме звеньев, передающих вращательное движение, еще и звенья, преобразующие вращательное движение в поступательное, то уравнение кинематического баланса содержит еще и параметр преобразующего механизма (ход). В таких цепях начальное звено имеет вращательное движение, а конечное звено цепи при помощи преобразующей передачи (винт-гайка или реечная передача) получит поступательное движение. Следовательно, размерности движения конечных звеньев неодинаковы.

$$n_1 i_{\text{общ}} H = S, \text{ мм/мин,}$$

где H – величина хода звена, преобразующего вращательное движение в поступательное, мм.

В цепях подач токарных и некоторых других станков величина подачи назначается на один оборот начального звена (шпинделя):

$$1 \text{ об. } i_{\text{общ}} H = S, \text{ мм/об.}$$

Формула настройки – преобразованное уравнение кинематического баланса цепи относительно параметра звена настройки. Подставив в формулу настройки заданную скорость движения конечного звена цепи, определяем требуемое передаточное отношение звена настройки.

Примеры кинематической настройки цепей

На схеме 1 рис. 3.1 приведена кинематическая цепь главного движения вертикально-сверлильного станка. Эта цепь связывает вращение электродвигателя с вращением шпинделя станка. Поэтому расчетные перемещения для данной цепи запишутся в соответствии с (3.1).

Уравнение кинематического баланса согласно (3.2) будет иметь вид

$$n_{\text{эл. дв}} i_1 i_2 i_3 = n_{\text{шп}}, \text{ мин}^{-1}.$$

Передаточные отношения i_2 и i_3 представлены подвижными блоками зубчатых колес, смещение которых вдоль валов приводит к изменению передаточных отношений. Поэтому уравнение кинематического баланса можно записать следующим образом:

$$n_{\text{эл. дв}} \frac{z_1}{z_2} \left\{ \begin{array}{l} \frac{z_3}{z_4} \\ \frac{z_5}{z_6} \\ \frac{z_7}{z_8} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \frac{z_9}{z_{10}} \\ \frac{z_8}{z_{11}} \\ \frac{z_{12}}{z_{13}} \end{array} \right\} = n_{\text{шп}}.$$

Настройка цепи выполняется коробкой скоростей с блоками зубчатых колес. В связи с этим формулу настройки выводим для коробки скоростей:

$$i = i_2 i_3 = \frac{n_{\text{шп}} z_2}{n_{\text{эл. дв}} z_1}.$$

К примеру, необходимо настроить кинематическую цепь на частоту вращения шпинделя 700 мин^{-1} . Рассчитаем требуемое передаточное отношение коробки скоростей:

$$i = i_2 i_3 = \frac{n_{\text{шп}} z_2}{n_{\text{эл. дв}} z_1} = \frac{700 \cdot 27}{1420 \cdot 27} = 0,49.$$

Переключение блоков коробки скоростей обеспечивает девять передаточных отношений:

$$\begin{aligned} \frac{z_3}{z_4} \frac{z_9}{z_{10}} &= \frac{22}{44} \cdot \frac{16}{64} = 0,125; & \frac{z_5}{z_6} \frac{z_{12}}{z_{13}} &= \frac{27}{38} \cdot \frac{54}{26} = 1,47; \\ \frac{z_3}{z_4} \frac{z_8}{z_{11}} &= \frac{22}{44} \cdot \frac{33}{47} = 0,35; & \frac{z_7}{z_8} \frac{z_9}{z_{10}} &= \frac{33}{33} \cdot \frac{16}{64} = 0,25; \\ \frac{z_3}{z_4} \frac{z_{12}}{z_{13}} &= \frac{22}{44} \cdot \frac{54}{26} = 1,03; & \frac{z_7}{z_8} \frac{z_8}{z_{11}} &= \frac{33}{33} \cdot \frac{33}{47} = 0,7; \\ \frac{z_5}{z_6} \frac{z_9}{z_{10}} &= \frac{27}{38} \cdot \frac{16}{64} = 0,17; & \frac{z_7}{z_8} \frac{z_{12}}{z_{13}} &= \frac{33}{33} \cdot \frac{54}{26} = 2,07. \\ \frac{z_5}{z_6} \frac{z_8}{z_{11}} &= \frac{27}{38} \cdot \frac{33}{47} = 0,5; \end{aligned}$$

Выбираем из девяти передаточных отношений ближайшее к рассчитанному. Принимаем

$$\frac{z_5}{z_6} \frac{z_8}{z_{11}} = \frac{27}{38} \cdot \frac{33}{47} = 0,5.$$

Подставив выбранное передаточное отношение в уравнение кинематического баланса, определим действительную частоту вращения шпинделя:

$$n_{\text{шп}} = 1420 \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{27}{38} \cdot \frac{33}{47} = 708 \approx 710 \text{ мин}^{-1}.$$

Необходимое положение подвижных блоков зубчатых колес и соответствующая ему частота вращения шпинделя устанавливается рукояткой управления коробки скоростей.

На схеме 2 рис. 3.1 также приведена кинематическая цепь главного движения, но только токарного многорезцового полуавтомата. Следовательно, расчетные перемещения запишутся так же, как в предыдущем примере. Эта цепь связывает электродвигатель со шпинделем через ременную передачу $\frac{d_1}{d_2}$, гитару сменных колес $\frac{a}{b}$, блок зубчатых колес и постоянную передачу $\frac{z_7}{z_8}$. Уравнение кинематического баланса цепи:

$$n_{\text{эл. дв}} \frac{d_1}{d_2} \frac{a}{b} \left\{ \begin{array}{l} \frac{z_3}{z_4} \\ \frac{z_5}{z_6} \end{array} \right\} \frac{z_7}{z_8} = n_{\text{шп}}.$$

Настройка цепи выполняется одновременно блоком и гитарой зубчатых колес. Поэтому формула настройки имеет вид

$$i = i_{\text{гит}} i_{\text{бл}} = \frac{n_{\text{шп}} d_2 z_8}{n_{\text{эл. дв}} d_1 z_7}.$$

Настройка цепи на определенную частоту вращения шпинделя осуществляется установкой блока в одно из двух положений и подобранной для данного положения блока гитарой зубчатых колес. Гитара подбирается из набора колес с числом зубьев: 26; 30; 35; 40; 45; 45; 50; 55; 60; 64. Подобранная гитара должна соответствовать условию

$$a + b = 90.$$

На схеме 3 представлена винторезная цепь токарно-винторезного станка, предназначенная для нарезания резьбы резцом. Эта цепь согласует вращение шпинделя и подачу суппорта таким образом,

чтобы за один оборот шпинделя суппорт переместился на шаг резьбы P_n . Расчетные перемещения имеют вид

$$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow P_n, \text{ мм.}$$

Уравнение кинематического баланса винторезной цепи:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{30}{45} \cdot i_{\text{гит}} i_{\text{к.п.}} P_{\text{х.в.}} = P_n.$$

Звеньями настройки цепи являются гитара зубчатых колес и коробка подач. Для настройки цепи могут использоваться одновременно оба звена настройки или только гитара зубчатых колес.

При настройке винторезной цепи только гитарой зубчатых колес движение от шпинделя на суппорт идет, минуя коробку подач. Тогда передаточное отношение коробки подач $i_{\text{к.п.}} = 1$.

Выводим формулу настройки цепи для гитары зубчатых колес:

$$i_{\text{гит}} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{45 P_n}{30 i_{\text{к.п.}} P_{\text{х.в.}}}.$$

После сокращения получим формулу настройки в виде

$$i_{\text{гит}} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{P_n}{8}.$$

В формулу настройки величину P_n необходимо подставлять в тех же единицах измерения, что и $P_{\text{х.в.}}$. Параметры нарезаемых резьб переводят в метрическую систему по следующим формулам:

– для дюймовой резьбы $P_n = \frac{25,4}{n}$, мм;

– модульной резьбы $P_n = \pi m$, мм;

– питчевой $P_n = \frac{25,4\pi}{\rho}$, мм,

где n , m , ρ – число ниток на 1", модуль и число питчей нарезаемой резьбы соответственно.

Гитару сменных зубчатых колес составляют из колес «пяткового» набора:

20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75;

80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 127.

На токарно-винторезных станках применяются двухпарные гитары с подвижными осями. Поэтому рассчитанную гитару проверяют по условию сцепляемости:

$$z_1 + z_2 \geq z_3 + 15 \dots 20;$$

$$z_3 + z_4 \geq z_2 + 15 \dots 20.$$

Методы подбора сменных зубчатых колес бывают точные и приближенные. К точным методам настройки относится метод разложения на множители. Числитель и знаменатель передаточного отношения гитары, выраженного простой дробью, раскладывают на простые множители, а затем умножением (делением) числителя и знаменателя на одно и то же число получают числа зубьев сменных колес.

К приближенным методам настройки относится метод замены часто встречающихся чисел приближенными дробями. Для облегчения расчетов гитары сменных зубчатых колес значения $25,4$; π ; $25,4\pi$ с небольшой погрешностью можно заменить дробями, приведенными в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Приближенные значения величин

π	25,4	25,4 π
$\frac{22}{7}$	$\frac{127}{5}$	$\frac{22}{7} \cdot \frac{127}{5}$
$\frac{33}{25} \cdot \frac{27}{11}$	$\frac{18 \cdot 24}{17}$	$\frac{21 \cdot 19}{5}$
$\frac{19 \cdot 21}{127}$	$\frac{40}{7} \cdot \frac{40}{9}$	$\frac{27}{2} \cdot \frac{65}{11}$

Этот метод применяется при подборе сменных колес гитар для нарезания модульной, дюймовой и питчевой резьб. При использовании данного метода полученное передаточное отношение гитары сменных колес $i_{\text{гит}}$ отличается от заданного $i_{\text{зад}}$. Абсолютная погрешность Δ равна модулю разности этих передаточных отношений $\Delta = |i_{\text{гит}} - i_{\text{зад}}|$.

Относительная погрешность δ определяется как отношение абсолютной погрешности к заданному передаточному отношению:

$$\delta = \frac{\Delta}{i_{\text{зад}}}.$$

При нарезании резьбы с шагом $P_{\text{н}}$ ошибка в шаге будет равна

$$\Delta P_{\text{н}} = P_{\text{н}} \delta, \text{ мм.}$$

Погрешность шага резьбы на длине L может быть рассчитана по формуле

$$\Delta L = \frac{\Delta P_{\text{н}} L}{P_{\text{н}}} = \delta L, \text{ мм.}$$

К примеру, необходимо подобрать сменные колеса гитары для нарезания дюймовой резьбы с числом ниток на 1" $n = 7$.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P_{\text{н}}}{8} = \frac{25,4}{n \cdot 8} = \frac{18 \cdot 24}{17 \cdot 7 \cdot 8} = \frac{18 \cdot 3}{17 \cdot 7} = \frac{18 \cdot (5)}{17 \cdot (5)} \cdot \frac{3 \cdot (10)}{7 \cdot (10)} = \frac{90 \cdot 30}{85 \cdot 70} = \frac{90 \cdot 30}{70 \cdot 85}.$$

Условие сцепляемости обеспечивается:

$$90 + 70 \geq 30 + 15 \dots 20;$$

$$30 + 85 \geq 70 + 15 \dots 20.$$

Абсолютная погрешность передаточного отношения Δ равна модулю разности $i_{\text{гит}}$ и $i_{\text{зад}}$.

$$i_{\text{гит}} = \frac{90 \cdot 30}{70 \cdot 85} = 0,45378;$$

$$i_{\text{зад}} = \frac{25,4}{7 \cdot 8} = 0,45357.$$

$$\Delta = 0,45378 - 0,45357 = 0,00021.$$

Относительная погрешность передаточного отношения

$$\delta = \frac{\Delta}{i_{\text{зад}}} = \frac{0,00021}{0,45357} = 0,0004629.$$

Ошибка в шаге

$$\Delta P_{\text{н}} = P_{\text{н}} \delta = \frac{25,4}{7} \cdot 0,0004629 = 0,001679 \text{ мм.}$$

Рассчитаем ошибку в резьбе на длине 1000 мм:

$$\Delta L = \delta L = 0,0004629 \cdot 1000 = 0,4629 \text{ мм.}$$

Контрольные вопросы

1. Что называется кинематической схемой металлорежущего станка? Какие сведения она содержит?
2. Как обозначаются на кинематических схемах различные звенья цепи (валы, муфты, шпиндели, кинематические передачи и др.)?
3. Чему равны передаточные отношения различных кинематических пар (зубчатая, ременная, червячная и другие передачи)?
4. Какие передачи предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное? Чему равен ход этих передач?
5. С какой целью выполняется настройка кинематической цепи станка?
6. Какие этапы включает настройка кинематических цепей?
7. Что называется уравнением кинематического баланса цепи? Какие параметры кинематической цепи оно содержит?
8. Что называется органом настройки кинематической цепи и что может использоваться в качестве органа настройки?

9. Для каких целей предназначена формула настройки кинематической цепи, как ее вывести?

10. Какие методы подбора гитары сменных зубчатых колес использовались в работе и в чем они заключаются?

11. В каких случаях возникает погрешность шага резьбы и как ее рассчитать?

Лабораторная работа № 4

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Цель работы: ознакомиться с принципами проектирования кинематической структуры коробок скоростей.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Макет коробки скоростей станка в разрезе.
2. Плакаты кинематических схем металлорежущих станков.

Задание

1. Изобразить кинематическую схему коробки скоростей в соответствии с индивидуальным заданием.

2. Записать структурную формулу, учитывающую конструктивный вариант коробки скоростей, и определить число ступеней коробки.

3. Определить частоту вращения шпинделя на каждой ступени.

4. Рассчитать знаменатель геометрического ряда коробки скоростей и принять его стандартное значение.

5. Определить характеристики каждой группы передач.

6. Записать развернутую структурную формулу коробки скоростей.

7. Рассчитать теоретический ряд частот вращения шпинделя, округлив их значения до стандартных.

8. Построить график частот вращения шпинделя, предварительно выразив передаточные отношения через знаменатель геометрического ряда.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- название и цель работы;
- оборудование, приспособления, инструмент, применяемые в лабораторной работе;
- кинематическую схему коробки скоростей;
- структурную формулу, учитывающую конструктивный вариант коробки скоростей;
- уравнение кинематического баланса цепи главного движения и расчеты частот вращения шпинделя;
- полную структурную формулу коробки скоростей;
- теоретический ряд частот вращения шпинделя;
- график частот вращения шпинделя.

Анализ кинематической структуры коробки скоростей

Каждое исполнительное движение в станках осуществляется кинематической группой, представляющей собой совокупность источника движения, исполнительного органа (органов), кинематических связей и органов настроек, обеспечивающих требуемые параметры движения. Структура кинематической группы может быть разнообразной и зависит от характера осуществляемого движения, числа исполнительных органов, потребности регулирования параметров движения.

Анализ структуры кинематической группы проведем на примере привода главного движения, приведенного на рис. 4.1, на котором представлена кинематическая схема коробки скоростей с отдельным приводом. Такая конструкция обеспечивает более плавное вращение шпинделя, а вибрации, возникающие в приводе, не передаются шпиндельной бабке.

Источником движения в данной кинематической цепи является электродвигатель с $n = 1430 \text{ мин}^{-1}$ и $N = 5,5 \text{ кВт}$. Вращение от него передается валу I и далее валу II через двухступенчатый блок колес 2, 4, обеспечивающий два передаточных отношения. На вал III вращение передается посредством двух подвижных блоков 7, 12 и 9, 11, обеспечивающих четыре передаточных отношения. Вал III получает

восемь ступеней скорости, которые передаются через зубчатые колеса 13, 14, клиноременную передачу на вал V и дальше через муфту M на шпиндель VII (короткая цепь). Конструкцией коробки предусмотрен перебор, который позволяет получить еще восемь частот вращения шпинделя. На схеме перебор включен, движение от вала V поступает через зубчатые колеса перебора 17–20 на шпиндель (длинная цепь). Таким образом, коробка скоростей имеет два множительных механизма. Первый механизм с двухвенцовым блоком служит для передачи вращения от вала I на вал II, второй механизм с двумя двухвенцовыми блоками – для передачи движения от вала II на вал III. Совокупность передач, связывающих вращение двух соседних валов, называется группой передач. Группа передач характеризуется числом передач P и величиной их передаточных отношений. В рассматриваемой схеме имеется две группы передач: первая состоит из двух передач $\frac{21}{41}$ и $\frac{35}{27}$, вторая – из четырех передач $\frac{27}{40}$, $\frac{28}{34}$, $\frac{31}{31}$ и $\frac{35}{27}$.

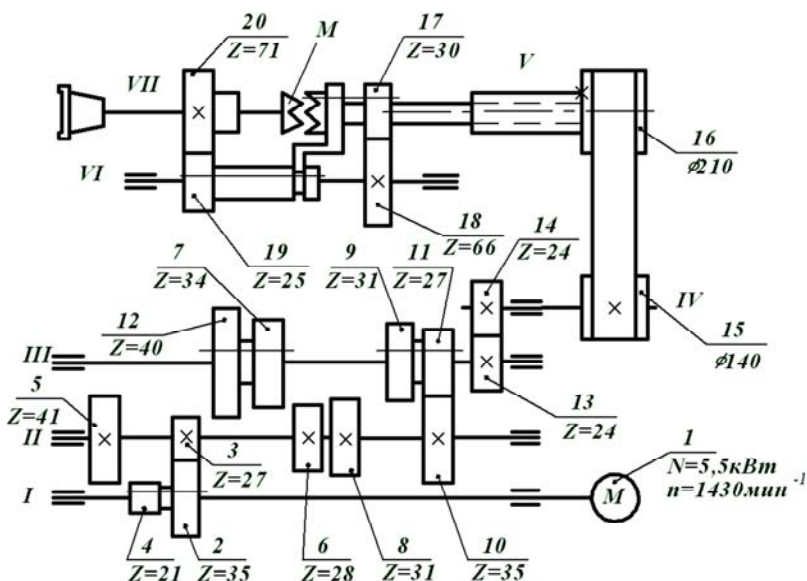


Рис. 4.1. Кинематическая схема коробки скоростей

Порядок расположения групп передач в кинематической цепи характеризует конструктивный вариант коробки скоростей. Его выражают условно в виде структурной формулы:

$$Z = P_a P_b P_c \dots P_n,$$

где Z – число частот вращения шпинделя;

$P_a, P_b, P_c, \dots, P_n$ – числа передач в группах передач.

В рассматриваемой коробке скоростей имеется две кинематические цепи, каждая из которых является обычной множительной структурой. Одна из этих цепей (короткая) предназначена для получения высоких скоростей шпинделя, другая (длинная) с перебором – для низких скоростей. Структура такой коробки скоростей называется сложенной. Структурная формула коробки скоростей со сложенной структурой $Z = Z_1 + Z_2$, где Z_1 и Z_2 – число частот вращения, получаемых шпинделем через короткую и через длинную цепи.

$$Z_1 = 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 = 8;$$

$$Z_2 = 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 8.$$

Обе цепи имеют общие группы передач $Z_0 = 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1$. Таким образом, структурная формула запишется

$$Z = Z_1 + Z_2 = 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 + 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 1 \cdot 1) = 16.$$

В данном приводе шпиндель получает 16 частот вращения. Для их определения необходимо записать уравнение кинематического баланса цепи:

$$n_{\text{эл. дв}} i_1 i_2 i_3 i_4 \gamma i_{\text{п}} = n_{\text{шп}}, \text{ мин}^{-1},$$

где $n_{\text{эл. дв}}$ – частота вращения электродвигателя;

i_1, i_2, i_3, i_4 – передаточные отношения передач;

γ – коэффициент проскальзывания ремня;

$i_{\text{п}}$ – передаточное отношение перебора. При отключении перебора принимаем $i_{\text{п}} = 1$.

Подставив в уравнение кинематического баланса численные значения, получим его окончательный вид:

$$1430 \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{21}{41} \\ \frac{35}{27} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{27}{40} \\ \frac{28}{34} \\ \frac{31}{31} \\ \frac{31}{31} \\ \frac{35}{27} \end{array} \right\} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{140}{210} \cdot 0,98 \cdot \frac{1}{\frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71}} = n_{\text{шп}}.$$

Минимальная частота вращения шпинделя получается при наименьших передаточных отношениях передач, максимальная – при наибольших, а промежуточные значения частоты – при соответствующих промежуточных значениях передаточных отношений.

В этом уравнении $n_{\text{эл. дв}}$, i_3 , i_4 являются постоянными величинами. Для упрощения расчетов их произведение обозначим буквой C .

$$C = 1430 \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{140}{210} \cdot 0,98 = 934,26.$$

Уравнение кинематического баланса примет вид

$$C i_1 i_2 i_n = n_{\text{шп}}, \text{ мин}^{-1},$$

Варьируя передаточными отношениями передач первой, второй групп и перебора, определяют действительную частоту вращения шпинделя на каждой ступени.

$$n_1 = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{27}{40} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 51,68 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_2 = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{28}{34} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 63,05 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_3 = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{31}{31} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 76,57 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_4 = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 99,25 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_5 = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{27}{40} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 130,81 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_6 = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{28}{34} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 159,59 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_7 = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{31}{31} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 193,79 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_8 = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{25}{71} = 251,20 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_9 = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{27}{40} = 323,00 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{10} = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{28}{34} = 394,08 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{11} = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{31}{31} = 478,52 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{12} = 934,26 \cdot \frac{21}{41} \cdot \frac{35}{27} = 620,30 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{13} = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{27}{40} = 817,47 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{14} = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{28}{34} = 997,35 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{15} = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{31}{31} = 1217,01 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{16} = 934,26 \cdot \frac{35}{27} \cdot \frac{35}{27} = 1569,91 \text{ мин}^{-1}.$$

Получаем геометрический ряд частот вращения шпинделя. Знаменатель геометрического ряда при числе ступеней $Z = 16$ определяется из выражения

$$\varphi = \sqrt[16]{D} = \sqrt[16]{\frac{1569,91}{51,68}} = 1,255.$$

Принимаем стандартное значение знаменателя $\varphi = 1,26$. Полученные значения частот вращения шпинделя округляем до стандартных по таблице с нормальными рядами чисел в станкостроении (табл. 2.2).

$n_1 = 50 \text{ мин}^{-1};$	$n_9 = 315 \text{ мин}^{-1};$
$n_2 = 63 \text{ мин}^{-1};$	$n_{10} = 400 \text{ мин}^{-1};$
$n_3 = 80 \text{ мин}^{-1};$	$n_{11} = 500 \text{ мин}^{-1};$
$n_4 = 100 \text{ мин}^{-1};$	$n_{12} = 630 \text{ мин}^{-1};$
$n_5 = 125 \text{ мин}^{-1};$	$n_{13} = 800 \text{ мин}^{-1};$
$n_6 = 160 \text{ мин}^{-1};$	$n_{14} = 1000 \text{ мин}^{-1};$
$n_7 = 200 \text{ мин}^{-1};$	$n_{15} = 1250 \text{ мин}^{-1};$
$n_8 = 250 \text{ мин}^{-1};$	$n_{16} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$

В коробке скоростей, обеспечивающей на выходном валу геометрический ряд частот вращения со знаменателем φ , отношение ближайших по значению передаточных отношений в группе (большого к меньшему) равно φ^x , где x – характеристика данной группы. Основной называется такая группа передач, у которой характеристика $x = 1$. Переборными называются такие группы, переключением передач которых обеспечивается перескакивание через x ступеней, где x – характеристика группы.

В нашем случае ($\varphi = 1,26$) для первой группы передач

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{35}{27} : \frac{21}{41} = 2,85 = \varphi^4, \text{ следовательно, } x = 4;$$

для второй группы передач:

$$\frac{i_4}{i_3} = \frac{28}{34} : \frac{27}{40} = 1,26 = \varphi;$$

$$\frac{i_5}{i_4} = \frac{31}{31} : \frac{28}{34} = 1,26 = \varphi;$$

$$\frac{i_6}{i_5} = \frac{35}{27} : \frac{31}{31} = 1,26 = \varphi, \quad x = 1.$$

Из расчета видно, что вторая группа является основной, а первая – переборной с характеристикой $x = 4$.

Структурная формула кинематической цепи, учитывающая конструктивный и кинематический варианты, запишется

$$Z = 2_4 \cdot 4_1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 1 \cdot 1) = 16,$$

в которой индексами обозначены характеристики групп.

Итак, характеристика группы показывает, как изменяется частота вращения шпинделя при переключении передач данной группы. Изменение ее происходит в φ^x раз. Показатель степени и есть характеристика группы.

Для построения графика частот проводят на равных расстояниях друг от друга параллельные прямые в количестве, равном сумме чисел валов коробки скоростей и электродвигателя. В нашем случае проводим семь вертикальных прямых. Затем эти прямые делят в произвольном масштабе горизонтальными линиями, означающими частоты вращения. Интервал между ними равен $\lg \varphi$. После этого проставляют на горизонтальных прямых значения частот вращения от n_1 до n_{16} , представляющих собой геометрический ряд. Передаточные отношения передач на графике изображают лучами, соединяющими точки, соответствующие частотам вращения двух соседних валов. При этом луч, обозначающий передачу с $i = 1$, проводят горизонтально, при $i < 1$ луч наклонен вниз, а при $i > 1$ луч направлен

вверх. Для того чтобы определить, на сколько интервалов будет отклоняться луч, представим все передаточные отношения в виде

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \varphi^m.$$

Показатель степени m указывает число интервалов, а знаки «+» и «-» при показателе степени – направление отклонения луча, вверх и вниз соответственно.

Рассмотрим передачу $\frac{21}{41}$.

$$i = \frac{21}{41} = 1,26^m \quad \text{или} \quad i = 0,512 = 1,26^m.$$

Определение показателя степени m можно производить логарифмированием полученного выражения.

$$\lg 0,512 = m \lg 1,26,$$

$$\text{откуда } m = \frac{\lg 0,512}{\lg 1,26} = -\frac{0,29}{0,1} \approx -3.$$

Следовательно, луч, изображающий эту передачу, на графике будет направлен вниз и пересекать три интервала. Таким же образом рассчитаем показатели степени при φ для остальных передаточных отношений.

$$i_2 = \frac{35}{27} = 1,3 = 1,26^{m_2};$$

$$m_2 = \frac{\lg 1,3}{\lg 1,26} = \frac{0,11}{0,1} \approx 1;$$

$$i_3 = \frac{27}{40} = 0,675 = 1,26^{m_3};$$

$$m_3 = \frac{\lg 0,675}{\lg 1,26} = -\frac{0,17}{0,1} \approx -2;$$

$$i_4 = \frac{28}{34} = 0,823 = 1,26^{m_4};$$

$$m_4 = \frac{\lg 0,823}{\lg 1,26} = -\frac{0,08}{0,1} \approx -1;$$

$$i_5 = \frac{31}{31} = 1 = 1,26^0;$$

$$m_5 = 0;$$

$$i_6 = \frac{35}{27} = 1,3 = 1,26^{m_6};$$

$$m_6 = \frac{\lg 1,3}{\lg 1,26} = \frac{0,11}{0,1} \approx 1;$$

$$i_7 = \frac{24}{24} = 1 = 1,26^0;$$

$$m_7 = 0;$$

$$i_8 = \frac{140}{210} \cdot 0,98 = 0,653 = 1,26^{m_8};$$

$$m_8 = \frac{\lg 0,653}{\lg 1,26} = -\frac{0,18}{0,1} \approx -1,5;$$

$$i_9 = \frac{30}{66} = 0,454 = 1,26^{m_9};$$

$$m_9 = \frac{\lg 0,454}{\lg 1,26} = -\frac{0,34}{0,1} \approx -3;$$

$$i_{10} = \frac{25}{71} = 0,352 = 1,26^{m_{10}};$$

$$m_{10} = \frac{\lg 0,352}{\lg 1,26} = -\frac{0,45}{0,1} \approx -5.$$

Для определения положения точки, означающей частоту вращения электродвигателя на валу I , выполним аналогичные расчеты, сравнивая частоту вращения электродвигателя с максимальной частотой шпинделя:

$$i_0 = \frac{1430}{1600} = 0,893 = 1,26^{m_0}; \quad m_0 = \frac{\lg 0,893}{\lg 1,26} = -\frac{0,048}{0,1} \approx -0,5.$$

Следовательно, точка, означающая частоту вращения электродвигателя, находится на 0,5 интервала ниже частоты вращения шпинделя $n_{16} = 1600 \text{ мин}^{-1}$. Из этой начальной точки и начинаем строить график частот. Построенный график частот вращения шпинделя представлен на рис. 4.2. Над каждым лучом графика указывается передаточное отношение передачи. Параллельные лучи имеют одинаковое передаточное отношение, и оно указывается на одном из них.

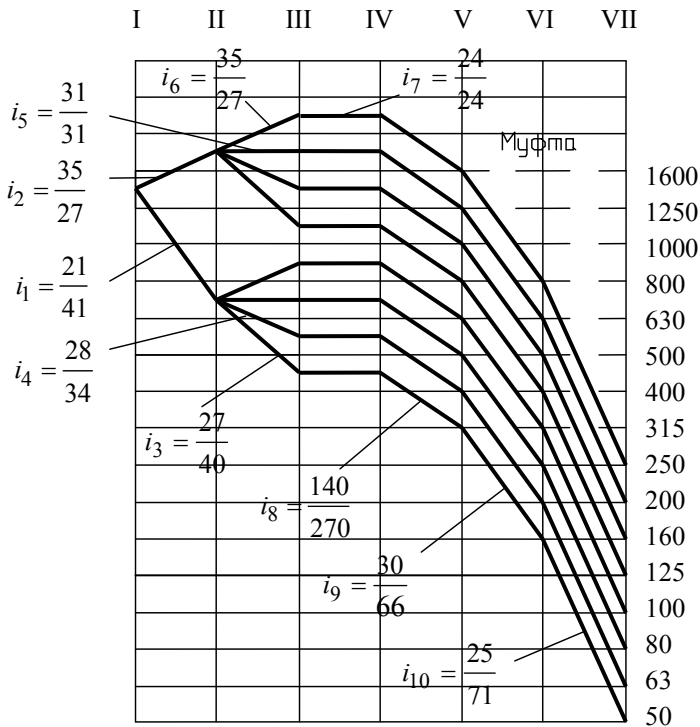


Рис. 4.2. График частот вращения шпинделя

Проводим проверочный расчет зубьев зубчатых колес коробки скоростей. Для примера рассмотрим группу передач:

$$\frac{z_2}{z_3} = \frac{35}{27} = \varphi \quad \text{и} \quad \frac{z_4}{z_5} = \frac{21}{41} = \frac{1}{\varphi^3}.$$

Для $\varphi = 1,26$, используя табл. 4.1, имеем:

$$\frac{z_2}{z_3} = 1,26 = \frac{1,26}{1} = \frac{5}{4} = \frac{a}{b};$$

$$\frac{z_4}{z_5} = \frac{1}{1,26^3} = \frac{1}{2} = \frac{c}{d}.$$

Таблица 4.1

Значения передаточных отношений передач

Значения знаменателя геометричес- кого ряда φ	$\frac{1}{\varphi}$	$\frac{1}{\varphi^2}$	$\frac{1}{\varphi^3}$	$\frac{1}{\varphi^4}$	$\frac{1}{\varphi^5}$	$\frac{1}{\varphi^6}$
1,26	$\frac{4}{5}$	$\frac{7}{11}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{19}{60}; \frac{16}{50}$	$\frac{1}{4}$
1,41	$\frac{5}{7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{19}{53}; \frac{16}{45}$	$\frac{1}{4}$		
1,58	$\frac{7}{11}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{4}$			

Находим сумму:

$$a + b = 5 + 4 = 9;$$

$$c + d = 1 + 2 = 3.$$

Наименьшее кратное $S_z = 9$.

Числа зубьев найдем по уравнениям:

$$z_2 = \frac{S_z}{a+b} a; \quad z_3 = \frac{S_z}{a+b} b;$$

$$z_4 = \frac{S_z}{c+d} c; \quad z_5 = \frac{S_z}{c+d} d.$$

$$z_2 = \frac{9}{5+4} \cdot 5 = 5; \quad z_3 = \frac{9}{5+4} \cdot 4 = 4;$$

$$z_4 = \frac{9}{1+2} \cdot 1 = 3; \quad z_5 = \frac{9}{1+2} \cdot 2 = 6.$$

Полученные значения помножим на одно и то же число (в нашем случае это число 7) и найдем числа зубьев колес:

$$z_2 = 35; \quad z_3 = 28; \quad z_4 = 21; \quad z_5 = 42.$$

Контрольные вопросы

1. Как определить число ступеней коробки скоростей?
2. Что такое группа передач, какими параметрами она характеризуется?
3. Какие группы передач в коробке называются основными и переборными?
4. Что означает характеристика группы передач и как ее определить?
5. Как записывается структурная формула коробки скоростей?
6. Как построить график частот вращения шпинделя?
7. Каким образом определяется на графике положение точки, соответствующей частоте вращения электродвигателя?

Лабораторная работа № 5

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОДЕЛИ 16К20Ф3С32

Цель работы: изучить систему кодирования информации для УЧПУ 2Р22 и процесс программирования механической обработки деталей.

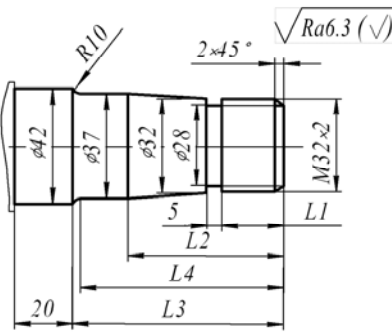
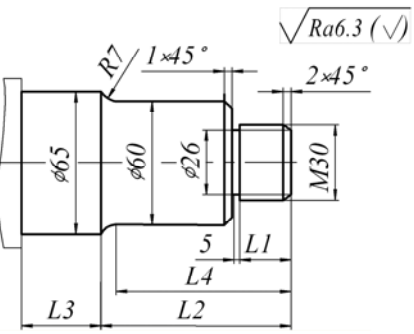
Оборудование, приспособления, инструмент

1. Токарный станок с ЧПУ модели 16К20Ф3С32.
2. Комплект режущих инструментов.
3. Штангенциркуль.

Задание

1. Ознакомиться с устройством и технической характеристикой станка.
2. Изучить методику программирования процесса обработки деталей на станках с ЧПУ и систему кодирования информации для УЧПУ 2Р22.
3. Разработать последовательность обработки на токарном станке детали согласно заданию (табл. 5.1).
4. Составить управляющую программу для обработки детали.
5. По одной из разработанных программ произвести обработку детали на станке.

Индивидуальные задания

Вариант	Размеры детали, мм				Эскиз детали
	L1	L2	L3	L4	
1	16	35	48	45	 <p>Сталь 45, заготовка диаметром 50 мм</p>
2	23	42	65	60	
3	17	38	60	56	
4	20	36	56	50	
5	15	38	62	57	
6	21	39	55	48	
7	24	42	57	50	
8	25	75	22	70	 <p>Сталь 45, заготовка диаметром 70 мм</p>
9	30	85	27	80	
10	35	100	30	95	
11	40	105	25	100	
12	45	110	30	105	
13	50	115	22	112	
14	40	100	35	96	
15	32	95	30	89	

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- название и цель работы;
- перечень применяемых оборудования и инструментов;
- индивидуальное задание;
- управляющую программу.

Устройство и техническая характеристика токарного станка с ЧПУ 16K20Ф3С32

Токарный станок с ЧПУ 16K20Ф3С32 предназначен для обработки в полуавтоматическом цикле наружных и внутренних поверхностей заготовок типа тел вращения в единичном и серийном производстве. Станок оснащен УЧПУ типа 2Р22 с вводом программы с клавиатуры, магнитной кассеты или перфоленты. Класс точности станка – П.

На станке используется автоматическая универсальная 6-позиционная головка с горизонтальной осью вращения. Головка оснащена инструментальным диском на шесть радиальных или три осевых инструмента. Устройство станка представлено на рис. 5.1.

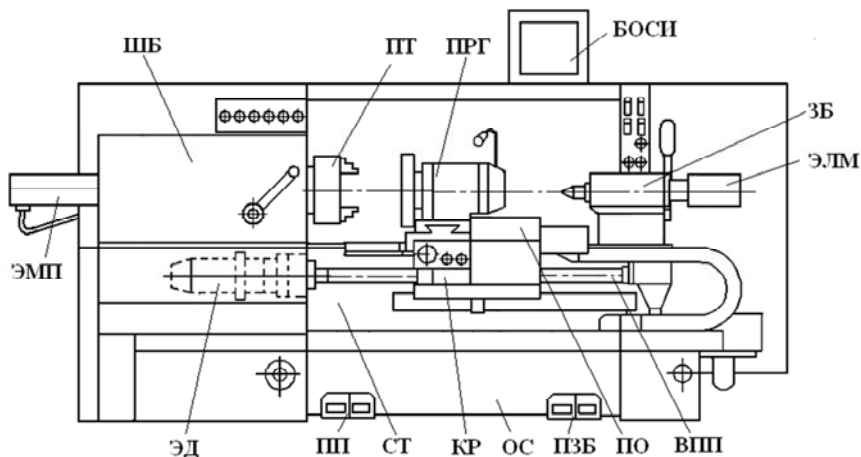


Рис. 5.1. Внешний вид токарного станка модели 16K20Ф3С32:

ШБ – шпиндельная бабка; ПТ – патрон; ПРГ – поворотная револьверная головка;

БОСИ – блок отображения символьной информации; ЗБ – задняя бабка; ЭЛМ – электромеханический привод пиноли задней бабки; ВПП – шарико-винтовая пара продольного перемещения; ПО – пульт оператора; ПЗБ – сдвоенная педаль управления пинолью задней бабки; ОС – основание; КР – каретка; СТ – станина; ПП – сдвоенная педаль управления патроном; ЭД – электродвигатель продольного перемещения; ЭМП – электромеханический привод патрона

Устройство ЧПУ 2Р22 осуществляет управление движениями по двум координатам: Z – вдоль оси шпинделя, X – перпендикулярно

оси шпинделя. Число одновременно управляемых координат – 2. При программировании процесса обработки детали можно использовать как абсолютную, так и относительную систему отсчета.

Техническая характеристика станка представлена ниже.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Пределы частот вращения шпинделя, (бесступенчатое регулирование), мин ⁻¹ :	20–2240
– I диапазон	20–325
– II диапазон	63–900
– III диапазон	160–2240
Рекомендуемые пределы подач, мм/об.:	
– продольных	0,01–2,8
– поперечных	0,005–1,4
Дискретность перемещений, мм:	
– продольных	0,01
– поперечных	0,005
Шаг нарезаемой резьбы, мм	0,01–40,95

Система кодирования и построения кадра управляющей программы

УП состоит из нескольких кадров с переменным количеством слов. Порядок слов в кадре произвольный, начало кадра обозначается номером, а конец – символом ПС. Каждое слово в кадре состоит из адреса и цифр. Величины перемещений могут задаваться в абсолютных или относительных координатах. В одном кадре нельзя программировать два слова одного адреса. Символы адресов указаны в табл. 5.2.

Функция подачи (рабочая подача, мм/об.) программируется на обе оси одновременно. При нарезании резьбы под адресом F указывается шаг резьбы.

Скорость главного движения определяется частотой вращения шпинделя. Частота вращения шпинделя задается адресом S , например, $S2\ 250$, где 2 – диапазон частот вращения шпинделя, 250 – частота вращения, мин⁻¹.

Обозначение адресов команд управляющей программы

Символ	Значение символа	Символ	Значение символа
<i>A</i>	Припуск под чистовую обработку	<i>Q</i>	Галтель
<i>B</i>	С какого кадра повторение	<i>R</i>	Дуга
<i>C</i>	Фаска под углом 45°	<i>G</i>	Подготовительная функция
<i>D</i>	Выдержка времени	<i>S</i>	Скорость главного движения
<i>E</i>	Функция подачи (быстрый ход)	<i>T</i>	Функция инструмента
<i>F</i>	Функция подачи (рабочая подача)	<i>U</i>	Перемещение по оси <i>X</i> в приращениях
<i>H</i>	Число повторений	<i>W</i>	Перемещение по оси <i>Z</i> в приращениях
<i>L</i>	Цикл	<i>X</i>	Перемещение по оси <i>X</i> в абсолютных значениях
<i>M</i>	Вспомогательная функция	<i>Z</i>	Перемещение по оси <i>Z</i> в абсолютных значениях
<i>N</i>	Номер кадра	ПС	Конец кадра
<i>P</i>	Глубина резания, ширина резца		

Выдержка времени программируется под адресом *D* отдельным кадром. К примеру, выдержка времени 5 секунд записывается кадром *N11D5ПС*.

Фаска под углом 45° задается адресом *C* и конечным размером по той координате, по которой идет обработка детали перед фаской. Знак под адресом *C* должен совпадать со знаком обработки по координате *X*. Направление по координате *Z* задается только в отрицательную сторону. Примеры записи фасок в кадре приведены на рис. 5.2.

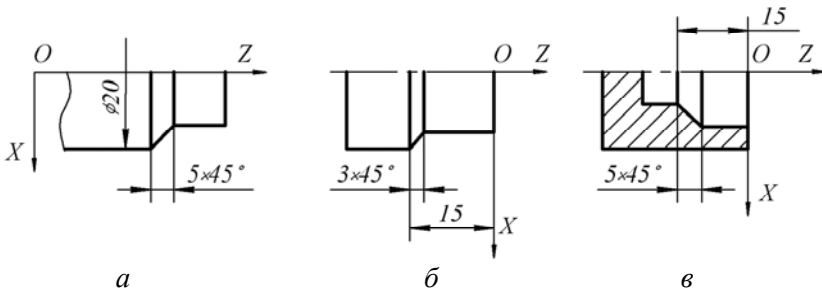


Рис. 5.2. Схемы и примеры записи фаски в кадре:
a – *X20 C5*; *б* – *Z-15 C3* или *W-15 C3*; *в* – *Z-15 C-5* или *W-15 C-5*

Галтель задается адресом Q и конечным размером по той координате, по которой идет обработка детали перед галтелью. Знак под адресом Q должен совпадать со знаком обработки по координате X . Направление перемещения по координате Z задается только в отрицательную сторону (к торцу шпинделя). Примеры записи галтелей в кадре показаны на рис. 5.3.

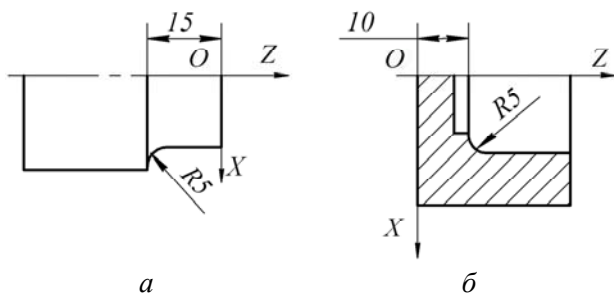


Рис. 5.3. Схемы и примеры записи галтелей в кадре:
 $a - Z-15 Q5$; $b - Z10 Q-5$

Дуга задается координатами конечной точки дуги и радиусом под адресом R . При обработке дуги по часовой стрелке знак под адресом R положительный, против часовой стрелки – отрицательный знак. Примеры задания дуг в кадре показаны на рис. 5.4.

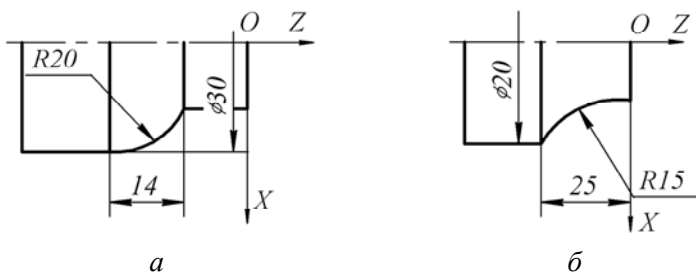


Рис. 5.4. Схемы и примеры записи дуги в кадре:
 $a - X30 W-14 R20$; $b - X20 Z-25 R-15$

Постоянные циклы задаются адресом L в режиме диалога оператора с устройством. В процессе обработки возможно использование циклов $L01-L11$. В процессе диалога на экране БОСИ высвечиваются

адреса параметров постоянных циклов, значения которых необходимо ввести. Постоянные циклы и их параметры представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Постоянные циклы, реализованные в УЧПУ

№ цикла	Название цикла	Функция, выполняемая устройством	Программируемые параметры
1	2	3	4
L01	Резьба	Цикл нарезания резьбы наружной, внутренней, цилиндрической, конической, многопроходной, однопроходной	F – шаг резьбы в миллиметрах; W – длина резьбы; X – внутренний диаметр резьбы (диаметр впадин); A – наклон резьбы; P – максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу); C – сбеги резьбы
L02	Канавка	Цикл прорезания прямоугольных канавок	D – выдержка времени в секундах; X – внутренний диаметр канавки; A – ширина канавки; P – ширина резца
L03	Н петля	Цикл «петля» при наружной обработке	W – длина петли
L04	В петля	Цикл «петля» при внутренней обработке	W – длина петли
L05	Т петля	Цикл «петля» при торцовой обработке	X – конечный диаметр подрезаемого торца
L06	Сверление	Цикл глубокого сверления	P – максимальная глубина сверления за один проход; W – глубина сверления
L07	Резьба	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой	F – шаг резьбы в миллиметрах
L08	Ц обработка	Цикл черновой обработки с припуском и без припуска	A – припуск под чистовую обработку (размер в диаметрах); P – максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу)

1	2	3	4
L09	П обработка	Цикл обработки поковок	A – припуск под чистовую обработку (размер в диаметрах); P – максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу)
L10	Ч обработка	Цикл чистовой обработки	B – номер кадра начала описания контура детали
L11	Повторение	Цикл повторения участка программы	H – число повторений; B – номер кадра начала повторений

Цикл $L01$ предназначен для нарезания цилиндрической и конической резьб с автоматическим разделением на проходы. Перед программированием цикла определяют исходную точку цикла. Координата X этой точки равна наружному диаметру наружной или внутреннему диаметру внутренней резьбы. Координата Z этой точки должна отстоять от координаты начала резьбы на величину двойного шага резьбы (для обеспечения разгона привода станка).

При многопроходном нарезании резьбы глубина резания P выбирается меньше глубины резьбы и принимается одинаковой для всех черновых проходов. При однопроходной обработке резьбы параметр P выбирается равным глубине резьбы. В этом цикле указываются также шаг резьбы F , длина резьбы W со знаком минус, внутренний диаметр (диаметр впадин) X , наклон резьбы A (программируется без знака). Наклон равен приращению диаметров, для цилиндрических резьб $A = 0$. Резьба может быть выполнена со сбегом C или без него. Если $C = 1$, то сбег равен шагу резьбы, при $C = 0$ сбег отсутствует.

Цикл $L02$ служит для выполнения канавок. Перед программированием цикла определяют исходную точку, координата Z которой совпадает с координатой левой кромки канавки. Цикл содержит перемещение до координаты X (внутренний диаметр канавки), выдержку времени D (если D не равно нулю), возврат в исходную точку на быстром ходу, смещение по координате Z в положительную сторону на величину P и далее до достижения ширины канавки A .

Для обработки канавки с перекрытием параметр P задается меньше ширины резца, а параметр A необходимо уменьшить на эту разность.

Цикл заканчивается отскоком по оси X в исходную точку, по оси Z инструмент остается в точке последнего прохода.

Циклы $L03$ наружной обработки и $L04$ внутренней обработки содержат перемещение с рабочей подачей на величину W с учетом знака, отскок на 1 мм по координате Z в положительную сторону, возврат на быстром ходу в исходную точку.

Цикл $L05$ обработки по торцу содержит перемещение на рабочей подаче по оси X , отскок на 1 мм по координате Z в положительную сторону, возврат на быстром ходу в исходную точку.

Если до цикла $L05$ была задана функция $G10$ (табл. 5.5), то в процессе обработки по мере изменения диаметра происходит переключение скорости шпинделя с целью поддержания постоянства скорости резания.

Цикл $L06$ предназначен для глубокого сверления с автоматическим разделением на проходы. Он содержит перемещение сверла с рабочей подачей на величину P , возврат на быстром ходу в исходную точку, перемещение на быстром ходу в точку, отстоящую на 3 мм от дна отверстия, полученного предыдущим проходом, перемещение с рабочей подачей на величину $P + 3$ мм и далее до достижения заданной глубины отверстия W .

Цикл $L07$ нарезания резьбы метчиком или плашкой содержит перемещение с рабочей подачей, равной шагу резьбы F на величину W с учетом знака, реверс шпинделя и возврат в исходную точку с рабочей подачей.

Цикл $L08$ многопроходной обработки применяется при обработке цилиндрической заготовки. Срезание припуска при этом производится параллельно образующей цилиндра. Исходной точкой цикла является точка с координатой X , равной диаметру заготовки, а координата Z – началу конечного контура детали.

Параметром цикла является припуск A под чистовую обработку. Если проход последний (чистовой), то $A = 0$. Вторым параметром цикла является глубина резания P . Описание детали программируется отдельными кадрами.

Величина оборотов и подача задается перед циклом из расчета наименьшего диаметра конечного контура при наружной обработке

и наибольшего диаметра при внутренней обработке. Изменение частоты вращения происходит между кадрами. В конце цикла частота вращения шпинделя не восстанавливается. Цикл заканчивается в конечной точке описания детали.

Цикл *L09* применяется в тех случаях, когда заготовка имеет форму, близкую к форме детали (например, поковка). Обработка ведется параллельно конечному контуру детали. Многопроходная обработка поковок в основном соответствует циклу *L08*.

Координата исходной точки цикла определяется из следующего условия. Если учетверенный припуск по длине детали меньше припуска по диаметру, то в расчет принимается припуск по диаметру, а смещение по торцу берут равным 1/4 припуска по диаметру.

Если конечный контур детали начинается с фаски, галтели или конуса, то необходимо программировать в начале контура условную цилиндрическую ступень длиной, равной расчетной величине припуска по координате *Z*.

После ввода последнего параметра циклов *L08* и *L09* на восьмой строке БОСИ высвечивается надпись «Описание детали». После этого следует ввести описание конечного контура детали. Описание детали производится в сторону шпинделя. Оно может состоять из одного или нескольких кадров, но не более 15 кадров. Кадры с фаской и галтелью считаются за два кадра. После окончания описания контура детали задается функция *M17* (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Вспомогательные функции

Технологические команды	Функция технологической команды
<i>M00</i>	Программируемый останов
<i>M01</i>	Останов с подтверждением
<i>M02</i>	Конец программы
<i>M08</i>	Включение охлаждения
<i>M09</i>	Выключение охлаждения
<i>M17</i>	Конец описания детали для циклов <i>L08</i> , <i>L09</i> , <i>L10</i>
<i>M18</i>	Конец участка программы, который будет повторяться в цикле <i>L11</i>
<i>M20</i>	Передача управления роботу

Цикл *L10* предназначен для чистовой обработки по контуру с заданного номера кадра. Координаты исходной точки совпадают с координатами начала конечного контура. Параметром цикла является номер кадра начала описания контура детали *B*.

Цикл *L11* – повторение заданного участка программы. Параметрами цикла являются число повторений *H* и номер кадра начала повторений *B*. Участок программы, который будет повторяться в цикле *L11*, должен заканчиваться функцией *M18* (см. табл. 5.4).

Вспомогательные функции, задаваемые функцией *M*, приведены в табл. 5.4.

В УЧПУ типа 2P22 применяются лишь подготовительные функции *G05*, *G10*, *G11*. Их назначение в кадрах управляющей программы приведено в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Подготовительные функции

Адрес функции	Использование функции
<i>G05</i>	Используется в тех кадрах программы, после отработки которых торможение в конце кадра производить не следует /при сопряжении контуров/
<i>G10</i>	Задается перед кадрами, где необходимо поддерживать постоянство скорости резания в зависимости от диаметра обработки
<i>G11</i>	Отменяет функцию <i>G10</i>
	Функции <i>G10</i> и <i>G11</i> программируются отдельными кадрами

Разработку управляющей программы с применением постоянных циклов *L05*, *L08* и *L10* рассмотрим на примере технологического процесса обработки вала (рис. 5.5). Заготовкой для вала является пруток диаметром 63 мм. Для обработки необходимы проходные и отрезной резцы. Режимы резания принимаем по табл. 5.6 и 5.7. Начало осей координат выбираем на оси заготовки у торца детали.

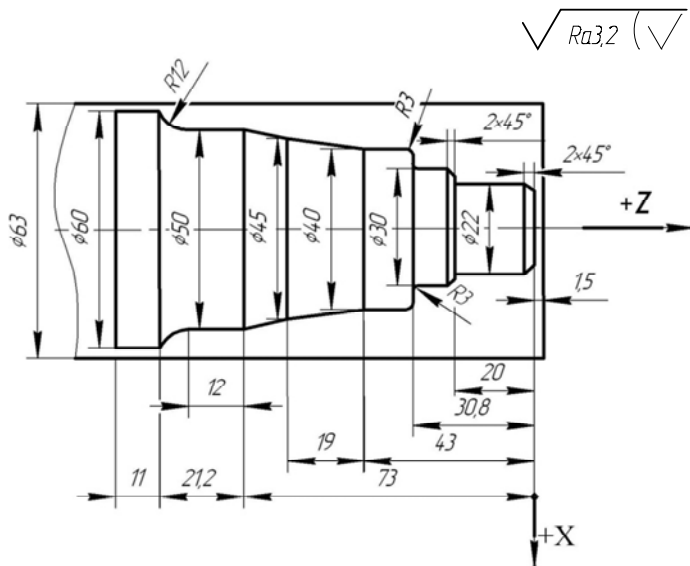


Рис. 5.5. Эскиз вала

Программа имеет следующий вид:

N1 F0.25 S2 560 T1 ПС
 N2 X66 Z0 E ПС
 N3 L05 X0 ПС Постоянный цикл обработки торца
 N4 X63 ПС
 N5 L08 A1 P2 ПС Цикл многопроходной обработки
 N6 X22 C2 ПС
 N7 Z-20 ПС
 N8 X30 C2 ПС
 N9 Z-30.8 Q3 ПС
 N10 X40 Q3 ПС
 N11 Z-43 ПС
 N12 X45 W-19 ПС
 N13 X50 Z-73 ПС
 N14 W-12 ПС
 N15 X60 W-9.2 R-12 ПС
 N16 W-15 M17 ПС

N17 F0.1 S2 900 T2 ПС
 N18 X24 Z0 E ПС
 N19 X18 ПС
 N20 L10 B6 ПС Цикл чистовой обработки
 N21 F0.05 S2 450 T3 ПС
 N22 X64 Z-109.2 E ПС
 N23X0 ПС Отрезание детали
 N24X70 E ПС
 N25M02 ПС

Таблица 5.6

Подача инструмента на токарных станках, мм/об.

Вид обработки	Шероховатость, мкм	Радиус при вершине резца, мм			
		0,4	0,8	1,2	1,6
Черновое точение	Ra25	0,47	0,66	0,81	0,94
Получистовое точение	Ra12,5	0,35	0,51	0,63	0,72
	Ra6,3	0,25	0,33	0,42	0,49
Чистовое точение	Ra3,2	0,15	0,2	0,25	0,29
	Ra1,6	0,1	0,13	0,16	0,19

Таблица 5.7

Скорость резания при обработке стали ($\sigma_b = 630-700$ МПа) на токарных станках, м/мин

Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об.										
	0,14	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
1	214	200	180	164	154	144	136	130	124	118	114
2	188	174	160	146	136	128	120	114	108	104	100
4	166	155	140	130	122	114	107	102	97	92	88

Примечание. Материал инструмента для обработки сталей – Т15К6.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит токарный станок 16К20Ф3С32?
2. Как построен кадр управляющей программы?
3. Из каких составляющих состоит слово управляющей программы и что они означают?
4. Под какими адресами в управляющей программе задаются команды?
5. Как программируется обработка галтелей, фасок, дуг?
6. Какие постоянные циклы реализуются в УЧПУ 2Р22 и какими параметрами они задаются?
7. Какие вспомогательные и подготовительные функции используются в УЧПУ 2Р22?

Лабораторная работа № 6

ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 1К341

Цель работы: изучить устройство, кинематику токарно-револьверного станка и особенности обработки на нем деталей.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Токарно-револьверный станок модели 1К341.
2. Набор инструментальных державок, втулок.
3. Режущий инструмент.
4. Штангенциркуль.

Задание

1. Ознакомиться с общим устройством, кинематической схемой и основными узлами станка.
2. Записать уравнения кинематического баланса цепей станка.
3. Разработать последовательность обработки детали на токарно-револьверном станке согласно варианту (табл. 6.1, 6.2).
4. Составить перечень режущего инструмента, пользуясь справочной литературой, державок и втулок (прил. А), необходимых для обработки заданной детали.
5. Выбрать режимы резания, используя справочники по расчету режимов резания и прил. Б, рассчитать основное время.
6. Оформить сводный протокол.
7. Под руководством лаборанта произвести обработку детали на токарно-револьверном станке.

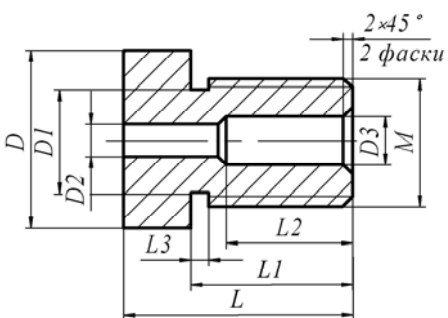
Таблица 6.1

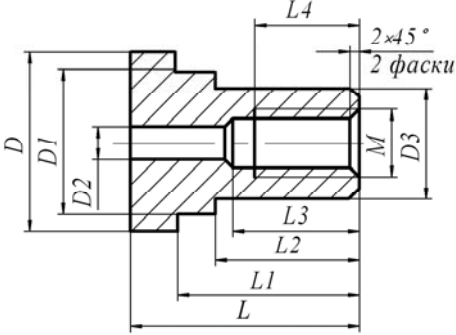
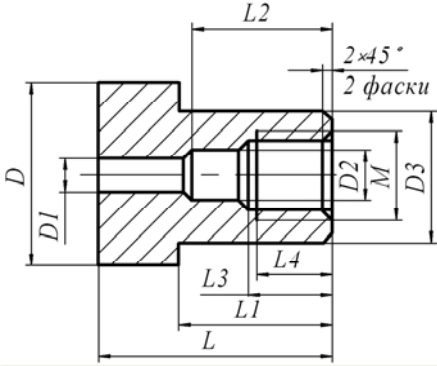
Индивидуальные задания

Вариант	Эскиз (см. табл. 6.2)	Размеры, мм									
		<i>D</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>
1	1	22	14	5,2	8,5	M16	25	18	8	3	–
2	2	32	25	8,5	20	M12	48	42	30	25	20
3	3	30	5,5	7,5	26	M16	32	28	24	16	10
4	1	26	18	9,5	12,5	M20	42	28	16	3	–
5	2	30	24	7,2	19	M10	46	34	28	22	18
6	3	32	8,5	11	24	M16	46	36	34	24	18
7	1	24	10	4,2	5,8	M12	28	22	10	4	–
8	2	34	30	12	24	M16	48	42	32	26	20
9	3	36	6,8	8,5	28	M12	46	38	35	30	24
10	1	22	12	5,4	7,0	M16	35	26	14	4	–
11	2	32	28	8,0	22	M16	40	28	22	20	16
12	3	34	4,7	7,8	28	M10	35	28	24	18	14
13	1	25	16	8,3	11,2	M20	22	15	9	3	–
14	2	28	23	6,4	20	M10	38	26	22	16	12
15	3	35	7,2	12	28	M16	50	38	36	25	20

Таблица 6.2

Эскизы деталей

<p>Эскиз 1 Заготовка – пруток $\varnothing 28$ мм Сталь 20</p>	 <p>The drawing shows a shaft with four distinct diameters: D (outermost), $D1$, $D2$, and $D3$ (innermost). The total length is L. The lengths of the sections are $L1$, $L2$, and $L3$. The diameter $D3$ section has a length M. Both ends of the shaft are chamfered with a $2 \times 45^\circ$ angle, labeled as "2 фаски".</p>
---	--

<p>Эскиз 2 Заготовка – пруток $\varnothing 35$ мм Сталь 45</p>	
<p>Эскиз 3 Заготовка – пруток $\varnothing 38$ мм Латунь</p>	

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- название и цель работы;
- перечень применяемых оборудования, приспособлений, инструмента;
- уравнения кинематического баланса цепи главного движения и цепей подач;
- эскиз детали с исходными данными из задания;
- сводный протокол с сопровождающими его расчетами. Пример оформления протокола приведен в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Сводный протокол

Содержание перехода	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент	t , мм	S , мм/об.	v , м/мин	n , мин ⁻¹	$L_{рез}$, мм	$L_{р.х.}$, мм	t_0 , мин
Подать пруток до упора		Упор 6070-0006							
Центровать торец	Сверло спиральное короткое $\varnothing 9,5$ мм	Патрон цанговый 6151-0051, цанга 6113-0830	4	0,06	29,6	1180	4	4	0,06
Сверлить отверстие $\varnothing 7,2$ мм на длину 22 мм	Сверло спиральное $\varnothing 7,2$ мм	Патрон цанговый 6151-0051, цанга 6113-0822	3,6	0,06	26,6	1180	22	24	0,34
Точить поверхность $\varnothing 12$ мм на длину 20 мм	Резец державочный для прямого крепления из быстрореж. стали, $\varphi = 90^\circ$, $h \times b = 16 \times 16$ мм	Державка 6504-0017	1,5	0,03	30,1	800	20	23	0,83

Устройство и техническая характеристика токарно-револьверного станка 1К341

Токарно-револьверный станок модели 1К341 (рис. 6.1) предназначен для обработки деталей из прутка и штучных заготовок в условиях серийного и мелкосерийного производства.

На станке можно выполнять обтачивание, растачивание деталей, обработку внутренних и наружных канавок, сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы плашками, метчиками и с помощью резьбонарезного устройства. При помощи специального копировального устройства на токарно-револьверном станке обтачивают конические поверхности. Точность обработки деталей по длине составляет 0,12–0,14 мм, по диаметру – 8-й квалитет точности.

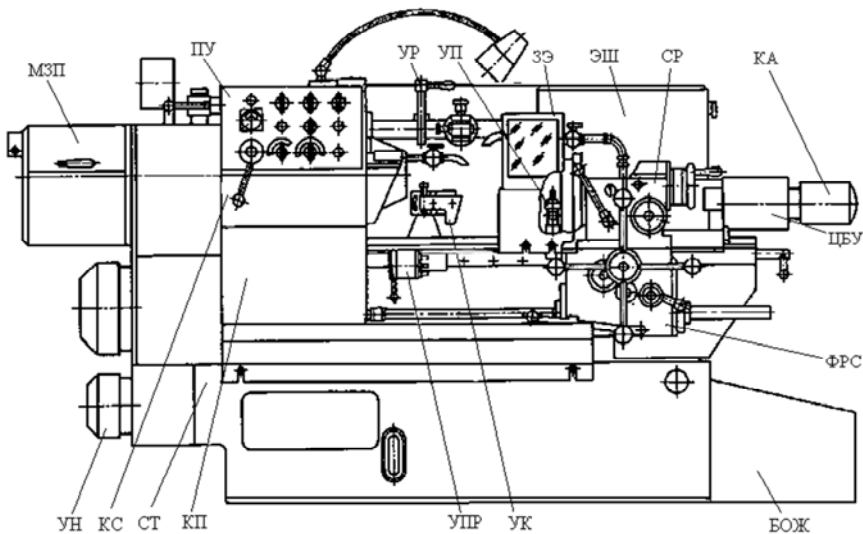


Рис. 6.1. Внешний вид токарно-револьверного станка модели 1К341:

СТ – станина; КС – коробка скоростей; КП – коробка подач; УН – установка насосная; МЗП – механизм зажима и подачи материала; ПУ – панель управления; УР – устройство резьбонарезное; УП – упор поперечный для ограничения поворота револьверной головки; ЗЭ – защитный экран; ЭШ – электросилового шкафа; СР – суппорт револьверный; КА – командоаппарат; ЦБУ – центральный барабан упоров; ФРС – фартук револьверного суппорта; БОЖ – бачок для охлаждающей жидкости; УК – устройство копировальное; УПР – упор продольный

Станок оснащен 16-позиционной револьверной головкой с горизонтальной осью вращения (рис. 6.2). Инструментальные державки устанавливаются в гнезда головки, имеющие посадочный диаметр 30 мм, и в сдвоенное гнездо с диаметром 40 мм.

Для ограничения круговой подачи револьверной головки используется выдвижной жесткий упор 5 (рис. 6.3), корпус 4 которого закреплен на салазках суппорта. На торце револьверной головки закреплен кронштейн 3, в который завинчен упорный винт 1, стопорящийся гайкой 2. Этот поперечный упор используется при обточке наружных поверхностей или расточке отверстий с высокой точностью, а также при прорезке канавок.

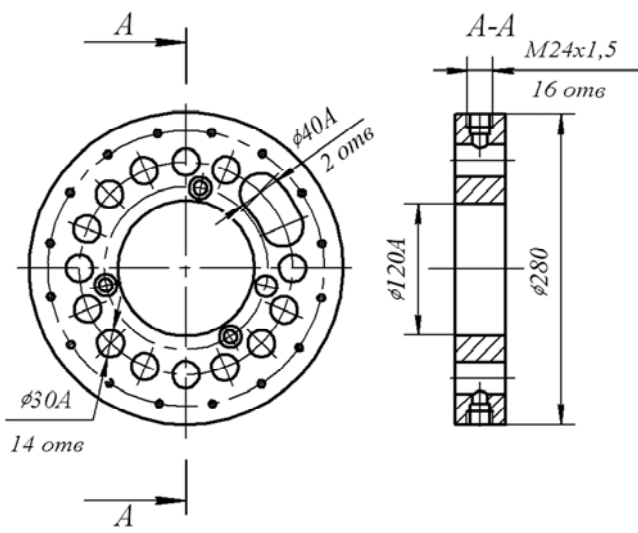


Рис. 6.2. Револьверная головка

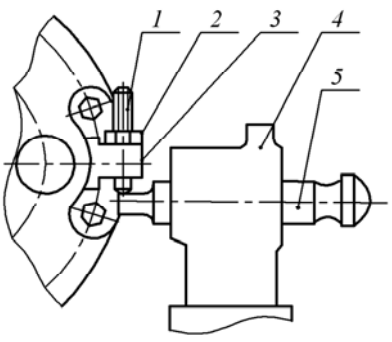


Рис. 6.3. Ограничитель круговой подачи револьверной головки

Для повышения производительности обработки и удобства обслуживания предусмотрено программное переключение частоты вращения шпинделя и подачи при смене позиций револьверной головки. Переключение осуществляется легко переналаживаемым командоаппаратом, управляющим электромагнитными муфтами коробки скоростей и подач. Револьверная головка 1 (рис. 6.4) установлена на валу, на правом конце которого закреплен барабан 2 с восемью упорами 3, оснащенными регулируемыми упорными

винтами. С барабаном 2 упоров связан барабан командоаппарата 4, имеющий шестнадцать продольных пазов, соответствующих шестнадцати позициям revolverной головки. В каждом пазу находится по два передвигжных кулачка 5, фиксируемых шариками и пружинами. В корпусе 6 командоаппарата, закрепленном на салазках revolverного суппорта, находятся конечные выключатели 7, включающие электромагнитные муфты коробки скоростей и подачи. При повороте revolverной головки синхронно поворачивается командоаппарат, и кулачки воздействуют на соответствующие конечные выключатели, включая ту или иную муфту коробок скоростей и подачи.

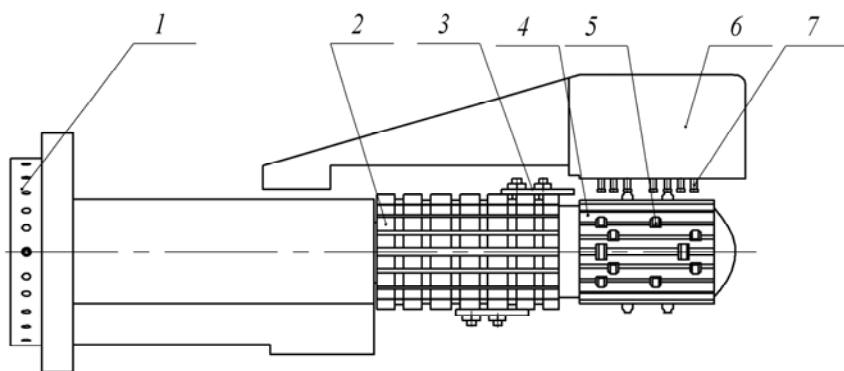


Рис. 6.4. Схема revolverного суппорта и командоаппарата

Подача и зажим прутка осуществляется гидравлическим механизмом. Для обработки штучных заготовок на станке предусмотрена возможность установки трехкулачкового патрона. Со станком поставляется также комплект резцедержателей, державок и втулок для крепления режущего инструмента.

Техническая характеристика станка представлена ниже.

Наибольший диаметр прутка, мм	40
Диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Расстояние от торца шпинделя до revolverной головки, мм:	
– наименьшее	82
– наибольшее	630

Высота оси шпинделя над станиной, мм	200
Количество скоростей шпинделя в двух диапазонах: – прямого вращения – обратного вращения	8 4
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹ : – прямого вращения – обратного вращения	60–2000 60–265
Пределы подач, мм/об.: – продольных – поперечных	0,03–2 0,02–0,6

Кинематическая схема станка 1К341

Кинематика станка (рис. 6.5) состоит из следующих кинематических цепей:

- главного движения;
- продольных подач револьверного суппорта;
- поперечных (круговых) подач револьверной головки;
- вращения резьбового копира.

Главное движение осуществляется шпинделем станка с заготовкой.

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи имеют вид

$$n \text{ об. эл. двигателя} \rightarrow n \text{ об. шпинделя.}$$

Вал электродвигателя вращается с частотой $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$.

Уравнение кинематического баланса записывается в следующем виде:

$$1450 \cdot \frac{29}{46} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{60}{48} \\ \frac{46}{62} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{22}{85} \\ \frac{72}{35} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{23}{67} \\ \frac{41}{48} \end{array} \right\} = n_{\text{шп}}.$$

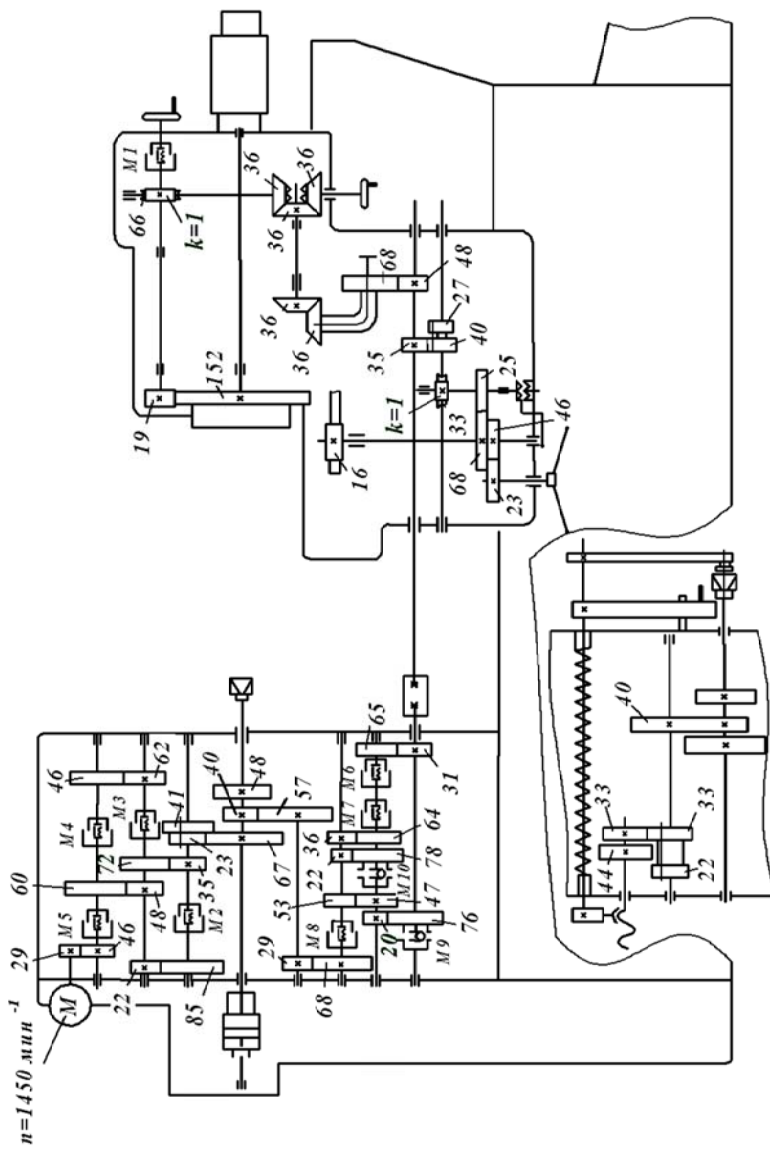


Рис. 6.5. Кинематическая схема токарно-револьверного станка модели 1К341

Коробка скоростей станка обеспечивает восемь частот вращения шпинделя. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется включением электромагнитных муфт M_2 , M_3 , M_4 , M_5 в определенной комбинации вручную с помощью переключателей на панели управления или автоматически с помощью командоаппарата при смене позиции револьверной головки.


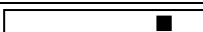

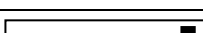
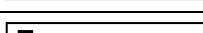

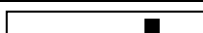

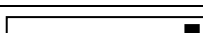
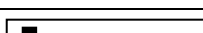
Коробка скоростей имеет два диапазона частоты вращения шпинделя, получаемые с помощью смещения двухвенцового блока зубчатых колес $Z = 23$, $Z = 41$.

Торможение шпинделя осуществляется одновременным включением электромагнитных муфт M_2 и M_3 при выключенных остальных муфтах (электродвигатель в данном случае продолжает вращаться).

Установка различных частот вращения шпинделя осуществляется переключением рукоятки диапазонов скоростей и смещением кулачков на барабане командоаппарата (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Частоты вращения шпинделя

Диапазон	Номер ступени	Положение рукоятки переключения диапазонов скоростей	Положение кулачков на барабане командоаппарата	Частота вращения шпинделя, мин^{-1}	
				Прямое вращение	Обратное вращение
I	1			800	
	2			475	
	3			100	100
	4			60	60
II	1			2000	
	2			1180	
	3			265	265
	4			150	150

Движение подач. Цепь продольных подач связывает вращение шпинделя с продольным перемещением суппорта с револьверной головкой.

Расчетные перемещения конечных звеньев имеют вид

$$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow S_{\text{пр}}, \text{ мм/об.}$$

Движение продольной подачи настраивается из условия, что за один оборот шпинделя с заготовкой револьверный суппорт с режущим инструментом переместится на величину продольной подачи $S_{\text{пр}}$.

Уравнение кинематического баланса цепи продольных подач:

$$1 \cdot \frac{40}{57} \cdot \frac{29}{68} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{53}{47} \\ \frac{22}{78} \\ \frac{36}{64} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{20}{76} \\ \frac{65}{31} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{35}{40} \\ \frac{48}{27} \end{array} \right\} \cdot \frac{1}{33} \cdot \frac{25}{68} \cdot 16 \cdot 3 \cdot 3,14 = S_{\text{пр}}.$$

Коробка подач имеет три электромагнитные муфты M_6, M_7, M_8 , которые в сочетании с двумя обгонными муфтами M_9, M_{10} обеспечивают шесть автоматически переключаемых командоаппаратом продольных подач или переключаемых вручную переключателем, расположенным на панели управления.

Поперечная (круговая) подача. Цепь поперечных подач связывает вращение шпинделя с медленным вращением револьверной головки с режущим инструментом:

$$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow S_{\text{поп.}}$$

Уравнение кинематического баланса будет иметь вид


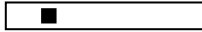
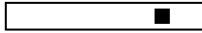
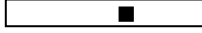


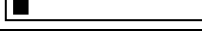

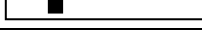
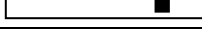
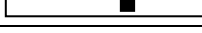

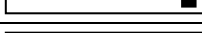
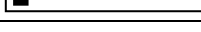
$$1 \cdot \frac{40}{57} \cdot \frac{29}{68} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{53}{47} \\ 22 \\ \frac{78}{78} \\ \frac{36}{64} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{20}{76} \\ \frac{65}{31} \end{array} \right\} \cdot \frac{48}{68} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{1}{66} \cdot \frac{19}{152} \cdot 3,14 \cdot D = S_{\text{поп}},$$

где D – диаметр револьверной головки по осям отверстий, в которых крепятся инструментальные державки; $D = 200$ мм.

Положение рукоятки на фартуке и кулачков на барабане командоаппарата в зависимости от выбранной продольной и поперечной подач представлено в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Продольные и поперечные подачи суппорта

Положение рукоятки на фартуке	Положение кулачков на барабане командоаппарата	Подача, мм/об.	
		Продольная	Поперечная
		1	0,6
		0,5	0,3
		0,25	0,15
		0,12	0,08
		0,06	0,04
		0,03	0,02
		2	0,6
		1	0,3
		0,5	0,15
		0,25	0,08
		0,12	0,04
		0,06	0,02

В фартуке револьверного суппорта имеется предохранительное устройство, которое выключает механическую продольную подачу, когда суппорт дойдет до упора, установленного в зависимости от необходимой длины обрабатываемой поверхности детали.

Включение механической поперечной (круговой) подачи осуществляется электромагнитной муфтой M_1 .

Ручное продольное перемещение револьверного суппорта осуществляется рукояткой (штурвалом) по цепи: $Z = 23$, $Z = 46$ и далее на реечную передачу с числом зубьев реечного колеса $Z = 16$.

Ручная поперечная (круговая) подача револьверной головки осуществляется маховиком через конические передачи $Z = 36$, $Z = 36$, $Z = 36$, червячную передачу с числом заходов червяка $k = 1$ и числом зубьев червячного колеса $Z = 66$ и цилиндрическую передачу с колесами $Z = 19$ и $Z = 152$ при включенной электромагнитной муфте M_1 .

Привод резьбонарезного устройства. Откидное резьбонарезное устройство предназначено для нарезания наружной и внутренней резьбы резцами или гребенками по копиру. От шпинделя вращение передается через зубчатые колеса $Z = 40$, $Z = 40$ и передвижной блок сменному копиру. При вводе в зацепление колес $Z = 33$ и $Z = 33$ копир совершает один оборот за один оборот шпинделя. Шаг нарезаемой резьбы будет равен шагу сменного копира. Зацепление колес $Z = 22$ и $Z = 44$ обеспечивает половину оборота копира за один оборот шпинделя. Шаг нарезаемой резьбы в этом случае равен половине шага копира.

На резьбовой копир набрасывается резьбовая губка, которая при вращении копира передает продольное перемещение инструменту.

Обработка деталей на токарно-револьверных станках

Благодаря совмещению в одной операции нескольких переходов и применению многоинструментальной обработки на токарно-револьверных станках осуществляют разнообразную многопереходную обработку деталей вместо раздельного исполнения тех же переходов на токарных, сверлильных и других станках.

Обтачивание и растачивание цилиндрических поверхностей на токарно-револьверных станках осуществляется резцами, установленными в специальных державках. Отверстия можно обрабатывать также сверлами, зенкерами и другим осевым инструментом.

Инструмент устанавливается в револьверную головку при помощи различных втулок жестко, кроме разверток, для которых предусмотрены маятниковые державки.

Сверление рекомендуется производить в начале обработки заготовки. Сверление отверстий выполняют перед продольным обтачиванием. При совмещении этих двух операций сверление надо начинать раньше, чтобы его глубина опережала длину точения проходным резцом. Для получения точных отверстий и при глубине отверстия более трех диаметров необходимо предварительно зацентрировать заготовку центровочным сверлом или специальным резцом.

Торцы подрезают резцами при поперечной (круговой) подаче револьверной головки. Аналогично производят обработку канавок и отрезание деталей.

При одновременной обработке несколькими инструментами не рекомендуется совмещать черновые и чистовые переходы.

Для рационального использования револьверной головки ее можно оснастить дублирующим комплектом режущего инструмента, что позволяет повторить цикл обработки за один полный оборот головки и получить дополнительно еще одну деталь.

Пример обработки детали представлен на рис. 6.6.

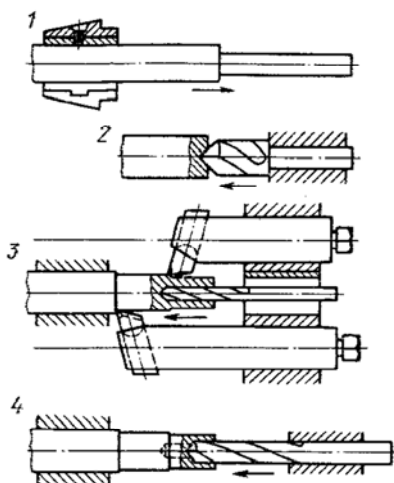


Рис. 6.6. Схема обработки детали:

1 – подача прутка до упора; 2 – центрирование; 3 – обтачивание двух поверхностей и сверление; 4 – рассверливание отверстия

Токарно-револьверные станки оснащаются комплектом вспомогательного инструмента, основные виды и технические характеристики которого приведены в прил. А.

Подача прутка механизмом автоматической подачи и зажима осуществляется до упора (табл. А1).

Для закрепления резцов, сверл, державок и другого инструмента непосредственно в гнездах револьверной головки применяются различные втулки.

Переходная втулка с ограничительным буртиком и отверстием с конусом Морзе (табл. А2) используется для крепления инструмента с коническим хвостовиком в цилиндрических гнездах револьверной головки. В хвостовой части втулки предусмотрен паз для съема инструмента.

Втулки зажимные цилиндрические с эксцентрично расположенным отверстием (табл. А3, А4) используются для крепления круглых резцов и державок при продольной и поперечной обточке деталей. Втулки с эксцентрически расположенным отверстием имеют на торце два вспомогательных отверстия под специальный ключ и могут быть повернуты в гнезде револьверной головки, позволяя этим выставить резцы на диаметральный размер или по центру.

Втулки зажимные с наклонно расположенным цилиндрическим отверстием (табл. А5) используются для закрепления подрезных круглых резцов в тех случаях, когда при наладке не представляется возможным применить обычные втулки с центрально расположенным отверстием. Два отверстия на торце втулки позволяют, применяя специальный ключ, поворот втулки при настройке.

Втулки зажимные для сдвоенных гнезд (табл. А6) имеют по длине радиусную выточку. Это позволяет установить такую втулку в комплекте с обычной в продолговатом гнезде револьверной головки, превратив его, таким образом, в нормальное цилиндрическое отверстие. В две рядом расположенные втулки можно установить резцы круглого сечения, обеспечивая в этом случае одновременную обработку в детали отверстия и фаски. Используя втулку с выточкой в продолговатом гнезде для закрепления державки с резцом, можно также вести наружную обточку длинных деталей. Втулки выполняются двух видов: с эксцентрично расположенным цилиндрическим отверстием и со смещенным цилиндрическим отверстием. Эти втулки применяют для крепления фасочных резцов.

Цанговые патроны и зажимные цанги (табл. А7, А8) используются для крепления в револьверной головке осевого инструмента с цилиндрическим хвостовиком.

Крепление призматических резцов в револьверных головках осуществляется с помощью различных державок. Расточные державки с прямым креплением резца (табл. А9) предназначены для растачивания сквозных отверстий и кольцевых канавок, а державки с косым креплением (табл. А9, А10) – для растачивания глухих и ступенчатых отверстий. Державки могут быть использованы и для продольного наружного точения.

Открытые хвостовые державки (табл. А11) имеют в хвостовике болт, с помощью которого державки плотно поджимаются к торцу револьверной головки, после чего закрепляются обычным способом. Державки обладают увеличенной жесткостью и вибростойкостью, что важно при работах методом врезания. Однако применение их часто ограничивается размерами рабочего пространства при размещении державок в соседних гнездах головки. Державки предназначены для проходных, подрезных и врезных работ. При выборе державок следует иметь в виду, что косое крепление резца позволяет при продольном и поперечном точении близко подойти к торцу детали. Кроме того, державки с косым креплением резцов по сравнению с державками, имеющими прямое крепление, имеют большую жесткость.

В табл. А12 приводятся конструкция и основные параметры державок для отрезных пластинчатых резцов.

Для крепления плашек и метчиков используются специальные втулки, которые в свою очередь устанавливаются в патроны (табл. А13 и А14).

Выбор режимов резания

Режимы резания выбирают в следующем порядке:

- устанавливают глубину резания, исходя из имеющегося припуска на обработку и условий выполнения ее с наименьшим числом рабочих ходов;
- определяют допустимую подачу для черновой обработки с учетом допустимых прогибов заготовки;

– определяют подачу для чистовой обработки, исходя из требуемой шероховатости, геометрии инструмента, материала заготовки и т. д.;

– устанавливают допустимую скорость резания, исходя из выбранных глубины резания и подачи, мощности станка, материала заготовки, материала инструмента, геометрии инструмента и его стойкости.

Рекомендуемые значения подачи и скорости резания приведены в прил. Б.

При совмещении нескольких переходов режимы резания назначаются по лимитирующему инструменту (работающему в более тяжелых условиях).

Расчет основного времени осуществляется по формуле

$$t_o = \frac{L_{p.х.}}{Sn}, \text{ мин,}$$

где $L_{p.х.}$ – длина рабочего хода, мм;

S – подача, мм/об.;

n – частота вращения шпинделя, мин^{-1} .

$$L_{p.х.} = l_{рез} + l_{п},$$

где $L_{рез}$ – длина резания, мм;

$l_{п}$ – величина врезания, подвода и перебега, мм.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение токарно-револьверных станков?
2. Из каких основных узлов состоит токарно-револьверный станок?
3. Покажите на кинематической схеме цепи главного движения, продольной и поперечной подач револьверной головки.
4. Каким образом производится установка и переключение режимов резания?
5. Как осуществляется на станке ограничение длины рабочего хода суппорта и выключение продольной подачи?
6. Как устанавливается инструмент в револьверную головку?
7. Как на станке обрабатываются конические поверхности?

Лабораторная работа № 7

УСТРОЙСТВО ШИРОКОУНИВЕРСАЛЬНОГО КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ FU350MRApUG И НАСТРОЙКА ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Цель работы: ознакомиться с устройством и кинематикой широкоуниверсального консольно-фрезерного станка и настройкой универсальной делительной головки для выполнения различных видов работ.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок модели FU350MRApUG.
2. Универсальная делительная головка УДГ Д-250 с задней бабкой.
3. Набор сменных зубчатых колес.
4. Дисковая фреза.

Задание

1. Изучить устройство и кинематическую схему широкоуниверсального консольно-фрезерного станка.
2. Ознакомиться с назначением, устройством и кинематикой универсальной делительной головки, рассмотреть различные методы деления окружности заготовок на части.
3. Ознакомиться с настройкой фрезерного станка и делительной головки для нарезания винтовых канавок.
4. Выполнить расчеты по настройке УДГ в соответствии с индивидуальным заданием (табл. 7.1).
5. По расчетам одного из вариантов произвести настройку станка и делительной головки на обработку винтовой канавки.

Таблица 7.1

Индивидуальные задания

Вариант	Задание 1	Задание 2	Задание 3	
	Число делений на окружности заготовки z	Число делений на окружности заготовки z	Шаг нарезаемой винтовой канавки T , мм	Направление канавки
1	9	61	200	Правая
2	11	63	210	Левая
3	13	67	220	Левая
4	14	69	231	Левая
5	15	71	240	Правая
6	18	73	250	Правая
7	22	77	264	Правая
8	30	79	270	Левая
9	25	81	280	Левая
10	26	83	300	Левая
11	27	87	320	Правая
12	32	89	330	Левая
13	34	91	350	Правая
14	35	93	360	Правая
15	36	97	375	Левая

Примечание. Диаметр заготовки задается преподавателем в пределах 40–60 мм.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- название и цель лабораторной работы;
- перечень оборудования, приспособлений и инструментов;
- индивидуальное задание;
- уравнения кинематического баланса цепей главного движения и подач широкоуниверсального горизонтально-фрезерного станка;
 - кинематическую схему универсальной делительной головки;
 - расчеты настройки делительной головки для деления окружности заготовки на число частей в соответствии с заданием, схему установки зубчатых колес гитары дифференциала;

– кинематическую схему универсальной делительной головки при нарезании винтовой канавки и расчеты ее настройки в соответствии с заданием, схему установки колес гитары.

Устройство и техническая характеристика широкоуниверсального консольно-фрезерного станка

Широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки предназначены для фрезерования плоских поверхностей, пазов, канавок, уступов, фасонных поверхностей. Используя универсальные делительные головки, на станках можно обрабатывать многогранники, прямозубые и косозубые зубчатые колеса методом копирования, развертки, муфты и другие детали. Устройство станка представлено на рис. 7.1.

Техническая характеристика широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели FU350MRApUG представлена ниже.

Класс точности станка	Н
Предельные размеры устанавливаемой заготовки, мм:	
– длина	1250
– ширина	315
– высота	500
Наибольшее перемещение стола, мм:	
– продольное	850
– поперечное	270
– вертикальное	500
Наибольший угол поворота стола, град.	±45
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹ :	
– горизонтального	28–1400
– универсальной фрезерной головки	56–2500
Пределы подачи стола, мм/мин:	
– продольных	16–800
– поперечных	16–800
– вертикальных	2–250
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	5,5

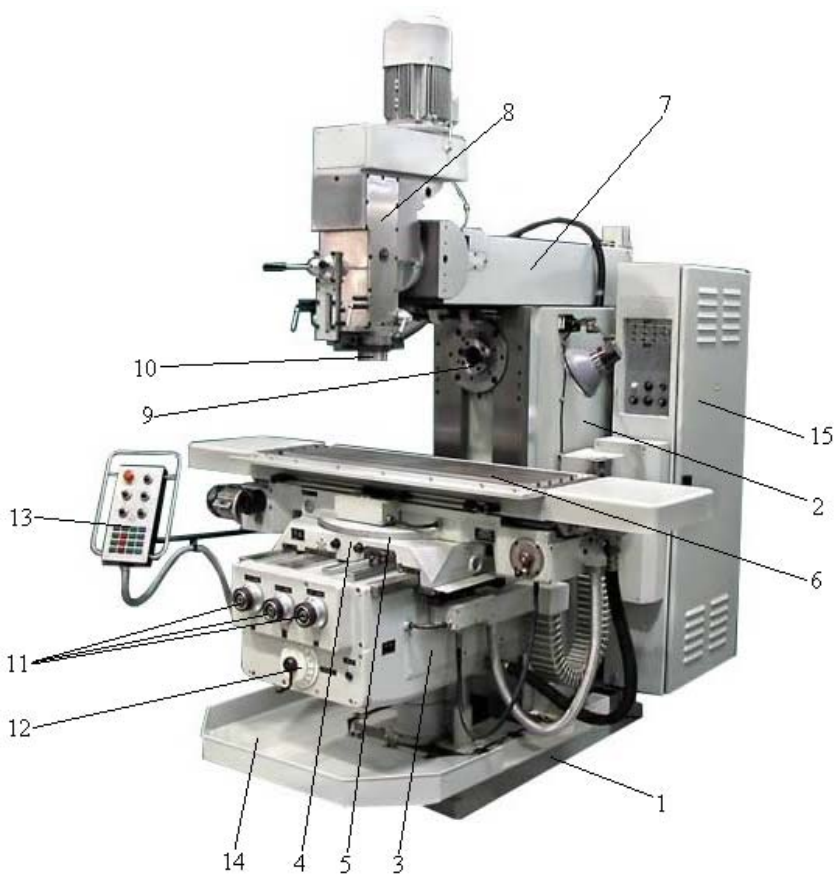


Рис. 7.1. Внешний вид станка:

1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – консоль; 4 – поперечные салазки; 5 – поворотная плита; 6 – стол; 7 – хобот; 8 – универсальная фрезерная головка; 9 – горизонтальный шпиндель; 10 – вертикальный шпиндель; 11 – рукоятки ручного перемещения по осям X , Y , Z ; 12 – механизм переключения подач; 13 – пульт управления; 14 – поддон для сбора СОЖ; 15 – шкаф с электрооборудованием

Кинематика станка

Кинематическая схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели FU350MRApUG приведена на рис. 7.2. Она состоит из цепей главного движения горизонтального и вертикального шпинделей, цепей продольной, поперечной и вертикальной подачи.

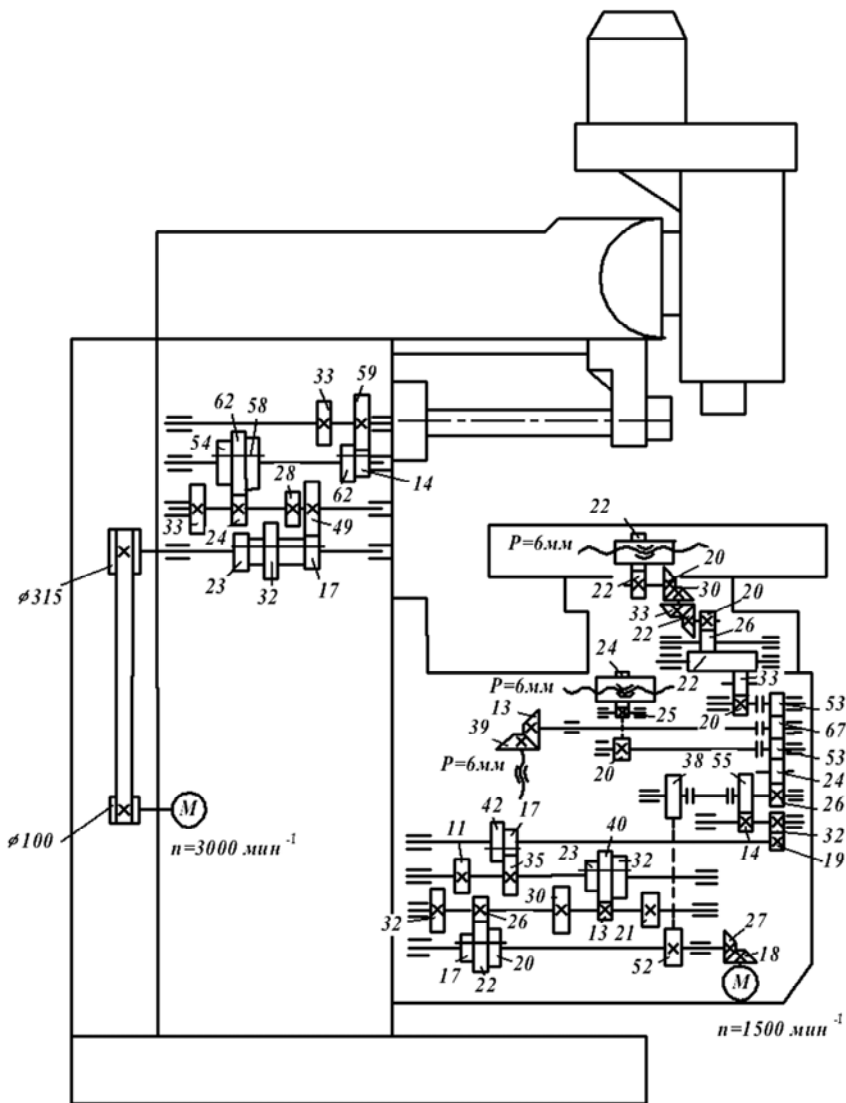


Рис. 7.2. Кинематическая схема станка модели FU350MRAPUG

Цепь главного движения. Расчетные перемещения цепи главного движения горизонтального и вертикального шпинделей:

n об. эл. двигателя $\rightarrow n$ об. шпинделя.

Горизонтальный шпиндель имеет 18 частот вращения. Уравнение кинематического баланса цепи имеет следующий вид:

$$3000 \cdot \frac{100}{315} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{32}{24} \\ \frac{23}{33} \\ \frac{17}{49} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{33}{54} \\ \frac{28}{58} \\ \frac{24}{62} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{62}{33} \\ \frac{14}{59} \end{array} \right\} = n_{\text{шп.}}$$

Привод вертикального шпинделя обеспечивает ему 12 частот вращения.

Цепи подач. Они обеспечивают продольное, поперечное и вертикальное перемещение заготовки. Движение подачи осуществляется от отдельного электродвигателя. Расчетные перемещения цепи продольных, поперечных и вертикальных подач имеют одинаковый вид:

$$n \text{ об. эл. двигателя} \rightarrow S, \text{ мм/мин.}$$

Величина подачи настраивается коробкой подач. От коробки подач вращение передается через ряд кинематических пар ходовым винтам продольной, поперечной и вертикальной подач. Частоты вращения выходного вала коробки подач можно определить из следующей формулы:

$$1500 \cdot \frac{18}{27} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{22}{26} \\ \frac{20}{30} \\ \frac{17}{32} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{30}{23} \\ \frac{21}{32} \\ \frac{13}{40} \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{35}{17} \\ \frac{11}{42} \end{array} \right\} = n_{\text{к. п.}}$$

Включение продольной, поперечной и вертикальной подач осуществляется соответствующей муфтой. Ускоренное движение рабо-

чих органов станка осуществляется цепью с зубчатой передачей $\frac{52}{38}$, минуя коробку подач.

Назначение и устройство универсальной делительной головки

Универсальная делительная головка при работе на универсально-фрезерном станке используется для выполнения двух основных функций: во-первых, для деления окружности обрабатываемой заготовки на равные (в некоторых случаях неравные) части, и, во-вторых, для обеспечения вращательного движения заготовке в процессе фрезерования на ней винтовых канавок. Делительные головки используют при изготовлении сверл, зенкеров, разверток, фрез, фрезерования цилиндрических и конических зубчатых колес, фрезерования торцов зубчатых муфт, кулачков и других различных деталей. Обработку деталей при помощи делительных головок производят в центрах, в патроне или на оправке.

Техническая характеристика универсальной делительной головки УДГ Д-250 представлена ниже.

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	250
Угол поворота шпинделя в вертикальной плоскости, град.: – вниз от линии центров – вверх от линии центров	Не менее 5 Не менее 95
Конус шпинделя	Морзе № 4
Передаточное отношение червячной пары	1 : 40
Число отверстий делительного диска: – на одной стороне – на другой стороне	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54
Число зубьев сменных колес	25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100

Делительную головку устанавливают на стол фрезерного станка и крепят к нему болтами. На опорной плоскости основания головки имеются два пригнанных параллельно шпинделю сухаря, которые обеспечивают параллельность оси шпинделя головки и направляющих стола станка. Общий вид делительной головки представлен на рис. 7.3.

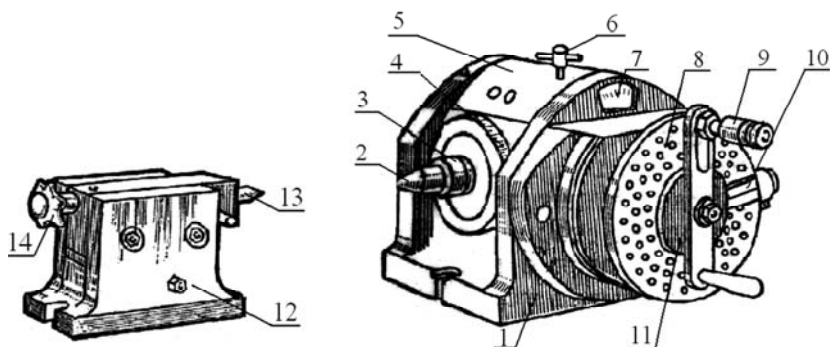


Рис. 7.3. Универсальная делительная головка

Делительная головка состоит из чугунного основания *1*, на котором установлен корпус *5*. Ослабив гайки, можно повернуть корпус головки в вертикальной плоскости на определенный угол. Отсчет углов поворота производится по шкале и нониусу *7*. В корпусе делительной головки находится пустотелый шпиндель. Концы отверстия шпинделя расточены под конус Морзе. С передней стороны в шпиндель устанавливается центр *2*, с задней – оправка для дифференциального деления. Передний конец шпинделя имеет наружную резьбу и центрирующий пояс *3* для установки и крепления трехкулачкового самоцентрирующего патрона или поводкового патрона. На буртике шпинделя расположен лимб *4* для непосредственного деления. В средней части шпинделя находится червячное колесо с круговой выточкой на торце, в которую входит конец зажима *6* для фиксации шпинделя в процессе обработки. Червячное колесо получает вращение от червяка, расположенного в эксцентрической втулке. Червяк может быть введен в зацепление с червячным колесом или выведен из зацепления рычагом (на рис. 7.3

с обратной стороны головки). На боковой стороне делительной головки находится делительный диск 8, имеющий на одной и другой сторонах ряд концентрично расположенных окружностей с глубокими отверстиями. Для обеспечения неподвижности боковой делительный диск может быть зафиксирован фиксатором. Деление осуществляется поворотом приводной планки с рукояткой и фиксатором 9, входящим в отверстия на делительном диске. Фиксатор устанавливается против выбранной окружности на делительном диске. Для облегчения процесса отсчета требуемого числа делений по диску используется раздвижной сектор 11, состоящий из линеек 10. Линейки могут быть повернуты одна относительно другой на любой угол (число промежутков между отверстиями) и зафиксированы между собой.

Длинные заготовки могут поддерживаться задней бабкой 12, пиноль с полуцентром 13 которой перемещается при вращении маховика 14.

Способы деления и настройка делительной головки

Универсальная делительная головка позволяет осуществлять деление непосредственным, простым и дифференциальным способами.

Непосредственное деление осуществляется по лобовому делительному лимбу Л (рис. 7.4), на котором имеются 24 отверстия, расположенные по окружности. Непосредственное деление позволяет разделить окружность заготовки на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 части. Одно деление лобового лимба соответствует 15° . При непосредственном делении червяк выводят из зацепления с червячным колесом, что позволяет поворачивать шпиндель головки с делительным лимбом вручную. После поворота делительный лимб фиксируется фиксатором ϕ_2 . Метод прост и удобен, но его возможности весьма ограничены.

Простое деление выполняется поворотом рукоятки относительно неподвижного бокового делительного диска. Диск зафиксирован фиксатором ϕ_1 .

чается буквой N . Характеристика головки модели УДГ Д-250 $N=40$. Характеристика указывает на то, что для поворота шпинделя головки на один полный оборот рукоятке необходимо совершить 40 оборотов.

Таким образом, для расчета числа оборотов рукоятки при простом делении используют формулу

$$n_p = \frac{N}{z} = A + \frac{m}{p},$$

где A – целое число оборотов рукоятки;

p – число отверстий, имеющих на одной из окружностей делительного диска;

m – число промежутков между отверстиями, на которое надо повернуть рукоятку дополнительно к целым оборотам.

Пример. Определить число оборотов рукоятки делительной головки при фрезеровании зубчатого колеса с числом зубьев $z = 28$.

$$n_p = \frac{N}{z} = \frac{40}{28} = 1 + \frac{12}{28} = 1 + \frac{3}{7} = 1 + \frac{3}{7} \cdot \frac{3}{3} = 1 + \frac{9}{21}.$$

Следовательно, после фрезерования каждой впадины между зубьями нарезаемого зубчатого колеса необходимо рукоятку поворачивать на один полный оборот и дополнительно на девять промежутков между отверстиями по окружности делительного диска с 21 отверстием.

Дифференциальное деление применяется в тех случаях, когда нельзя подобрать число отверстий на окружностях бокового делительного диска, обеспечивающее простое деление. При дифференциальном делении вместо заданного числа делений z принимают близкое к нему большее или меньшее число z_1 , удовлетворяющее условию простого деления. Число оборотов рукоятки относительно делительного лимба рассчитывается по формуле

$$n_1 = \frac{N}{z_1}.$$

Отсчет оборотов рукоятки производится относительно вращающегося бокового делительного диска. Фиксатор ϕ_1 (см. рис 7.4) при этом освобождается. Вращение диска относительно рукоятки необходимо для компенсации внесенной в поворот шпинделя погрешности, равной $\frac{1}{z} - \frac{1}{z_1}$. Вращение делительному диску передается от шпинделя через гитару сменных зубчатых колес, которая рассчитывается по формуле

$$i_{\text{см}} = \frac{ac}{bd} = N \frac{z_1 - z}{z_1}$$

Если $i_{\text{см}}$ положительное, то направление вращения делительного диска совпадает с направлением вращения рукоятки (по часовой стрелке). При отрицательном передаточном отношении диск вращается навстречу вращению рукоятки (против часовой стрелки). Для обеспечения соответствующего направления вращения делительного диска используются паразитные зубчатые колеса (рис. 7.5).

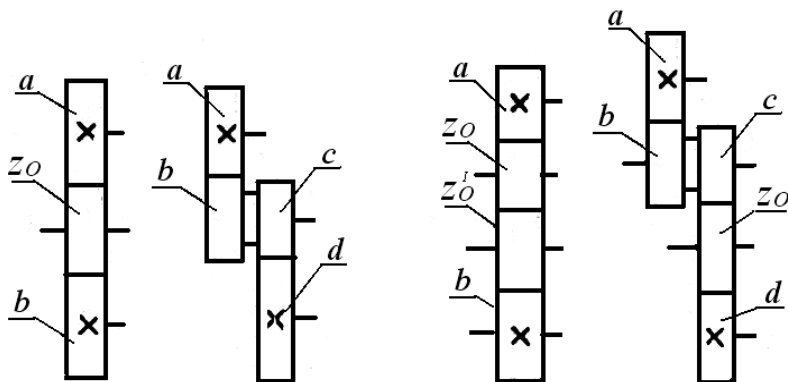


Рис. 7.5. Схемы установки сменных зубчатых колес гитары для дифференциального деления:
 $a - i_{\text{см}} > 0$; $b - i_{\text{см}} < 0$

Пример. Требуется изготовить зубчатое колесо с числом зубьев $z = 127$.

Так как число 127 не позволяет применить простое деление, воспользуемся способом дифференциального деления. Принимаем $z_1 = 120$. Рассчитаем обороты рукоятки:

$$n_1 = \frac{N}{z_1} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = \frac{10}{30}.$$

Передаточное отношение сменных колес гитары

$$i_{\text{см}} = N \frac{z_1 - z}{z_1} = 40 \cdot \frac{120 - 127}{120} = -\frac{7}{3} = -\frac{70}{30}.$$

Таким образом, для поворота заготовки на $\frac{1}{127}$ часть оборота необходимо рукоятку повернуть на 10 промежутков по окружности с 30 отверстиями. Поворот делительного лимба обеспечивается гитарой сменных колес с числом зубьев $a = 70$, $b = 30$. Принимаем однопарную гитару с двумя паразитными колесами (см. рис. 7.5, б).

Фрезерование винтовых канавок

Для фрезерования винтовой канавки необходимо согласование двух движений: вращательного движения заготовки и ее перемещения вдоль оси таким образом, чтобы за один оборот заготовки она переместилась на величину шага винтовой канавки T . Эти движения обеспечиваются ходовым винтом продольной подачи стола фрезерного станка (рис. 7.6).

Поступательное движение заготовка получает вместе со столом станка, а вращательное движение передается на делительную головку через гитару зубчатых колес.

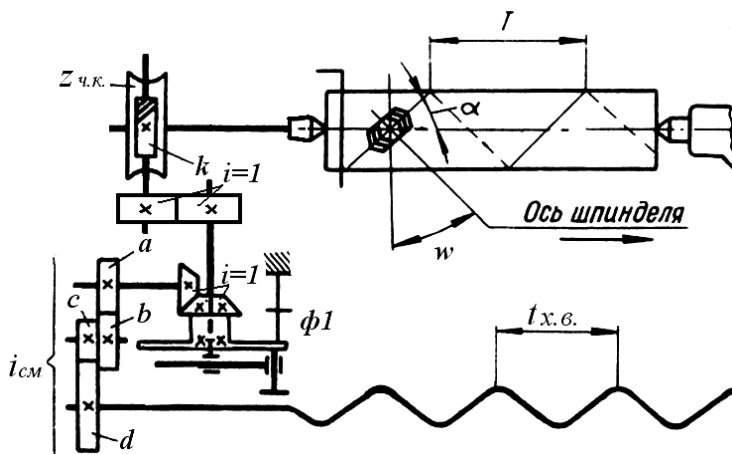


Рис. 7.6. Кинематическая схема делительной головки при нарезании винтовой канавки

Для получения профиля винтовой канавки, соответствующего зубьям фрезы, стол станка должен быть повернут в горизонтальной плоскости на угол наклона винтовой канавки α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi d}{T},$$

откуда

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\pi d}{T},$$

где d – диаметр заготовки, мм.

При повороте стола необходимо учитывать направление винтовой канавки на обрабатываемой заготовке. Для фрезерования правых канавок стол должен быть повернут против часовой стрелки, для обработки левых – по часовой стрелке. Если на заготовке должно быть нарезано несколько канавок, то после фрезерования первой поворот заготовки осуществляют одним из способов деления.

Уравнение кинематического баланса имеет вид

$$1 \text{ об. заг.} \cdot N \cdot i_{\text{ц}} i_{\text{к}} i_{\text{см}} t_{\text{х.в.}} = T,$$

где $i_{ц} = 1$ – передаточное отношение цилиндрической зубчатой передачи;

$i_{к} = 1$ – передаточное отношение конической передачи;

$t_{х.в.}$ – шаг ходового винта продольной подачи стола; для станка FU350MRApUG $t_{х.в.} = 6$ мм.

Для расчета передаточного отношения гитары и подбора колес используется формула

$$i_{см} = \frac{a c}{b d} = \frac{T}{N t_{х.в.}}$$

Схема установки колес гитары для фрезерования правых канавок показана на рис. 7.7, а, левых – на рис. 7.7, б. Колеса $z = 50$ постоянные. Зубчатое колесо z_0 служит для изменения направления вращения и $z_0 \geq 35$.

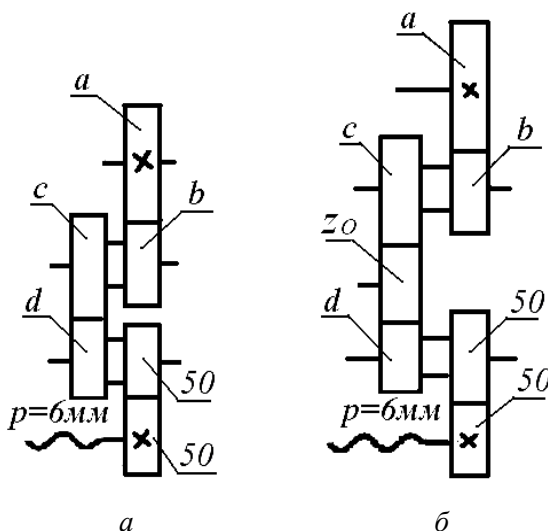


Рис. 7.7. Схемы установки сменных зубчатых колес гитары для нарезания винтовой канавки

Выбранная гитара проверяется на сцепляемость по условиям:
– для фрезерования правых канавок:

$$a + v \geq c + 25;$$

$$c + d \geq b + 55;$$

$$a + b + c + d \geq 260;$$

– для фрезерования левых канавок:

$$a + v \geq c + 25;$$

$$c + d \geq b + 55;$$

$$a + b + c + d \geq 190.$$

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении и устройстве широкоуниверсального консольно-фрезерного станка.
2. Покажите кинематические цепи главного движения и движения подачи.
3. Расскажите о назначении и устройстве универсальной делительной головки.
4. Какие методы деления выполняются с помощью универсальной делительной головки? Какие их возможности?
5. Как осуществляется непосредственное деление?
6. По какой формуле рассчитываются обороты рукоятки при простом делении?
7. Как выполняется простое деление?
8. С какой целью при дифференциальном делении применяется гитара сменных колес и как она рассчитывается?
9. С какой целью применяется гитара сменных колес при нарезании винтовых канавок и как она рассчитывается?
10. Для чего поворачивается стол фрезерного станка при нарезании винтовых канавок и на какой угол?

Лабораторная работа № 8

ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Д711АФ10-1

Цель работы: ознакомиться с устройством и кинематикой станка; подобрать параметры шлифовального круга и режимы шлифования.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Плоскошлифовальный станок модели 3Д711АФ10-1.
2. Шлифовальный круг.
3. Микрометры с диапазоном измерения 0–25 мм и 25–50 мм.

Задание

1. Изучить устройство и кинематику станка.
2. Зарисовать схему плоского шлифования.
3. Подобрать характеристики шлифовального круга для обработки заготовки с заданными свойствами (табл. 8.1).
4. Назначить режимы резания и рассчитать основное время.
5. Под руководством лаборанта по данным расчета произвести шлифование поверхности заготовки.

Таблица 8.1

Индивидуальные задания

№ варианта	Обрабатываемый материал			Размеры заготовки, мм			Припуск с одной стороны, мм	Шероховатость, Ra, мкм
	Марка	Состояние	Твердость	Длина	Ширина	Высота		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сталь 45	з	HRC50	170	50	45 _{-0,025}	0,20	0,32
2	Сталь 45	нз	HB193	120	50	17 _{-0,027}	0,25	0,63
3	12X18H9	з	HRC50	90	40	20 _{-0,033}	0,25	0,63
4	15XФ	з	HRC62	95	50	25 _{-0,033}	0,30	0,63
5	18ХГТ	нз	HB217	150	30	50 _{-0,039}	0,30	0,63
6	40ХС	з	HRC32	100	45	30 _{-0,021}	0,20	0,32
7	СЧ25	нз	HB176	110	50	15 _{-0,027}	0,25	0,63
8	СЧ30	нз	HB250	150	70	50 _{-0,025}	0,30	0,32
9	СЧ20	нз	HB236	130	60	40 _{-0,039}	0,30	0,63

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	12X13	з	HRC45	125	80	45 _{-0,039}	0,25	0,63
11	40XH	з	HRC50	80	50	15 _{-0,018}	0,20	0,32
12	40XH	з	HRC62	140	45	13 _{-0,027}	0,25	0,63
13	20X13	з	HRC45	120	40	30 _{-0,033}	0,25	0,63
14	Сталь 20	нз	HB159	120	75	40 _{-0,039}	0,25	0,63
15	Сталь 60Г	з	HRC50	100	60	18 _{-0,018}	0,30	0,32

Примечание: з – закаленная; нз – незакаленная.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название и цель работы;
- перечень применяемого оборудования и инструментов;
- индивидуальное задание;
- схему плоского шлифования с указанием всех рабочих движений;
- результаты выполненной работы в виде сводного протокола отчета (табл. 8.2). Обоснование выбора характеристик шлифовального круга и расчет режимов резания должны быть даны в тексте отчета.

Таблица 8.2

Сводный протокол отчета

Вид шлифования	Параметры шлифовального круга							Припуск на обработку, мм	Режимы резания				Основное время t_0 , мин		
	Тип круга	Размеры, мм			Абразивный материал	Зернистость	Твердость		Структура	Связка	$V_{кв}$, м/с	$S_{пр}$, м/мин		$S_{гб}$, мм/ход	$S_{вб}$, мм/ход
		Наружный диаметр	Высота	Внутренний диаметр											
Черн															
Чист															

Устройство и техническая характеристика станка модели 3Д711АФ10-1

Плоскошлифовальный станок модели 3Д711АФ10-1 предназначен для шлифования плоских поверхностей деталей периферией круга. Шлифование периферией круга осуществляется при следующих рабочих движениях (рис. 8.1):

- главное движение – вращение шлифовального круга с окружной скоростью V_k , м/с;
- возвратно-поступательное движение стола с заготовкой со скоростью S_{np} , м/мин;
- вертикальная подача – перемещение шлифовального круга на глубину в направлении, перпендикулярном к шлифуемой поверхности – S_b , мм/ход;
- поперечная подача – движение крестового суппорта вдоль оси шпинделя – S_n , мм/ход.

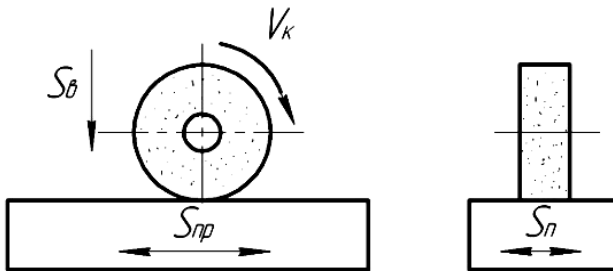


Рис. 8.1. Схема плоского шлифования периферией круга

Достигаемая точность при предварительном шлифовании – 8–11 квалитеты, при чистовом – 6–8 квалитеты, при тонком – 6, 7 квалитеты. Достигаемая шероховатость поверхности: шлифование предварительное – Ra 2,5–5 мкм, чистовое – Ra 0,32–1,25 мкм, тонкое – Ra 0,16–0,32 мкм.

Техническая характеристика станка приведена ниже.

Класс точности станка	В
Предельные размеры обрабатываемых поверхностей, мм:	
– длина	450
– ширина без выхода шлифовального круга	270
– ширина с выходом шлифовального круга	200
– высота	335
Пределы рабочих автоматических подач:	
– стола, м/мин	2–25
– суппорта, мм/ход	0,3–20
– шлифовальной головки, мм	0,002–0,04
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	2250
Размеры шлифовального круга, мм:	
– наружный диаметр	250
– внутренний диаметр	76
– высота	32
Мощность электродвигателя, кВт	2,2

Станок модели 3Д711АФ10-1 имеет крестовый стол и горизонтальный шпиндель. На рис. 8.2 представлен общий вид станка.

Станина СТ коробчатой формы является основанием для установки узлов станка. По направляющим качения станины в поперечном направлении перемещается крестовый суппорт КС. На верхней плоскости суппорта расположены продольные направляющие, по которым перемещается прямоугольный стол ПС. Между продольными направляющими жестко закреплен гидроцилиндр привода стола. Стол имеет рабочую поверхность с Т-образными пазами для установки и крепления обрабатываемых деталей, электромагнитной плиты или установочного приспособления. На верхней плоскости стола установлено ограждение рабочей зоны. С задней стороны станка на станине устанавливается колонна КЛ, которая обеспечивает вертикальное перемещение шлифовальной головки ШГ. Гидростанция ГС станка предназначена для обеспечения возвратно-поступательного движения стола с регулируемой скоростью, вывода стола в зону загрузки, привода механизма вертикальной подачи и осуществления централизованной автоматической смазки направляющих.

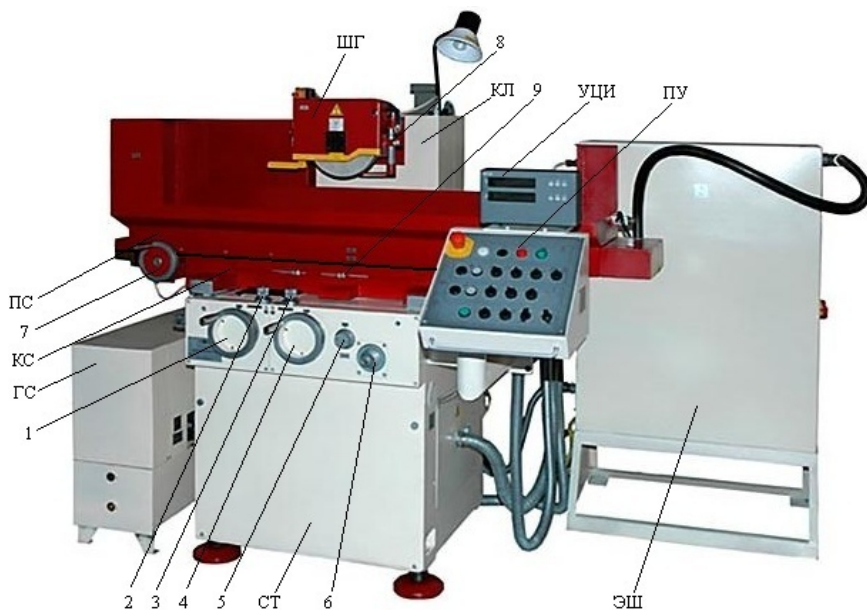


Рис. 8.2. Общий вид и органы управления плоскошлифовального станка модели 3Д711АФ10-1:

основные части станка: СТ – станина; КС – крестовый суппорт; ПС – прямоугольный стол; КЛ – колонна; ШГ – шпиндельная головка; ГС – гидростанция; ПУ – пульт управления; УЦИ – устройство цифровой индикации; ЭШ – электрошкаф; органы управления: 1 – маховик поперечной подачи; 2 – рукоятка включения и маховик тонкой поперечной подачи; 3 – рукоятка включения и маховик тонкой вертикальной подачи; 4 – маховик вертикальной подачи; 5 – рукоятка установки величины вертикальной подачи; 6 – рукоятка «пуск-стоп» и регулирования скорости стола; 7 – маховик ручного перемещения стола; 8 – рукоятка крана охлаждения; 9 – кулачки регулирования хода стола

Кинематика станка

Кинематическая схема станка представлена на рис. 8.3.

Главное движение осуществляется от электродвигателя 23 через ременную передачу 25–24. Шпиндель вращается с постоянной частотой.

Возвратно-поступательное продольное перемещение стола обеспечивается гидравлическим приводом. Ручное продольное перемещение стола осуществляется от маховика 7 (см. рис. 8.2) через

шестерни 4–5, 3–2 и рейку 1, которая прикреплена к столу. Для ручных перемещений стола необходимо перемещением маховика 7 вдоль его оси ввести в зацепление зубчатое колесо 4 с колесом 5. В этом случае срабатывает выключатель, который блокирует включение гидропривода продольного перемещения стола.

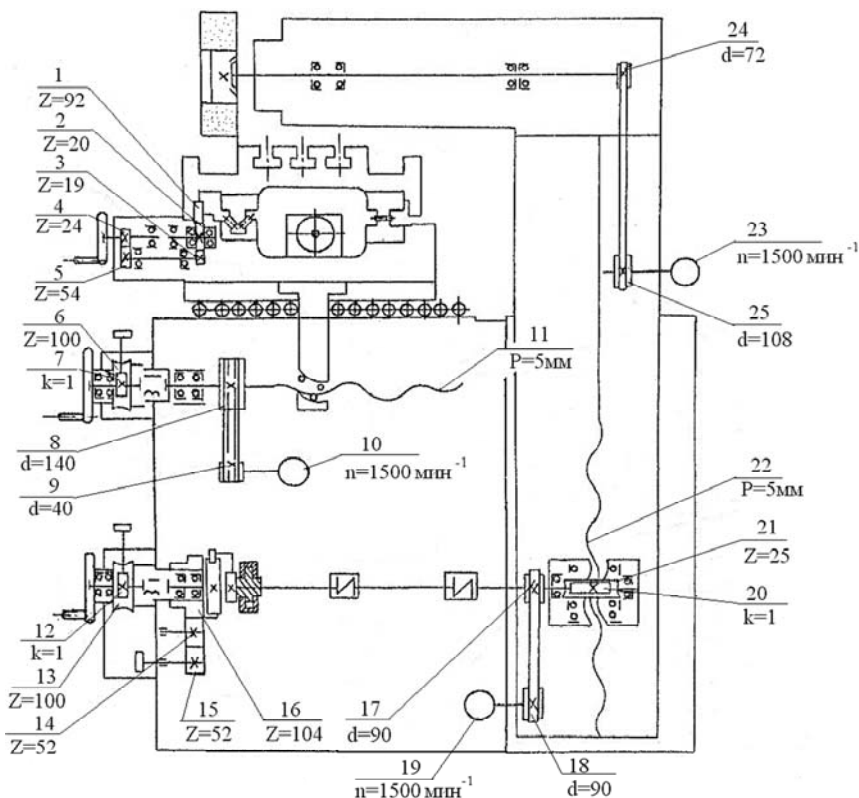


Рис. 8.3. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 3Д711АФ10-1

Вертикальная подача шлифовальной головки может быть автоматической и ручной. Автоматическая вертикальная подача осуществляется от гидроцилиндра, на валу которого установлен рычаг с собачкой. Собачка входит в зацепление с храповым колесом и поворачивает его. Храповое колесо установлено на валу, который

соединен с червячным редуктором 20–21 вертикальных перемещений. Величина автоматической подачи устанавливается рукояткой 5 (см. рис. 8.2). Подача включается при каждом поперечном реверсе крестового суппорта или на двойной ход стола при отсутствии поперечной подачи.

Грубая ручная подача осуществляется маховиком 4 (см. рис. 8.2), а тонкая – механизмом тонкой подачи 3.

Ускоренное перемещение шлифовальной головки осуществляется от асинхронного электродвигателя 19, который через ременную передачу 18–17 вращает вал редуктора вертикальных перемещений, при этом маховик ручных перемещений отключается электромагнитной муфтой.

Поперечная подача крестового суппорта также может быть ручной и автоматической. Автоматическая поперечная подача и ускоренное перемещение осуществляется от электродвигателя 10 через ременную передачу 9–8, при этом маховик поперечной подачи 1 (см. рис. 8.2) не вращается. Это обеспечивается электромагнитной муфтой. Команду на автоматическую поперечную подачу электродвигатель получает от бесконтактного выключателя в момент реверса стола.

Грубая ручная поперечная подача осуществляется маховиком 1 (см. рис. 8.2), а тонкая – механизмом тонкой подачи 2.

Выбор шлифовального круга

Качество обработанной поверхности в значительной степени зависит от характеристик шлифовального круга.

Типы и размеры шлифовальных кругов регламентируются ГОСТ 2424–83 «Круги шлифовальные. Технические условия». Круг шлифовальный прямого профиля (тип 1) применяется для круглого наружного, внутреннего, бесцентрового, плоского периферией круга и обдирочного шлифования. Основными размерами шлифовального круга являются: наружный диаметр D , высота T и диаметр отверстия H . Наружный диаметр и высоту круга рекомендуется принимать максимальными для данной модели шлифовального станка (см. техническую характеристику).

Характеристику абразивного инструмента составляют материал и размер режущего абразивного зерна, структура, твердость, форма

круга, связка и др. Характеристики шлифовального круга указываются несмываемой краской на нерабочей поверхности инструмента.

Абразивные материалы, применяемые для изготовления шлифовальных кругов, представляют собой минералы естественного (алмаз, корунд) или искусственного (алмаз синтетический, электрокорунд, карбид кремния, карбид бора) происхождения. Зерна абразива обладают высокой твердостью, превышающей твердость обрабатываемого материала. Марки некоторых абразивных материалов и их применение приведены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Марки абразивных материалов и области их применения

Абразивный материал, маркировка	Область применения
1	2
Электрокорунд нормальный 12А, 13А	Обдирочное и черновое шлифование.
14А	Обдирочное шлифование чугунного и стального литья, поковок, штампованных деталей, зачистка швов.
15А	Шлифование конструкционных и углеродистых сталей в сыром и закаленном виде, легированных сталей, ковкого чугуна, бронз.
	Шлифование углеродистых и легированных сталей в закаленном состоянии, быстрорежущих сталей, заточка инструмента
Электрокорунд белый 22А	Чистовая и отделочная обработка.
23А, 24А	Шлифование и доводка легированных и закаленных сталей.
25А	Шлифование и доводка легированных и закаленных сталей. Заточка и доводка режущего инструмента. Скоростное шлифование. Обработка труднообрабатываемых сталей и сплавов
Монокорунд	Получистовая и чистовая обработка легированных сталей, ковкого чугуна, быстрорежущей стали.
43А, 44А	Доводка закаленных углеродистых и легированных сталей.
45А	Шлифование легированных, цементированных закаленных и азотированных сталей. Заточка и доводка режущего инструмента

<i>1</i>	<i>2</i>
Карбид кремния черный 53С, 54С, 55С	Шлифование материалов с низким пределом прочности (чугуна, бронзы), вязких материалов и сплавов (мягкой латуни, алюминия, меди), неметаллических материалов (стекло, мрамор, фарфор и др.)
Карбид кремния зеленый 63С, 64С	Тонкое шлифование и доводка легированных и закаленных сталей и неметаллических материалов высокой твердости. Шлифование твердых сплавов, заточка твердосплавного инструмента

Зернистость абразива указывает на размер режущих зерен основной фракции, примененных в данном инструменте. По размерам абразивные материалы согласно ГОСТ 3647–80 делятся на четыре группы:

- шлифзерно (200–16);
- шлифпорошки (12–3);
- микропорошки (М63–М14);
- тонкие микропорошки (М10–М1).

Содержание в процентах основной фракции в инструменте указывается буквенным индексом: В (60–55 %), П (55–45 %), Н (45–40 %), Д (43–39 %). Примеры применения шлифовальных кругов различной зернистости приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Зернистость абразивных материалов и область применения

Группа материала	Зернистость	Размер зерна основной фракции, мкм	Область применения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Шлифзерно	63 50	800–630 630–500	Предварительное плоское шлифование торцом круга с шероховатостью Ra 2,5–0,63 мкм, заточка крупных и средних резцов

1	2	3	4
Шлифзерно	40 32	500–400 400–315	Предварительное и окончательное шлифование заготовок с параметрами шероховатости Ra 2,5–0,32 мкм. Заточка режущего инструмента
	25 20 16	315–250 250–200 200–160	Чистовое шлифование заготовок с шероховатостью Ra 1,25–0,16 мкм. Профильное шлифование, заточка мелкого инструмента, шлифование хрупких материалов
Шлифпорошки	12	160–125	Отделочное шлифование заготовок с параметрами шероховатости Ra 0,63–0,16 мкм, заточка и доводка режущего инструмента
	10	125–100	
	8	100–80	
	6	80–63	

Связка служит для скрепления абразивных зерен в единое тело нужной формы, она определяет твердость и прочность абразивного инструмента. Различают два вида связок: органические (бакелитовая, глифталевая, паропластовая и вулканитовая) и неорганические (керамическая, магнезиальная, силикатная). Наиболее часто применяют керамическую (К) связку: К1, К5, К8 – для инструмента из электрокорунда, К2, К3 – из карбида кремния. Она обладает большой теплостойкостью, водоупорностью, высокой химической стойкостью, обеспечивает высокую производительность и хорошо сохраняет профиль круга. Однако она чувствительна к ударам и изгибающим нагрузкам. Допустимая скорость шлифования 30–50 м/с.

Твердость шлифовального круга характеризует прочность удержания абразивных зерен в инструменте при помощи связки. По степени твердости шлифовальные круги подразделяются:

- на весьма мягкие (ВМ1, ВМ2);
- мягкие (М1, М2, М3);
- среднемягкие (СМ1, СМ2);
- средние (С1, С2);
- среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3);
- твердые (Т1, Т2);
- весьма твердые (ВТ1, ВТ2);
- чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2).

Цифры характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента.

При работе слишком твердым кругом связка продолжает удерживать зерна, затупившиеся и утратившие способность к резанию. Поэтому при шлифовании затрачивается большая мощность, деталь нагревается, возможно ее коробление, а на поверхности появляются риски и прижоги.

Если взять мягкий круг, то зерна его быстро выкрашиваются, круг теряет форму и увеличивается его износ. При работе мягкими кругами трудно получить необходимую геометрическую форму детали и размер. Мягкими кругами выполняют чистовую обработку таких твердых материалов, как закаленная сталь, твердые сплавы. Кругами средней твердости и твердыми обрабатывают непрочные и более мягкие металлы: незакаленную сталь, чугун.

При плоском шлифовании периферией круга рекомендуется применять круги следующей твердости при черновой и чистовой обработке:

- сталь незакаленная, чугун: CM1, CM2, C1, C2, CT1, CT2;
- сталь закаленная: M1, M2, M3, CM1, CM2, C1, C2.

Структура абразивного инструмента характеризуется соотношением объемов абразивных зерен, связки и пор. С увеличением номера структуры на единицу объем зерна уменьшается на 2 %, а объем связки соответственно увеличивается для сохранения одинаковой твердости инструмента. Для черновой (обдирочной) обработки со значительными припусками требуются круги открытых структур № 7–12. Для чистовой и получистовой обработки применяют шлифовальные круги закрытых структур № 3–6. В большинстве случаев для плоского шлифования применяют структуры № 5–8.

Класс точности абразивного инструмента определяет точность размеров и геометрической формы круга. ГОСТ2424–83 предусматривает изготовление шлифовальных кругов трех классов точности: АА, А и Б. Допуски на предельные отклонения наружного диаметра, посадочного отверстия и высоты имеют наибольшие значения круги класса Б. Круги класса А и АА изготавливаются с более высокой точностью.

Класс дисбаланса характеризует неуравновешенность массы шлифовального круга. ГОСТ 3060–86 устанавливает четыре класса допускового дисбаланса (1, 2, 3 и 4), по этим классам проверяются

качество кругов. Чем меньше шлифовальный круг, тем меньше допусаемый дисбаланс.

В табл. 8.5 приведены характеристики шлифовальных кругов типа 1 с размерами 250 × 32 × 76 на керамической связке, выпускаемых заводами.

Таблица 8.5

Примеры характеристик шлифовальных кругов

Материал	Зернистость	Твердость	Структура	Скорость	Материал	Зернистость	Твердость	Структура	Скорость
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
14A	25	CM1	6	50	25A	25	C1	6	50
14A	25	CM1	7	50	25A	25	C2	6	50
14A	40	CM1	7	50	25A	25	CT1	6	50
14A	80	CT2	5	35	25A	25	CT1	6	50
25A	6	CM1	8	35	25A	25	CT2	6	50
25A	6	CM2	8	35	25A	25	CT2	6	50
25A	6	C1	6	50	25A	40	CM1	6	50
25A	6	CT1	6	50	25A	40	CM1	7	50
25A	6	CT2	6	50	25A	40	CM2	6	50
25A	10	CM1	6	50	25A	40	CM2	7	50
25A	10	CM2	6	50	25A	40	CM2	8	50
25A	12	CM1	6	50	25A	50	CM1	6	50
25A	12	CM2	6	50	25A	50	CM2	6	50
25A	12	C1	6	50	25A	80	M3	5	35
25A	12	CT1	6	50	25A	80	CT2	5	50
25A	12	CT2	6	50	25A	125	CM2	5	35
25A	16	CM1	6	50	54C	25	CM1	7	35
25A	16	CM2	6	50	63C	10	CM1	7	35
25A	16	CM2	6	50	63C	12	CM1	7	35
25A	16	C1	6	50	63C	12	CM2	7	35
25A	16	C2	6	50	63C	12	C1	7	35
25A	16	CT1	6	50	63C	16	CM1	7	35

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25А	16	СТ1	6	50	63С	16	СМ2	7	35
25А	16	СТ2	6	50	63С	16	С1	7	35
25А	20	СМ1	6	50	63С	16	С2	7	35
25А	25	М3	6	50	63С	16	СТ1	7	35
25А	25	СМ1	6	50	63С	16	СТ2	7	35
25А	25	СМ1	6	50	63С	25	М3	7	35
25А	25	СМ2	6	50	63С	25	СМ1	7	35
25А	25	СМ2	6	50	63С	25	СМ1	7	35

Пример условного обозначения круга типа 1 наружным диаметром $D = 500$ мм, высотой $T = 50$ мм, диаметром посадочного отверстия $H = 305$ мм, из белого электрокорунда марки 25А, зернистости 10-П, степени твердости С2, номером структуры 7, на керамической связке К1А с рабочей скоростью 35 м/с, класса точности А, 1-го класса неуравновешенности:

1 500 × 50 × 305 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424–83.

Выбор режимов резания

Режимы резания при шлифовании назначаются по нормативам с учетом следующих факторов:

а) свойств заготовки (материал, размеры и допуск на размер, требуемая шероховатость поверхности);

б) типа и модели станка, его технической характеристики (мощность электродвигателя, частота вращения шпинделя и наибольший диаметр шлифовального круга, скорость движения заготовки, пределы подач и пр.).

Для получения высокой точности (плоскостности и параллельности двух сторон) рекомендуется производить сначала черновое шлифование, а затем чистовое с каждой стороны поочередно. На черновую обработку отводится 75–80 % припуска, а шлифование необходимо проводить на режимах, обеспечивающих получение точности детали на 1–2 квалитета ниже точности, требуемой по чертежу. Число рабочих ходов при черновом и чистовом шлифовании

зависит от снимаемого припуска. Причем вертикальная подача на последний чистовой проход назначается не более 0,01 мм.

Режимы шлифования назначаются в следующем порядке: определяется окружная скорость круга V_k , назначается поперечная подача $S_{\text{п}}$, скорость стола (продольная подача) $S_{\text{пр}}$ и вертикальная подача на глубину шлифования $S_{\text{в}}$.

Окружная скорость шлифовального круга определяется по формуле

$$V_k = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}, \text{ м/с,}$$

где D – наружный диаметр круга, мм;

n – частота вращения круга (по паспорту станка), мин⁻¹.

Поперечная подача $S_{\text{п}}$ выбирается в зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности по табл. 8.6 и сопоставляется с возможными подачами станка по его технической характеристике.

Таблица 8.6

Поперечная подача при плоском шлифовании

Ra, мкм	Высота круга T , мм,					
	до					
	20	32	40	50	63	80
$S_{\text{п}}$, мм/ход стола						
3,2 и более	16	26	32	40	50	64
2,5	12	19	24	30	38	48
1,25	8	12,5	16	20	25	32
0,63	3–5	8	10	12,5	16	20

Скорость стола с заготовкой $S_{\text{пр}}$ (продольная подача) и вертикальная подача $S_{\text{в}}$ назначаются в зависимости от материала заготовки, поперечной подачи и припуска на обработку (табл. 8.7). Величина $S_{\text{в}}$ уточняется поправочным коэффициентом K в зависимости от точности обработки по табл. 8.8.

Таблица 8.7

Скорость перемещения стола и вертикальная подача
при плоском шлифовании

Материал детали	Скорость перемещения стола $S_{пр}$, м/мин, до	Припуск на обработку h , мм, до	Поперечная подача на ход $S_{п}$, мм, до			
			8	12		
			$S_{в}$, мм/ход			
Чугуны	5	0,17	0,137	0,093		
		0,25	0,168	0,115		
		0,35	0,210	0,140		
Стали конструкционные углеродистые и легированные с HRC до:	6,3	0,17–0,5	0,108–0,210	0,073–0,140		
		32	8	0,17–0,5	0,085–0,168	0,057–0,113
		40	10	0,17–0,5	0,069–0,137	0,045–0,091
		48	12,5	0,17–0,5	0,055–0,109	0,036–0,073
		56	16	0,17–0,5	0,045–0,087	0,028–0,057
		свыше 60	20	0,25–0,7	0,042–0,086	0,028–0,056
		Стали коррозионно-стойкие, жаропрочные, быстрорежущие	25	0,25–0,7	0,034–0,067	0,022–0,045

Продолжение табл. 8.7

Материал детали	Скорость перемещения стола $S_{пр}$, м/мин, до	Припуск на обработку h , мм, до	Поперечная подача на ход $S_{п}$, мм, до	
			18	27
			$S_{в}$, мм/ход	
Чугуны	5	0,17	0,062	0,041
		0,25	0,076	0,058
		0,35	0,095	0,063

Материал детали	Скорость перемещения стола $S_{пр}$, м/мин, до	Припуск на обработку h , мм, до	Поперечная подача на ход $S_{п}$, мм, до	
			18	27
			$S_{в}$, мм/ход	
Стали конструкционные углеродистые и легированные с HRC до:				
28	6,3	0,17–0,5	0,048–0,097	0,032–0,064
32	8	0,17–0,5	0,038–0,076	0,025–0,051
40	10	0,17–0,5	0,031–0,060	0,021–0,041
48	12,5	0,17–0,5	0,024–0,048	0,017–0,032
56	16	0,17–0,5	0,018–0,038	0,013–0,025
свыше 60	20	0,25–0,7	0,020–0,098	0,013–0,029
Сталикоррозионно-стойкие, жаропрочные, быстрорежущие	25	0,25–0,7	0,015–0,031	0,009–0,021

Таблица 8.8

Поправочный коэффициент K на подачу
при плоском шлифовании

Материал детали	Точность обработки, мм			
	0,02	0,03	0,05	0,08
Стали конструкционные углеродистые и легированные	0,65	0,80	1,00	1,25
Стали коррозионностойкие	0,29	0,36	0,45	0,56
Жаропрочные сплавы	0,10	0,12	0,15	0,19
Чугуны и медные сплавы	1,00	1,3	1,60	1,90

Для определения возможности осуществления процесса шлифования по выбранным режимам резания нужно найти величину мощности, необходимой для вращения шлифовального круга. Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по эмпирической формуле:

$$N_{\text{рез}} = C_N S_{\text{пр}}^r S_{\text{в}}^x S_{\text{п}}^y, \text{ кВт},$$

где C_N – постоянный коэффициент;

r, x, y – показатели степени, выбираются по табл. 8.9;

$S_{\text{пр}}$ – скорость заготовки, м/мин;

$S_{\text{в}}$ – вертикальная подача (на глубину), мм/ход;

$S_{\text{п}}$ – поперечная подача, мм/ход.

Таблица 8.9

Значение коэффициента и показателей степени
в формуле мощности

Обрабатываемый материал	Шлифовальный круг		Коэффициент и показатель степени			
	Зернистость	Твердость	C_N	r	x	y
Сталь незакаленная	50	СМ2	0,52	1	0,8	0,8
		С1	0,59			
		СТ2	0,68			
Сталь закаленная	50–40	МЗ-С1	0,53	0,8	0,65	0,7

Достаточность мощности электродвигателя определяется из следующего условия:

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{эл. дв.}} \eta,$$

где $N_{\text{рез}}$ – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

$N_{\text{эл. дв.}}$ – мощность электродвигателя шпинделя, кВт;

η – КПД станка ($\eta = 0,95$).

При недостаточности мощности электродвигателя для вращения шлифовального круга следует уменьшить $S_{\text{пр}}$ и величину подачи.

Основное время шлифования периферией круга на плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом вычисляется по формуле

$$t_0 = \frac{B_{\text{расч}} h}{n_M t S_{\text{п}}}, \text{ мин},$$

где $B_{\text{расч}}$ – расчетная ширина шлифования, мм;
 h – припуск на обработку, мм;
 $n_{\text{м}}$ – число ходов стола в минуту;
 t – глубина шлифования или вертикальная подача.
Расчетная ширина шлифования

$$B_{\text{расч}} = B + B_{\text{к}} + 5, \text{ мм},$$

где B – ширина заготовки, мм;

$B_{\text{к}}$ – высота круга, мм.

Число ходов стола при подаче на одинарный ход

$$n_{\text{м}} = \frac{1000 \cdot S_{\text{пр}}}{L}, \text{ ход/мин},$$

где L – расчетная длина шлифования, мм:

$$L = l + 20 \text{ мм};$$

где l – длина заготовки, мм.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение плоскошлифовальных станков? Какая точность и шероховатость обработанной поверхности достигается при плоском шлифовании?
2. Какие движения исполнительных органов станка необходимы для плоского шлифования?
3. Назовите основные части станка и их назначение.
4. Как крепится заготовка на шлифовальном станке?
5. Покажите на кинематической схеме станка цепи главного движения и подач.
6. Из каких абразивных материалов может состоять шлифовальный круг? Как они маркируются?
7. Как влияет зернистость абразива на качество шлифованной поверхности?
8. Что называется твердостью шлифовального круга и как она влияет на процесс шлифования?
9. Что характеризует структура шлифовального круга и как она подбирается?

Лабораторная работа № 9

УСТРОЙСТВО И НАСТРОЙКА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 5В12

Цель работы: ознакомиться с устройством и кинематикой станка; изучить порядок его настройки для нарезания прямозубого цилиндрического колеса.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Зубодолбежный станок модели 5В12.
2. Долбьяк, заготовки зубчатого колеса.
3. Монтажный инструмент.

Задание

1. Изучить устройство станка.
2. Рассмотреть кинематические цепи, по которым осуществляются рабочие движения инструмента и заготовки, записать расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей, вывести формулы настройки.
3. Выполнить расчет настройки для нарезания прямозубого колеса с заданными в табл. 9.1 параметрами.
4. Установить на станке долбьяк, заготовку, сменные колеса гитар и под руководством лаборанта нарезать зубчатое колесо.

Таблица 9.1

Данные для расчета настройки зубодолбежного станка

№ варианта	Параметры нарезаемого колеса			Число зубьев долбьяка Z_d	Режимы резания	
	Модуль m , мм	Число зубьев z	Ширина венца b , мм		Скорость резания V , м/мин	Круговая подача $S_{кр}$, мм/дв. ход
1	2	3	4	5	6	7
1	3	31	15	25	20	0,4
2	2,5	45	18	30	18	0,4

1	2	3	4	5	6	7
3	3	49	20	25	14	0,32
4	3,5	52	18	25	22	0,35
5	4	61	15	25	19	0,36
6	2	65	15	38	24	0,45
7	2	78	30	38	24	0,45
8	2	81	25	38	23	0,22
9	2	85	30	38	20	0,22
10	2	25	20	38	21	0,23
11	2,5	40	15	30	22	0,23
12	2,5	35	25	30	23	0,24
13	2	90	20	38	24	0,24
14	2	95	25	38	24	0,25
15	2	104	30	38	25	0,25

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название и цель работы;
- перечень применяемого оборудования, инструментов и приспособлений;
- индивидуальное задание;
- расчетные перемещения конечных звеньев, уравнения кинематического баланса и формулы настройки органов настройки цепей главного движения, деления и подач;
- расчет передаточных отношений органов настройки, подбор гитар сменных зубчатых колес, проверку на сцепляемость, обоснование выбора кулачка врезания.

Назначение и основные узлы станка модели 5B12

Станок предназначен для нарезания методом обкатки прямозубых цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления, блоков колес, зубчатых секторов и пр.

Техническая характеристика станка модели 5В12 приведена ниже.

Модуль нарезаемых зубьев колес, мм	1–4
Диаметр обрабатываемых колес наружного зацепления, мм	2–208
Наибольший диаметр колес внутреннего зацепления, мм	220
Наибольшая ширина нарезаемого колеса, мм: – наружного зацепления – внутреннего зацепления	50 30
Наибольший ход штосселя, мм	55
Наибольший отход стола от режущей кромки инструмента, мм	0,5
Число двойных ходов долбяка, дв. ход/мин	200; 315; 425; 600
Пределы круговых подач, мм/дв. ход	0,1–0,46
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	1,7

На рис. 9.1 представлена схема зубодолбежного станка. Станок состоит из трех жестко соединенных между собой станин (А, Б и В). В нижней станине (А) расположены главный электродвигатель, ременная передача которого закрыта кожухом (З), шкаф электрооборудования (Е) и насос (Ж) для подачи охлаждающей жидкости. В станине расположены также резервуары для масла. В средней станине (Б) размещены механизмы перемещения стола (Д) и гидрозажима. В верхней станине (В) находятся кривошипно-шатунный механизм, механизмы реверсирования суппорта и переключения кулаков врезания. По направляющим станины перемещается суппорт (Г). Под крышками с левой стороны станины расположена гитара круговых подач, с правой – сменные колеса гитары деления. В верхней части станины имеется панель управления.

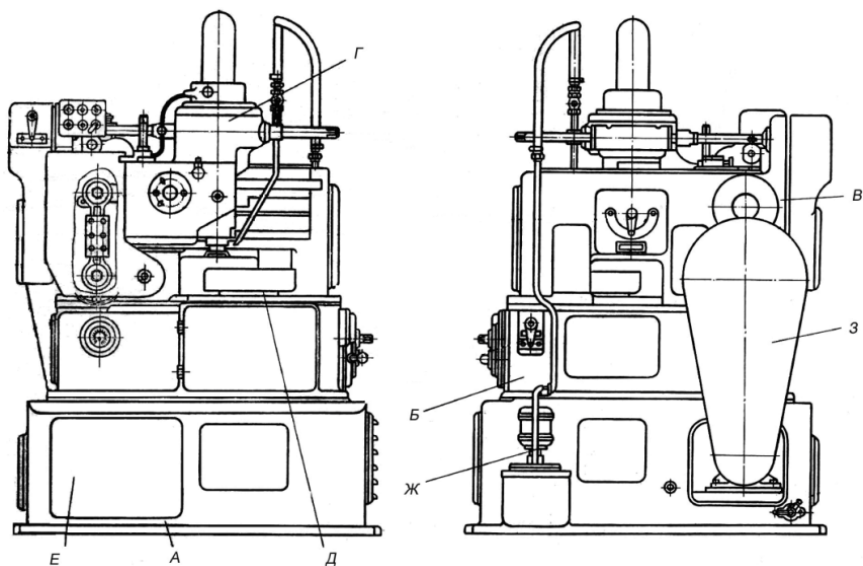


Рис. 9.1. Общий вид и органы управления станка модели 5B12

Кинематика станка

Структурная схема станка – условное изображение кинематических связей между исполнительными звеньями и связей этих звеньев с источником движения станка. На рис. 9.2 условными изображениями показываются только конечные звенья цепей, а кинематические связи между ними обозначаются штриховой линией, их органы настройки – ромбом. Конечными звеньями являются заготовка, вращающаяся в направлении В1, долбяк, совершающий движение в направлениях В2 и П.

Органами настройки являются ременная передача со ступенчатыми шкивами, гитара деления, гитара круговых подач, передаточные отношения которых обозначены i_p , i_d , i_{Π} соответственно.

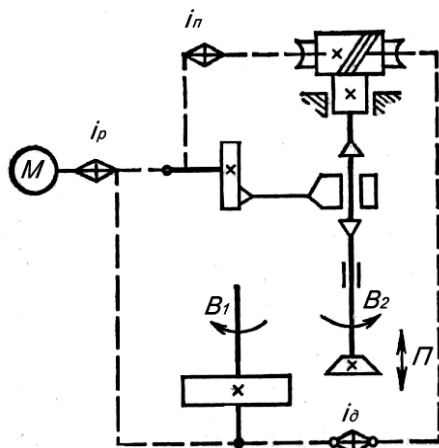


Рис. 9.2. Структурная схема зубодолбежного станка

Станок содержит цепи главного движения, деления, круговых и радиальных подач (рис. 9.3).

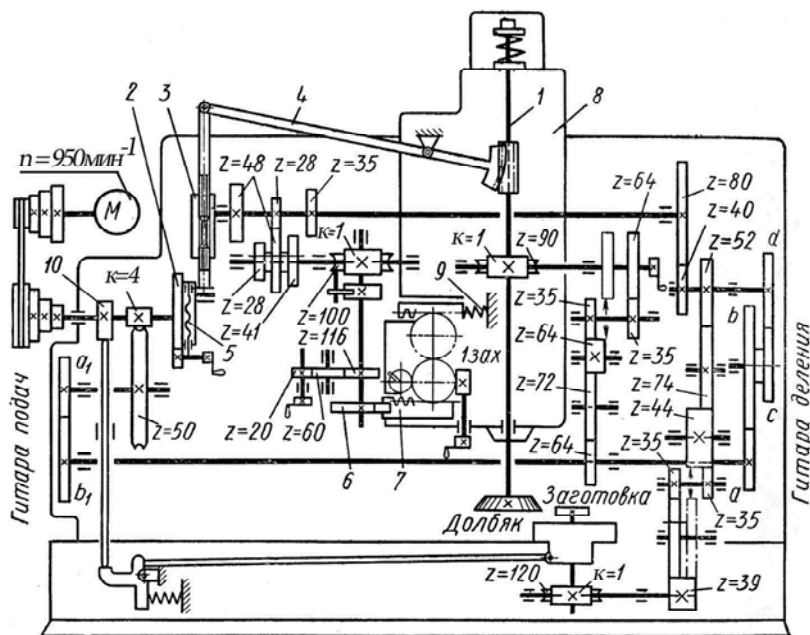


Рис. 9.3. Кинематическая схема станка модели 5B12

Кинематическая *цепь главного движения* связывает вращение вала электродвигателя ($n_{\text{эл. дв}} = 950 \text{ мин}^{-1}$) с возвратно-поступательным движением долбяка через клиноременную передачу, кривошипно-шатунный механизм (кривошипный диск 2, шатун 3, коромысло 4 с зубчатым сектором), круговую рейку и штоссель 1.

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи:

$$n \text{ об. эл. двигателя} \rightarrow n \text{ дв. ходов долбяка.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$950i_p = n,$$

где i_p – передаточное отношение клиноременной передачи;

n – число двойных ходов штосселя.

Формула настройки цепи будет иметь вид

$$i_p = \frac{n}{950}.$$

Клиноременная передача имеет четыре ступени с передаточными отношениями $i_p = 0,21; 0,33; 0,45; 0,63$.

Число двойных ходов долбяка определяется в зависимости от заданной скорости резания V (м/мин) и длины хода долбяка L по формуле

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000V}{2L}. \quad (9.1)$$

Длина рабочего хода долбяка рассчитывается по формуле

$$L = b + 2k,$$

где b – ширина зубчатого венца нарезаемого колеса, мм;

k – величина подхода и перебега долбяка в конце рабочего и холостого ходов; $k = 3-5$ мм.

По расчетному числу двойных ходов $n_{\text{расч}}$ подбирают ближайшее действительное значение n по паспорту станка.

Кинематическая **цепь деления (обкатки)** связывает вращение долбяка с вращением стола через червячную передачу $\frac{90}{1}$, зубчатые колеса $\frac{64}{35}, \frac{35}{64}, \frac{64}{72}, \frac{72}{64}$, гитару деления $\frac{a}{b} \frac{c}{d}$, зубчатые колеса $\frac{52}{74}, \frac{74}{44}, \frac{44}{35}, \frac{35}{80}, \frac{80}{39}$ и червячную передачу $\frac{1}{120}$.

При повороте долбяка на угол, соответствующий одному его зубу, заготовка должна также повернуться на один зуб, т. е. расчетные перемещения конечных звеньев цепи:

$$\frac{1}{z_{\text{д}}} \text{ об. долбяка} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ об. заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи деления:

$$\frac{1}{z_{\text{д}}} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{64}{35} \cdot \frac{35}{64} \cdot \frac{64}{72} \cdot \frac{72}{64} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{52}{74} \cdot \frac{74}{44} \cdot \frac{44}{35} \cdot \frac{35}{80} \cdot \frac{80}{39} \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{z},$$

откуда формула настройки гитары деления будет

$$i_{\text{д}} = \frac{a}{b} \frac{c}{d} = \frac{z_{\text{д}}}{z}, \quad (9.2)$$

где $z_{\text{д}}$ – число зубьев долбяка;

z – число зубьев нарезаемого колеса.

Кинематическая **цепь круговых подач** связывает механизм возвратно-поступательного движения долбяка с вращением долбяка.

Круговая подача $S_{\text{кр}}$ представляет собой длину дуги по делительной окружности долбяка, на которую он повернется за один двойной ход. Одному двойному ходу долбяка соответствует один оборот кривошипного диска 2. Движение от диска 2 будет передаваться

на штоссель с долбяком по цепи: червячная передача $\frac{4}{50}$, сменные колеса гитары подач $\frac{a_1}{b_1}$, зубчатые передачи $\frac{64}{72}$, $\frac{72}{64}$, $\frac{64}{35}$, $\frac{35}{64}$ и червячная передача $\frac{1}{90}$.

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи:

$$1 \text{ дв. ход долбяка} \rightarrow S_{\text{кр}}, \text{ мм/дв. ход.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1 \text{ об. диска} \cdot \frac{4}{50} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{64}{72} \cdot \frac{72}{64} \cdot \frac{64}{35} \cdot \frac{35}{64} \cdot \frac{1}{90} \pi m z_{\text{д}} = S_{\text{кр}}.$$

Формула настройки цепи

$$i_n = \frac{a_1}{b_1} = \frac{1125 S_{\text{кр}}}{\pi m z_{\text{д}}}, \quad (9.3)$$

где m – модуль долбяка, мм;

$z_{\text{д}}$ – число зубьев долбяка.

Условие сцепляемости зубчатых колес гитары круговых подач:

$$a_1 + b_1 = 110.$$

Кинематическая **цепь радиальных подач** связывает вращение кулака врезания b с вращением заготовки через червячную передачу $\frac{100}{1}$, тройной блок ($\frac{28}{48}$ или $\frac{41}{35}$ или $\frac{48}{28}$), зубчатые передачи $\frac{80}{40}$, $\frac{52}{74}$, $\frac{74}{44}$, $\frac{44}{35}$, $\frac{35}{80}$, $\frac{80}{39}$ и червячную передачу $\frac{1}{120}$.

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи:

$$1 \text{ об. кулачка} \rightarrow n \text{ об. стола.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1 \text{ об. кулачка} \cdot \frac{100}{1} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \frac{28}{48} \\ 41 \\ 35 \\ \frac{48}{28} \end{array} \right\} \cdot \frac{80}{40} \cdot \frac{52}{74} \cdot \frac{74}{44} \cdot \frac{44}{35} \cdot \frac{35}{80} \cdot \frac{80}{39} \cdot \frac{1}{120} = n \text{ об. стола.}$$

Зубчатые колеса могут нарезать на станке за один, два или три прохода. Число проходов выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого материала, требуемой точности обработки и величины модуля нарезаемого колеса. Чем тверже материал, больше модуль и выше точность, тем больше выбирается число проходов. Для этого устанавливают плоские одно-, двух-, трехпроходные кулаки. За один оборот кулака стол поворачивается на 1,3 оборота (при однопроходном кулаке), на 2,6 оборота (при двухпроходном кулаке) или на 3,8 оборота (при установленном трехпроходном кулаке).

Следовательно, врезание долбяка (радиальная подача) на заданную высоту зуба осуществляется плоским кулаком b (см. рис. 9.3).

На кулаке (рис. 9.4) имеется участок врезания ($\alpha_{\text{вр}} = 90^\circ$), профиль которого очерчен по спирали Архимеда, и участки обкатки, очерченные по окружности и составляющие разные углы в зависимости от числа проходов при нарезании колеса.

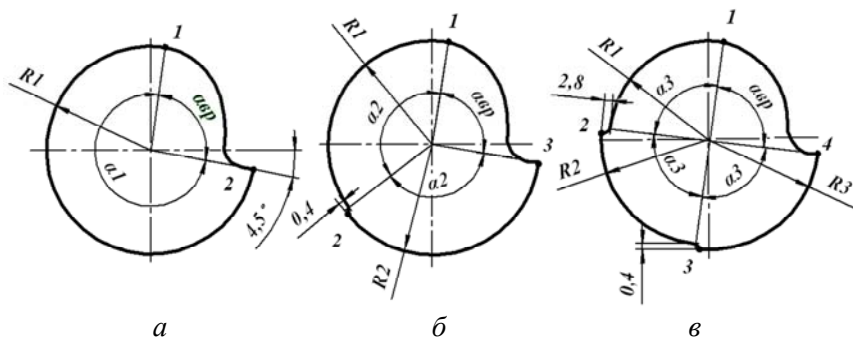


Рис. 9.4. Кулаки врезания

При нарезании колеса за один проход кулачок b (см. рис. 9.3), поворачиваясь на угол $\alpha_{вр}$, действует на рейку 7, связанную с кареткой суппорта 8, перемещает долбяк по направлению к заготовке.

Когда ролик рейки 7 окажется в точке 1 (см. рис. 9.4, *a*), врезание прекращается. При дальнейшем вращении кулака на угол α_1 происходит обкатка, а заготовка за это время совершит один оборот. Для этого в цепи радиальных подач колесо $z = 48$ вводится в зацепление с колесом $z = 28$ тройного блока. Когда ролик рейки 7 достигает точки 2 кулака, а затем попадает во впадину, то каретка с долбяком под действием пружины 9 (см. рис. 9.3) отойдет от заготовки и станок автоматически останавливается. При установке двухпроходного кулака в зацепление вводятся колеса $\frac{41}{35}$. После врезания

за время поворота кулака на угол α_2 (см. рис. 9.4, *b*) заготовка совершит один оборот, затем в точке 2 осуществляется дополнительное врезание долбяка на величину 0,4 мм, и снова за время поворота кулака на угол α_2 заготовка повернется еще на один оборот.

При обработке в три прохода в зацепление вводятся колеса 48–28. После врезания поворот кулака на угол α_3 соответствует одному обороту заготовки. В точке 2 (см. рис. 9.4, *в*) происходит дополнительное врезание долбяка на величину 2,8 мм и снова поворот кулака на угол α_3 , соответствующий одному обороту заготовки. В точке 3 снова происходит врезание долбяка на величину 0,4 мм (чистовой проход), и за время поворота кулака на угол α_3 заготовка совершит еще один оборот.

Отвод стола с заготовкой от долбяка во время его холостого хода осуществляется от эксцентрика 10 (см. рис. 9.3) через толкатель и рычажную систему. Установка эксцентрика на одном валу с кривошипным диском обеспечивает нужную синхронность отвода и подвода стола с холостыми и рабочими ходами долбяка.

Настройка цепей станка

Настройка цепи главного движения. Требуемое число двойных ходов долбяка рассчитывается по формуле (9.1). За действительное

число двойных ходов принимают ближайшее значение: 200, 315, 425 или 600.

Настройка станка для установки числа двойных ходов долбяка производится четырехступенчатой ременной передачей путем перестановки ремней в соответствующие ручьи шкивов.

Настройка цепи деления производится с помощью гитары деления. Передаточное отношение гитары определяют по формуле 9.2, а затем подбирают зубчатые колеса из набора (49 штук): 24, 25, 27, 28, 31, 34, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96 и 98 зубьев.

Сменные колеса гитары проверяют на сцепляемость по условию:

$$\begin{aligned} a + b &= 120; & c + d &> b + 22; \\ c + d &> 86; & c &< 98. \end{aligned}$$

Настройка цепи круговых подач. Цепь настраивается с помощью гитары подач. Передаточное отношение подач определяется по формуле (9.3). Для быстрого подбора сменных колес гитары используется табл. 9.2, в которой величины подач указаны для долбяка с длительным диаметром 76 мм.

Таблица 9.2

Параметры цепи подач

Подача, мм/дв. ход	0,1	0,12	0,15	0,20	0,24	0,30	0,37	0,46
Числа зубьев ведущего колеса	35	40	46	52	58	64	70	75
Числа зубьев ведомого колеса	75	70	64	58	52	46	40	35
Число двойных ходов долбяка за один его оборот	2487	2000	1620	1162	990	790	640	515

Для других диаметров долбяка (d) величина подачи умножается на коэффициент, равный $\frac{d}{76}$.

Настройка цепи радиальных подач. Радиальная подача обеспечивается сменными кулаками b (см. рис. 9.3), которые могут быть одно-, двух- и трехпроходными.

Однопроходный кулачок на станке устанавливается при нарезании зубчатых колес из мягкой стали, имеющих модуль до 2 мм. Двухпроходный и трехпроходный кулачки применяются при нарезании зубчатых колес с модулем до 4 мм из стали средней твердости и твердых сталей, а также для получения повышенной точности профиля нарезаемых зубьев.

Установка числа оборотов заготовки, соответствующих одному обороту кулачка, осуществляется блоком зубчатых колес $\frac{28}{48}$ или $\frac{41}{35}$, или $\frac{48}{28}$.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение зубодолбежных станков? Назовите примеры деталей, изготавливаемых на станках.
2. Из каких основных частей состоит зубодолбежный станок модели 5В12?
3. При каких движениях осуществляется нарезание зубьев колеса на станке?
4. Из каких цепей состоит кинематическая схема станка? Что является органами настройки этих цепей?
5. Составьте уравнение баланса для цепей главного движения, деления и подач.
6. Выведите формулы настройки цепей станка.
7. Чем отличаются друг от друга одно-, двух- и трехпроходной кулачки?

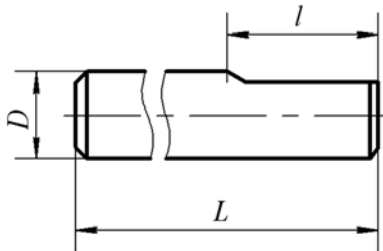
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Вспомогательный инструмент к токарно-револьверным станкам

Таблица А1

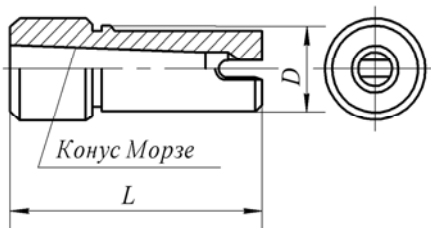
Упоры жесткие



Обозначение	D , мм	L , мм	l , мм
6070-0006	30	160	50

Таблица А2

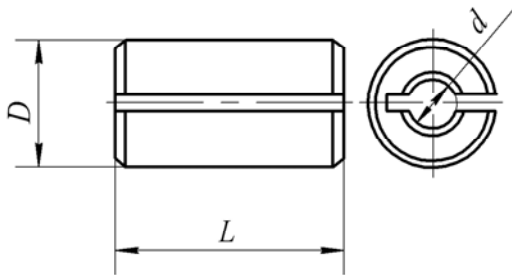
Втулки переходные с буртиком и отверстием конус Морзе
(ГОСТ 17178–71)



Обозначение	Конус Морзе	D , мм	L , мм
6105-0054	1	30	60
6105-0055	2		72
6105-0056	3		90

Таблица А3

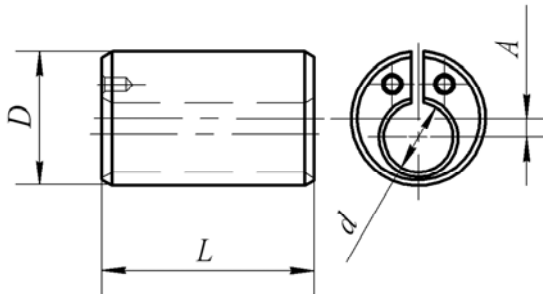
Втулки зажимные цилиндрические (ГОСТ 17179–71)
к токарно-револьверным станкам



Обозначение	D , мм	d , мм	L , мм
6117-0715	30	15	55
6117-0716		16	
6117-0717		20	

Таблица А4

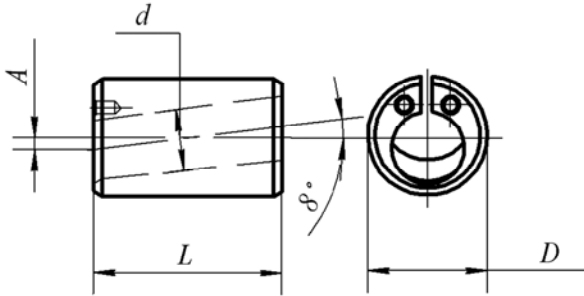
Втулки зажимные с эксцентрически расположенным отверстием
(ГОСТ 17180–71)



Обозначение	D , мм	d , мм	L , мм	A , мм
6117-0761	30	15	55	4
6117-0762		16		

Таблица А5

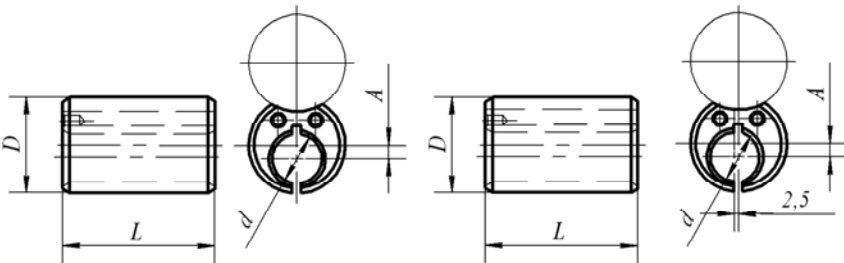
Втулки зажимные с наклонно расположенным цилиндрическим отверстием (ГОСТ 17181–71)



Обозначение	D , мм	L , мм	d , мм	A , мм
6117-0781	30	55	10	7
6117-0782			15	4
6117-0783			16	

Таблица А6

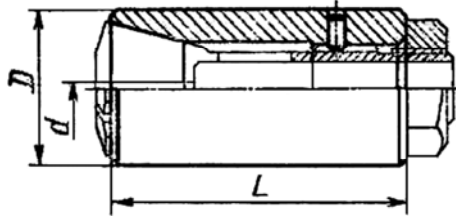
Втулки зажимные для двойных гнезд



Обозначение	D , мм	d , мм	L , мм	A , мм
a – с эксцентрично расположенным цилиндрическим отверстием (ГОСТ 17182–71)				
6117-0804	40	20	55	6
\bar{b} – со смещенным цилиндрическим отверстием (ГОСТ 17183–71)				
6117-0814	40	20	55	6

Таблица А7

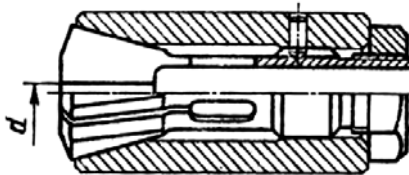
Патроны цанговые (ГОСТ 17200–71)



Обозначение	D , мм	L , мм	d , мм	Применение с цангами
6151-0051	30	63	2–10	6113-0801–6113-0831

Таблица А8

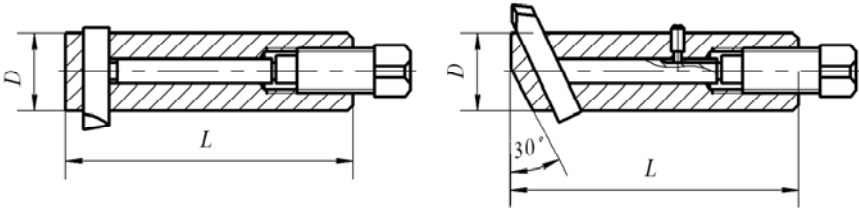
Цанги зажимные для инструмента с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 17201–71)



Обозначение	d , мм	Обозначение	d , мм	Обозначение	d , мм
6113-0801	2,0	6113-0812	4,8	6113-0823	7,5
6113-0802	2,2	6113-0813	5,0	6113-0824	7,8
6113-0803	2,5	6113-0814	5,2	6113-0825	8,0
6113-0804	2,8	6113-0815	5,5	6113-0826	8,3
6113-0805	3,0	6113-0816	5,8	6113-0827	8,7
6113-0806	3,2	6113-0817	6,0	6113-0828	9,0
6113-0807	3,5	6113-0818	6,2	6113-0829	9,3
6113-0808	3,8	6113-0819	6,5	6113-0830	9,7
6113-0809	4,0	6113-0820	6,8	6113-0831	10,0
6113-0810	4,2	6113-0821	7,0		
6113-0811	4,5	6113-0822	7,2		

Таблица А9

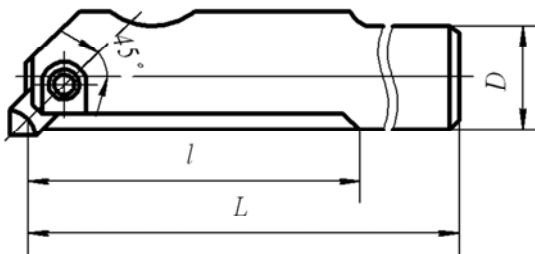
Державки с прямым и косым креплением
призматического резца



Обозначение	D , мм	L , мм	Сечение резца
6500-0006 (1006)	30	125	12 × 12
6500-0007 (1007)		150	
6500-0008 (1008)		200	

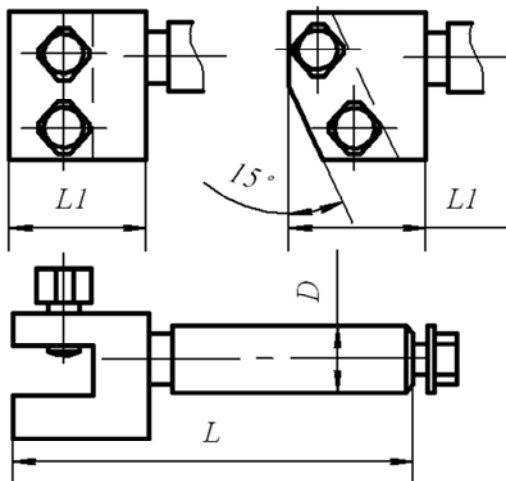
Таблица А10

Державки расточные



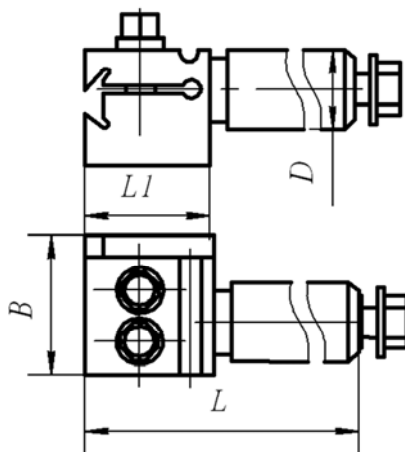
Обозначение	D , мм	L , мм	l , мм	Сечение резца
6500-1026	30	225	125	10 × 10
6500-1027		350		

Державки с прямым и косым креплением реза



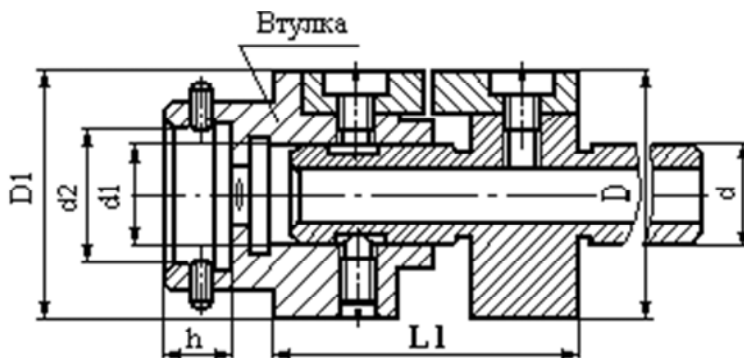
Обозначение	D , мм	L , мм	L_1 , мм	Сечение реза
6504-0011	15	90	45	10 × 10
6504-0012		110	65	
6504-0013			45	
6504-0014		130	65	
6504-0015	20	150	85	12 × 12
6504-0016			85	
6504-0017	30	130	65	16 × 16
6504-0018		150	85	

Державки для отрезных резцов



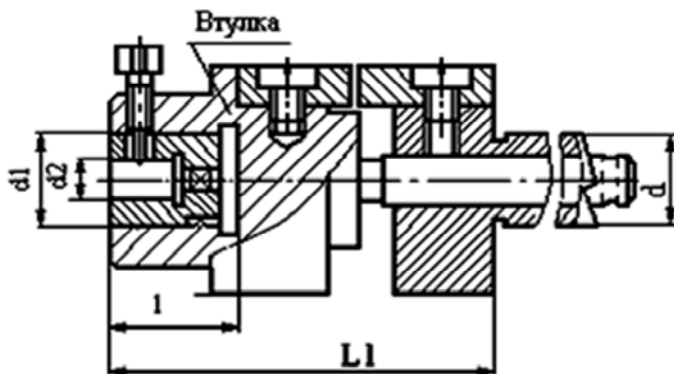
Обозначение	D , мм	L , мм	L_1 , мм	B , мм	Сечение резца
6505-0007	30	90	45	55	4 × 18
6505-0008		135	90		
6505-0009		110	45		
6505-0010		155	90		

Патроны для плашек



Обозначение патрона	d , мм	L_1 , мм	D , мм	Применение со втулками
6161-0054	30	50	70	6140-0010–6140-0018
Обозначение втулки	d_1 , мм	D_1 , мм	d_2 , мм	h , мм
6140-0010	30	70	25	6,5
6140-0011				8,5
6140-0012				7,5
6140-0013			30	10
6140-0014			38	9,5
6140-0015				13
6140-0016				9,5
6140-0017			45	13
6140-0018				17

Патроны для метчиков



Обозначение патрона	d , мм	L_1 , мм	d_1 , мм	Применение со втулками
6161-0004	30	75	20	6142-0007–6142-0011
6161-0005		85	28	
Обозначение втулки	d_2 , мм	d_1 , мм	l , мм	Применение с патронами
6142-0007	6	20	17	6161-0004 6161-0005
6142-0008	7		20	
6142-0009	8			
6142-0010				
6142-0011				
6142-0012	11	28	25	
6142-0013				
6142-0014	12	28	25	
6142-0015	14			
6142-0016	16			

Приложение Б

Режимы резания при обработке инструментом из быстрорежущей стали

Таблица Б1

Рекомендуемые значения подач, мм/об.

Обрабатываемый материал	Продольное точение	Фасонное обтачивание и отрезка	Центрование	Зенкерование	Сверление			
					Диаметр сверла, мм			
					2–4	4–8	8–14	14–20
Сталь 20 $\sigma_B = 400\text{--}500$ МПа	0,07– 0,12	0,02– 0,05	0,10– 0,15	0,06– 0,12	0,03– 0,06	0,03– 0,07	0,06– 0,09	0,07– 0,10
Сталь 45 $\sigma_B = 600\text{--}700$ МПа	0,06– 0,08	0,012– 0,04	0,08– 0,12	0,04– 0,09	0,02– 0,04	0,04– 0,06	0,05– 0,07	0,06– 0,08
Сталь А13 $\sigma_B = 750$ МПа	0,06– 0,15	0,02– 0,06	0,10– 0,15	0,06– 0,13	0,03– 0,06	0,05– 0,08	0,05– 0,10	0,07– 0,12
Латунь	0,1– 0,2	0,03– 0,09	0,16– 0,25	0,08– 0,20	0,06– 0,10	0,09– 0,15	0,1– 0,15	0,12– 0,20
Алюминий	0,08– 0,20	0,02– 0,08	0,16– 0,20	0,08– 0,20	0,05– 0,08	0,07– 0,10	0,08– 0,12	0,10– 0,15

Таблица Б2

Рекомендуемые значения скоростей резания, м/мин

Обрабатываемый материал	Продольное, фасонное обтачивание и отрезка	Сверление	Зенкерование	Нарезание резьбы	
				Метчиками	Плашками
Сталь 20 $\sigma_B = 400\text{--}500$ МПа	45–55	30–40	25–30	3–6	1,8–3,5
Сталь 45 $\sigma_B = 600\text{--}700$ МПа	25–35	20–30	18–20	2–5	1,5–3,0
Сталь А13 $\sigma_B = 750$ МПа	40–60	30–50	20–35	3–8	2,5–5,0
Латунь	80–150	60–110	45–80	6–20	6,0–18
Алюминий	120–200	90–150	60–180	10–30	7,0–25

Учебное издание

ДАНИЛЬЧИК Сергей Сергеевич

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Пособие

для студентов направления специальности
1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)»

Редактор *Т. В. Грищенкова*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 11.12.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 8,02. Уч.-изд. л. 6,27. Тираж 150. Заказ 1101.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.