МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А.В. Проскоков, А.П. Чурбанов

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМ СТАНКАМ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 621.9.06
ББК 30.63-5я73
П82

Проскоков А.В.

П82 Лабораторный практикум по металлорежущим станкам: учебное пособие / А.В. Проскоков, А.П. Чурбанов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

ISBN 0-00000-000-0

В данном пособии раскрывается устройство и наладка универсальных и специальных металлорежущих станков, а также автоматов и полуавтоматов. Изложены назначение, технические характеристики станков, их кинематические схемы, методика настройки на различные виды работы. Приведены примеры проведения лабораторных работ и оформления результатов.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 151000 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 151001 «Технология машиностроения».

.

УДК 621.9.06
ББК 30.63-5я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор КузГТУ
А.Н. Коротков

Доктор технических наук, профессор ТПУ
С.И. Петрушин

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Металлургия чёрных металлов» ЮТИ ТПУ
А.А. Сапрыкин

ISBN 0-00000-000-0

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский технологический институт (филиал), 2013
© Проскоков А.В., Чурбанов А.П. 2013
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2013

Содержание

Правила техники безопасности при работе на металлорежущих станках……..……...…… 4

Лабораторная работа № 1. ПРОВЕРКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ TUM-35……... 5

Лабораторная работа № 2. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ TUM-35 НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ…….. 19

Лабораторная работа № 3. НАСТРОЙКА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 2Н125……..... 32

Лабораторная работа № 4. НАСТРОЙКА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 6Р81Г И ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС……...……...…….. 40

Лабораторная работа № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6Р81Г СТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ……. 55

Лабораторная работа № 6. НАСТРОЙКА ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ РГ 650А……..… 60

Лабораторная работа № 7. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНОГО СТАНКА МОДЕЛИ DN250III……..... 67

Лабораторная работа №8. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1Г340П……. 77

Лабораторная работа № 9. ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКА АВТОМАТА ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ МОДЕЛИ 1В06А……. 94

Список литературы……..… 118

Правила техники безопасности при работе на металлорежущих станках

При проведении лабораторных работ необходимо строго соблюдать правила нахождения в лаборатории металлорежущих станков и выполнять следующие требования преподавателя :

1. На рабочем месте должно находиться только то, что необходимо для работы на данном станке. Все лишние предметы убрать!
2. Необходимо внимательно ознакомиться с устройством, органами управления и приемами работы на станке.
3. Замену инструмента и заготовок, измерение обрабатываемой детали и очистку станка производить только после полной его остановки.
4. Перед пуском станка нужно обязательно опробовать работу механизмов вручную, проверить положение рукояток и других органов управления. При наличии обнаруженных неисправностей станок не включать и принять меры по устранению неисправностей.
5. Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены.
6. Необходимо проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на станке. Ограждения должны быть надежно закреплены.
7. Во время работы оборудования с целью предотвращения травм от попадания стружки необходимо находиться за ограждением.
8. Измерять деталь во время работы станка не разрешается.
9. Удалять стружку только с помощью специальных крючков и скребков.
10. Категорически запрещается пуск станка студентами без разрешения преподавателя или лаборанта. При обнаружении любых неисправностей станка, нарушении правил техники безопасности, травматизма, возникновении пожара немедленно доложить руководителю лабораторных работ.

Лабораторная работа № 1
ПРОВЕРКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ TUM-35

Задание

1. Ознакомиться с наиболее распространенными средствами и приемами проверки геометрической точности станка.

2. Провести проверку геометрической точности станка TUM-35.

3. Составить отчет о проделанной работе.

1. Цель и задачи лабораторной работы

1.1. Ознакомиться с контрольно-измерительными устройствами и приемами работы при проверке геометрической точности станка и взаимного расположения механизмов на станке.

1.2. Ознакомиться с существующими нормами точности станков.

1.3. Научиться самостоятельно составлять схему проверки и производить необходимые измерения геометрических погрешностей токарно-винторезного станка.

1.4. Научиться анализировать результаты производственных проверок путем сравнения их с установленными в станкостроении нормами точности.

1.5. Составить отчет о проделанной работе.

2. Общие методические указания

В процессе создания станка новой конструкции и после изготовления серийного станка, а также после ремонта, перед пуском станка в эксплуатацию, проводятся разные по целям и объему экспериментальные исследования, испытания и проверки станка и его отдельных частей.

Геометрическая точность станка зависит от точности деталей, узлов и качества их сборки. Она должна контролироваться для каждого станка. Точность станка в основном предопределяет точность обработанных на нем деталей. Впервые нормы геометрической точности станков были разработаны Г. Шлезингером в 1927 г. Он предложил систему проверок для определения точности изготовления станков, основанную на предположении что геометрические погрешности являются систематическими и постоянными. В результате чего они полностью переносятся на обработанную поверхность. Эта система позволяет не проводить анализ результирующей погрешности на детали, а заменить проверку

детали соответствующей проверкой станка.

Путем анализа возможных способов формообразования ему удалось выявить связь между погрешностями формы и относительного перемещения инструмента и заготовки на станке, с одной стороны, и погрешностями формы и относительного расположения поверхностей на детали, с другой.

Влияние геометрической погрешности станка оценивается по взаимному расположению инструмента и обрабатываемой детали в статическом состоянии без воздействия на станок силы резания. Допустимые нормы точности станков и методы их проверки определяются ГОСТ 18097-88 и польским стандартом PN-64/M-55650 в зависимости от их типов.

3. Оборудование, приспособления, инструмент

3.1. Проверка геометрической точности определяется на токарно-винторезном станке мод. TUM-35 польского производства. Станок имеет следующие данные:

наибольший диаметр точения над станиной, мм – 350;
наибольший диаметр точения над суппортом, мм – 200;
наибольшая длина точения в центрах, мм –1000;
ширина станины по плоскости направляющих, мм – 255;
высота центров, мм – 180;
наибольшее перемещение верхнего суппорта от торцевой плоскости поперечного суппорта:
вперед, мм – 55;
назад, мм – 60;
конус отверстия шпинделя, Морзе 5;
диаметр отверстия шпинделя, мм – 36;
конус отверстия пиноли задней бабки, Морзе 4;
наибольшее перемещение пиноли задней бабки, мм – 100;
наибольшее поперечное перемещение задней бабки, мм – 10;
количество скоростей шпинделя – 14;
пределы скоростей шпинделя, об/мин – 28...2500;
количество подач – 9;
пределы подач: продольных, мм/об – 0,04...0,4;
поперечных, мм/об – 0,02...0,2;
сечение стержня резца, мм – 16;
мощность электродвигателя главного привода, кВт – 3,0;
габаритные размеры (длина, ширина, высота) – 2470x1000x1410;
масса, кг – 1300.

3.2. Индикатор (с ценой деления 0,001 мм) на стойке с магнитным основанием.

3.3. Проверочная линейка с ценой деления, мм – 1.

3.4. Проверочный уровень.

3.5. Щуп.

3.6. Контрольные оправки:

– цилиндрическая с конусом Морзе 5;

– торцовая с конусом Морзе 5;

– цилиндрическая с конусом Морзе 4;

– цилиндрическая с центровыми отверстиями.

3.7. Универсальный мостик.

3.8. Набор плоскопараллёльных мер.

4. Порядок выполнения работы

Перед выполнением измерений геометрических погрешностей токарного станка необходимо изучить паспортные данные станка, измерительные приборы и оправки, а также последовательность выполнения замеров. Измерения проводить в следующей последовательности:

4.1. Отклонение от прямолинейности направляющих суппорта станка (станины) в вертикальной плоскости (рис. 1.1).

4.1.1. Установить мостик на передней направляющей суппорта станка.

4.1.2. Параллельно к направляющей установить на мостике уровень.

4.1.3. Перемещая мостик по всей длине направляющей, снять показания уровня через каждые L= 300 мм.

4.1.4. Установить мостик с уровнем на задней направляющей и повторить замеры.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний шкалы уровня. Допустимые отклонения передней и задней направляющих 0..0,02 мм на длине 1000 мм. Вогнутость не допускается.

4.2. Отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (рис. 1.2).

4.2.1. Установить уровень на суппорте около резцедержателя, параллельно направлению перемещения суппорта. Резцедержатель должен быть расположен как можно ближе к оси центров станка.

4.2.2. Перемещая суппорт в продольном направлении на всю длину хода, произвести измерение не более чем через 200 мм. Допустимое отклонение 0,025 мм на длине 800 мм. Вогнутость не допускается.

4.2.3. Сравнить фактическое отклонение с отклонением по п. 4.1.

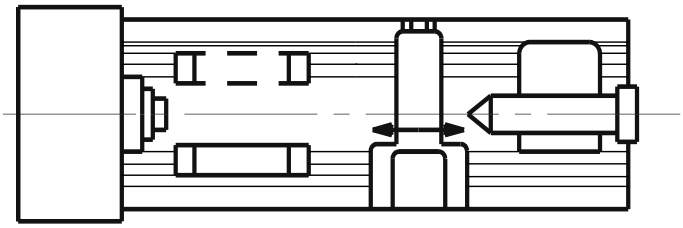


Рис. 1.1. Схема измерения отклонения от прямолинейности направляющих суппорта станка

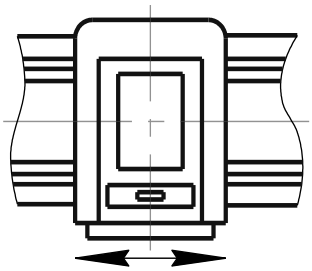


Рис. 1.2. Схема измерения отклонения от прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости

4.3. Отклонение от параллельности направляющих суппорта станка (станины) на отсутствие короблений (рис. 1.3).

4.3.1. Установить мостик на станине на направляющих суппорта станка.

4.3.2. Установить на мостике уровень перпендикулярно к продольным направляющим.

4.3.3. Перемещая мостик по всей длине станины, снять показания уровня через каждые 300 мм. Допускаемое отклонение 0,02 мм на длине 1000 мм.

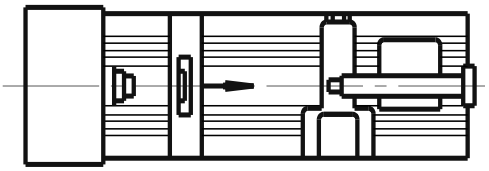


Рис. 1.3. Схема измерения отклонения от параллельности направляющих суппорта станка

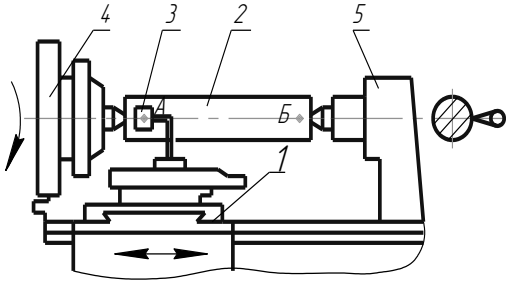


Рис. 1.4. Схема измерения отклонения от прямолинейности продольного перемещения суппорта станка

4.4. Отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта станка в горизонтальной плоскости (рис. 1.4).

4.4.1. Контрольную оправку, длиной отвечающей расстоянию между центрами, с цилиндрической измерительной поверхностью установить в центрах передней 4 и задней 5 бабок. Резцедержатель должен быть расположен как можно ближе к оси центров станка.

4.4.2. Установить и закрепить индикатор на суппорте 1 станка в резцедержателе, коснувшись измерительным наконечником боковой образующей контрольной оправки перпендикулярно к ее оси. Переме-

щая суппорт 1 станка в продольном направлении по длине оправки, снять показания индикатора в точках А и Б.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора. Допускаемое отклонение 0,015 мм на длине 1000 мм.

4.5. Отклонение, от параллельности линии центров по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости (рис. 1.5).

4.5.1. Установить в центрах передней 1 и задней 5 бабок контрольную оправку 2 с цилиндрической поверхностью.

4.5.2. Закрепить индикатор 3 на суппорте 4 станка и, коснувшись его измерительным наконечником верхней образующей контрольной оправки в вертикальной плоскости перпендикулярно к ее оси в точке А, переместить суппорт на длину 700 мм и произвести измерение в точке Б.

4.5.3. Повернуть шпиндель на 180° и повторить измерения в точках А и Б. Отклонение определяют как среднюю арифметическую величину двух указанных измерений, каждая из которых определяется алгебраической разностью показаний индикатора на концах контрольной оправки. Допустимое отклонение 0..0,03 мм.

4.6. Отклонение от параллельности перемещения задней бабки; по отношению к перемещению суппорта станка (рис. 1.6): а – в вертикальной плоскости; б – в горизонтальной плоскости.

4.6.1. Установить суппорт 1 и заднюю бабку 4 в крайнее положение на направляющих станины (правое или левое). Пиноль 3 вдвинуть в заднюю бабку на 0,8 хода и закрепить.

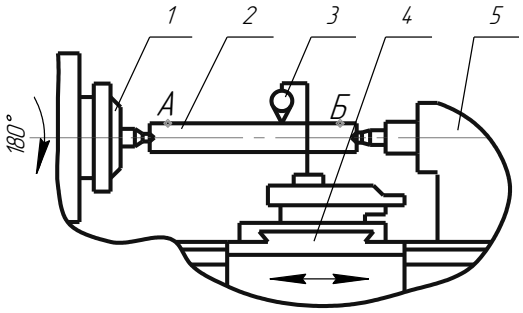


Рис. 1.5. Схема измерения отклонения, от параллельности линии центров по отношению к направляющим станины

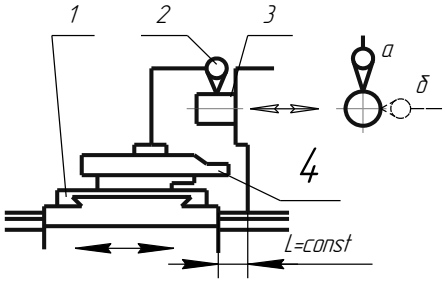


Рис. 1.6. Схема измерения отклонения от параллельности перемещения задней бабки

4.6.2. Установить и закрепить индикатор 2 на суппорте станка, коснувшись измерительным наконечником образующую пиноли задней бабки перпендикулярно к ее оси.

4.6.3. Перемещая суппорт и заднюю бабку станка одновременно (при этом расстояние между суппортом и задней бабкой должно быть постоянным) на всю длину ее хода, снять показания индикатора не более чем через 0,3 длины хода с остановками для измерения и закрепления задней бабки.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора при первоначальном и последующем положениях задней бабки и суппорта.

Допустимое отклонение в вертикальной плоскости 0,04 мм, в горизонтальной плоскости 0,025 мм.

4.7. Отклонение параллельности направляющих задней бабки по отношению к перемещению суппорта станка (рис. 1.7).

4.7.1. Установить и закрепить индикатор на суппорте станка, коснувшись измерительным наконечником перпендикулярно поверхности направляющей задней бабки.

4.7.2. Перемещая суппорт станка по всей длине направляющих, снять показания индикатора.

4.7.3. Произвести замеры всех поверхностей направляющих задней бабки поочередно. Допустимое, отклонение по всей длине точения 0,015 мм.

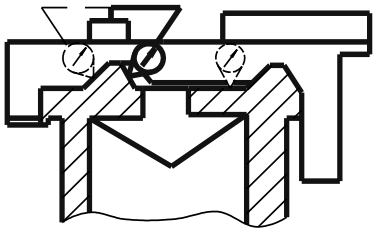


Рис. 1.7. Схема измерения отклонения параллельности направляющих задней бабки по отношению к перемещению суппорта станка

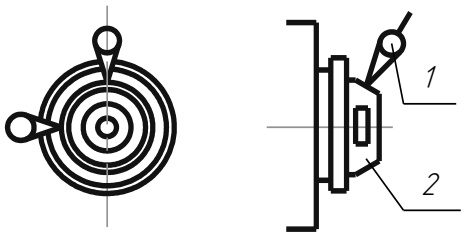


Рис. 1.8. Схема измерения радиального биения центрирующей поверхности шпинделя передней бабки

4.8. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки (рис. 1.8).

4.8.1. Установить и закрепить индикатор 1 на неподвижной части станка, коснувшись измерительным наконечником перпендикулярно образующей конической поверхности шпинделя 2.

4.8.2. Вращая шпиндель станка в рабочем направлении, снять показания индикатора. При измерении шпиндель должен сделать не менее

двух оборотов. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора. Допустимое отклонение 0,008 мм.

4.9. Осевое биение шпинделя передней бабки (рис. 1.9).

4.9.1. Установить контрольную оправку 2 в конусное отверстие 1 передней бабки станка.

4.9.2. Установить и закрепить на неподвижной части станка индикатор 3, коснувшись измерительным наконечником центра поверхности оправки 2 вдоль оси шпинделя станка.

4.9.3. Вращая шпиндель в рабочем направлении, произвести измерения по показаниям индикатора. При измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность результатов измерений. Допустимое отклонение 0,008 мм.

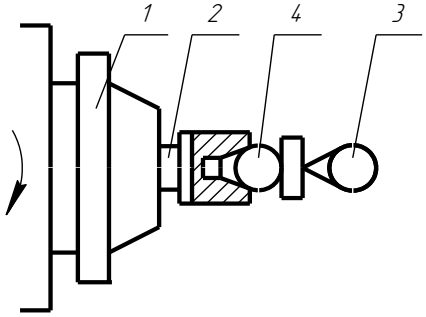


Рис. 1.9. Схема измерения осевое биение шпинделя передней бабки

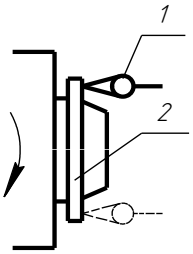


Рис. 1.10. Схема измерения осевого биения торцевой поверхности опорного буртика фланца шпинделя

4.10. Осевое биение торцевой поверхности опорного буртика фланца шпинделя передней бабки (рис. 1.10).

4.10.1. Установить и закрепить на неподвижной части станка индикатор 1, коснувшись измерительным наконечником перпендикулярно торцевой поверхности опорного буртика шпинделя 2 на возможно большем расстоянии от его центра.

4.10.2. Вращая шпиндель в рабочем направлении, снять показания индикатора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях диаметрально противоположных точках поочередно (в 4-х точках на поверхности фланца через каждые 90°). При каждом измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положении. Допустимое отклонение – 0,015 мм.

4.11. Радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки (рис. 1.11): а) – у торца; б) – на длине L=300 мм.

4.11.1. В коническое отверстие шпинделя (Морзе 5) установить контрольную оправку 3 с цилиндрической измерительной поверхно-

стью.

4.11.2. На неподвижной части станка установить и закрепить индикатор 2, касаясь измерительным наконечником поверхности контрольной оправки в точке А в направлении ее оси, перпендикулярно образующей.

4.11.3. Вращая шпиндель в рабочем направлении, произвести замеры по показаниям индикатора. При измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов.

4.11.4. Повторить измерения в точке Б. Замеры произвести 4-х кратно, меняя каждый раз положение оправки в конусном отверстии шпинделя через каждые 90° в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положении. Допустимые отклонения: у торца – 0,008 мм, на длине L = 300 мм – 0,025 мм.

4.12. Отклонение от параллельности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к продольному перемещению суппорта станка в плоскостях: а – вертикальной, б – горизонтальной (рис. 1.12).

4.12.1. Установить контрольную оправку 3 с цилиндрической измерительной поверхностью в конусное отверстие шпинделя 1.

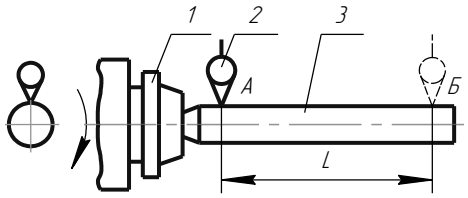


Рис. 1.11. Схема измерения радиального биения конического отверстия шпинделя передней бабки

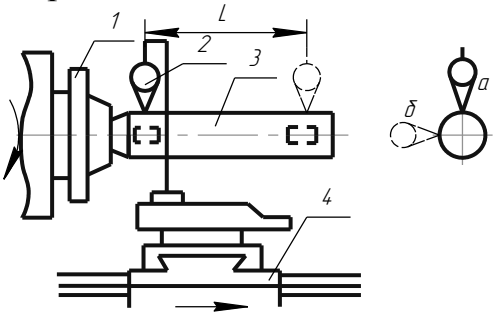


Рис. 1.12. Схема измерения отклонения от параллельности оси вращения шпинделя передней бабки

4.12.2. Установить на суппорте 4 и закрепить в резцедержателе индикатор 2, касаясь измерительным наконечником в вертикальной плоскости перпендикулярно к образующей поверхности оправки в направлении к ее оси.

4.12.3. Перемещая суппорт в продольном направлении вдоль станины станка на всю длину хода L, снять показания индикатора.

4.12.4. Повернуть шпиндель на 180° и повторить замер.

4.12.5. Повторить измерение в горизонтальной плоскости.

Отклонение определяют как среднеарифметическую величину нескольких измерений в каждой плоскости, каждый из которых опреде-

ляют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора при перемещении суппорта.

Допустимое отклонение на расстоянии L = 300 мм:

а) в вертикальной плоскости 0..0,02 мм;

б) в горизонтальной плоскости 0..0,01, мм.

Свободный конец оправки может отклоняться вверх и в направлении к резцу.

4.13. Отклонение от параллельности продольного перемещения верхних салазок суппорта по отношению к оси вращения шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости (рис. 1.13).

4.13.1. Установить контрольную оправку 3 с цилиндрической измерительной поверхностью в конусное отверстие шпинделя 1.

4.13.2. Установить в верхних салазках суппорта 4 и закрепить в резцедержателе индикаторный прибор 2, коснувшись измерительным наконечником перпендикулярно образующей измерительной поверхности оправки в направлении к ее оси в вертикальной плоскости.

4.13.3. Салазки верхнего суппорта установить таким образом, чтобы они в горизонтальной плоскости были отдалены на одинаковом расстоянии от концов оправки.

4.13.4. Перемещая верхние салазки суппорта вдоль оси шпинделя, произвести измерения не менее чем в трех поперечных сечениях оправки – крайних и средних.

Для определения наибольшего показания индикатора в каждом из положений суппорта верхнюю часть его перемещают в поперечном направлении вперед и назад.

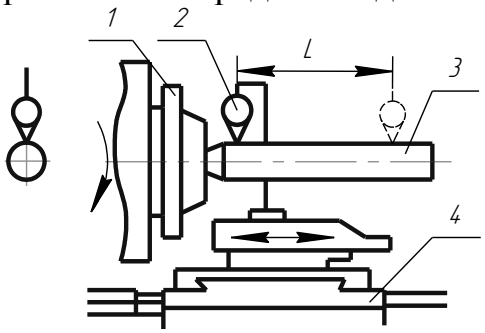


Рис. 1.13. Схема измерения отклонения от параллельности продольного перемещения верхних салазок суппорта

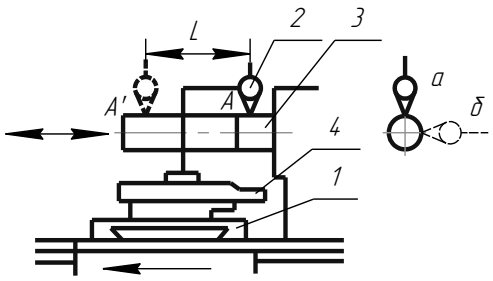


Рис. 1.14. Схема измерения отклонения от параллельности перемещения пиноли задней бабки

4.13.5. Повернуть шпиндель на 180° и повторить замер.

Отклонение определяют как среднее арифметическое двух указанных измерений, каждое из которых определяется как наибольшая алгебраическая разность показаний индикатора в указаниях положениях са-

лазок суппорта. Допустимое отклонение от 0 до 0,020 мм на длине L=100 мм. Свободный конец оправки может отклоняться только вверх.

4.14. Отклонение от параллельности перемещений пиноли задней бабки по отношению к продольному перемещению суппорта в вертикальной и в горизонтальной плоскостях (рис. 1.14).

4.14.1. Установить заднюю бабку в положение, предусмотренное для проверки (см. п. 4.6) с учетом обеспечения хода каретки на длину L.

4.14.2. Вдвинуть пиноль 3 в заднюю бабку 4 и зажать.

1.14.3. Установить и закрепить индикатор 2 на верхнем суппорте станка, коснувшись измерительным наконечником в вертикальной плоскости перпендикулярно образующей поверхности в точке А в направлении к ее оси и снять показания.

4.14.4. Отжать пиноль и, выдвинув на длину больше L, снова зажать.

4.14.5. Переместить суппорт станка с индикатором в продольном направлении в сторону передней бабки к той же точке касания А на образующей пиноли задней бабки измерительным наконечником индикатора.

4.14.6. Повторить замеры в горизонтальной плоскости. Отклонение в каждой из плоскостей определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в двух указанных положениях пиноли и суппорта.

Допустимое отклонение на всей длине выдвижения:

а) в вертикальной плоскости – 0..0,02 мм;

б) в горизонтальной плоскости – 0..0,01 мм.

Свободный конец пиноли может отклоняться вверх и в сторону инструмента.

4.15. Отклонение от параллельности оси конусного отверстия пиноли задней бабки по отношению к перемещению суппорта станка в плоскостях: (рис. 1.15)

а) в вертикальной плоскости;

б) в горизонтальной плоскости.

4.15.1. Установить контрольную оправку 1 с цилиндрической измерительной поверхностью в конусное отверстие вдвинутой и зажатой пиноли 3 задней бабки.

4.15.2. Установить на суппорте 4 индикатор 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки в вертикальной плоскости перпендикулярно образующей в направлении к ее оси.

4.15.3. Переместить суппорт станка по станине в продольном направлении на длину L и снять показания индикатора. Отклонение

определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в указанных положениях суппорта. Допустимые отклонения на длине L = 200 мм: а) в вертикальной плоскости – 0..0,020 мм; б) в горизонтальной плоскости – 0..0,020 мм. Свободный конец оправки может отклоняться вверх и в сторону инструмента.

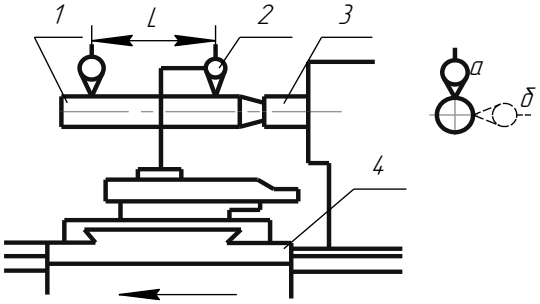


Рис. 1.15. Схема измерения отклонения от параллельности оси конусного отверстия пиноли задней бабки

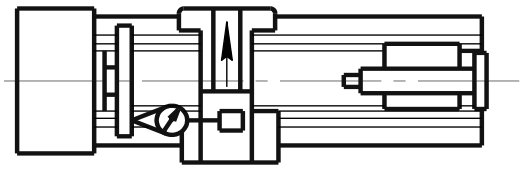


Рис. 1.16. Схема измерения отклонения от перпендикулярности перемещения поперечного суппорта

4.16. Отклонение от перпендикулярности перемещения поперечного суппорта по отношению к оси шпинделя станка (рис. 1.16).

4.16.1. Установить в конусное отверстие шпинделя станка специальный контрольный диск (линейку).

4.16.2. Установить и закрепить на поперечном суппорте станка индикатор так, чтобы измерительный наконечник касался перпендикулярно торцевой поверхности контрольного диска (линейки).

4.16.3. Перемещая поперечный суппорт на длину L, снять показания индикатора.

4.16.4. Повернуть шпиндель станка на 180° и повторить замер. Отклонение определяют как среднее арифметическое результатов двух замеров. Допустимое отклонение на длине L = 150 мм – 0..0,20 мм.

Допускается единственное отклонение, при котором обработанная торцевая поверхность будет только вогнутой.

4.17. Осевое биение ходового винта продольной подачи (рис. 1.17).

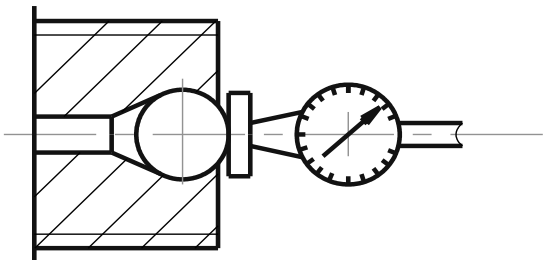


Рис. 1.17. Схема измерения осевого биения ходового винта продольной подачи

4.17.1. Установить шарик в центровое отверстие ходового винта.

4.17.2. Установить и закрепить на станине станка индикатор так, чтобы измерительный наконечник индикатора касался шарика через плоскопараллельные плитки по оси ходового винта. Вращая ходовой винт в правую сторону, снять показания индикатора. При этом обеспечить осевую нагрузку, которая может быть создана суппортом станка, перемещающегося после сопряжения ходового винта с ходовой маточной гайкой.

4.17.3. Повторить замер при вращении ходового винта в левую сторону. Допустимое отклонение 0,010 мм.

4.18. Осевое биение ходового винта поперечной подачи (То же, что и в п. 4.17).

5. Контрольные вопросы

5.1. Точность станков и способы ее оценки.

5.2. От чего зависят и что характеризуют геометрические погрешности в металлорежущих станках?

5.3. Какими документами регламентируются нормы точности станков?

5.4. На что влияет геометрическая точность станка?

5.5. Перечислите методы повышения точности станков.

6. Содержание отчета

1. Перечислить основные паспортные данные станка.

2. Заполнить таблицу 1.1 в виде:

Таблица 1.1

Результаты измерений геометрической погрешности станка модели TUM-35

Номер проверки	Что проверяется	Схема проверки	Допустимое отклонение по ГОСТ 18097-72 и польскому стандарту PN/M-55650	Фактическое отклонение
1	Отклонение от прямолинейности направляющих суппорта станка (станины) в вертикальной плоскости	(рис. 1.1)	Отклонение передней и задней направляющих 0..0,02 мм на длине 1000 мм	
2	Отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикально плоскости	(рис. 1.2)	0,02 мм на длине 1000 мм	

Продолжение таблицы 1.1

Номер проверки	Что проверяется	Схема проверки	Допустимое отклонение по ГОСТ 18097-72 и польскому стандарту PN/M-55650	Фактическое отклонение
3	Отклонение от параллельности направляющих суппорта станка (станины) на отсутствие короблений	(рис. 1.3)	0,02 мм на длине 1000 мм	
4	Отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта станка в горизонтальной плоскости	(рис. 1.4)	0,015 мм на длине 1000 мм	
5	Отклонение, от параллельности линии центров по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости (рис. 1.5).	(рис. 1.5)	0..0,03 мм	
6	Отклонение от параллельности перемещения пиноли задней бабки; по отношению к перемещению суппорта станка	(рис. 1.6)	в вертикальной плоскости 0,04 мм, в горизонтальной плоскости 0,025 мм	
7	Отклонение параллельности направляющих задней бабки по отношению к перемещению суппорта станка	(рис. 1.7)	0,015 мм	
8	Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон	(рис. 1.8)	0,008 мм	
9	Осевое биение шпинделя передней бабки	(рис. 9)	0,008 мм	
10	Осевое биение торцевой поверхности опорного буртика фланца шпинделя передней бабки	(рис. 1.10)	0,015 мм	
11	Радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки, проверяемое: а) у торца; б) на длине L = 300 мм	(рис. 1.11)	у торца – 0,008 мм, на длине L=300 мм – 0,025 мм	

Продолжение таблицы 1.1.

Номер проверки	Что проверяется	Схема проверки	Допустимое отклонение по ГОСТ 18097-72 и польскому стандарту PN/M-55650	Фактическое отклонение
12	Отклонение от параллельности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к продольному перемещению суппорта станка в плоскостях: а – вертикальной, б – горизонтальной	(рис. 1.12)	на расстоянии L=300 мм: а) в вертикальной плоскости 0..0,02 мм; б) в горизонтальной плоскости от 0 до 0,01 мм	
13	Отклонение от параллельности продольного перемещения верхних салазок суппорта по отношению к оси вращения шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости	(рис. 1.13)	от 0 до 0,020 мм на длине L=100 мм	
14	Отклонение от параллельности перемещений пиноли задней бабки по отношению к продольному перемещению суппорта в плоскостях: а) в вертикально, б) в горизонтальной.	(рис. 1.14)	а) в вертикальной плоскости – 0..0,02 мм; б) в горизонтальной плоскости – 0..0,01 мм	
15	Отклонение от параллельности оси конусного отверстия пиноли задней бабки по отношению к перемещению суппорта станка в плоскостях: а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости	(рис. 1.15)	на длине L=200 мм: а) в вертикальной плоскости – 0..0,020 мм; б) в горизонтальной плоскости – 0..0,020 мм	
16	Отклонение от перпендикулярности перемещения поперечного суппорта по отношению к оси шпинделя станка	(рис. 1.16)	на длине L=150 мм ..0,20 мм	
17	Осевое биение ходового винта продольной подачи	(рис. 1.17)	0,010 мм	

Лабораторная работа № 2
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ TUM-35 НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Задание

1. Рассчитать режимы резания для нарезания резьбы.

2. Настроить токарно-винторезный станок на нарезание многозаходной резьбы однопрофильным резцом.

1. Цель работы

1. Ознакомиться с общим видом токарно-винторезного станка.

2. Изучить органы управления станком.

3. Выбрать необходимую частоту вращения шпинделя.

3. Научиться налаживать механизмы подач на заданный шаг нарезаемой резьбы.

4. Ознакомиться с рабочими приемами нарезания резьбы резцом, методами нарезания многозаходной резьбы.

5. Ознакомиться с методами контроля шага нарезаемой резьбы.

2. Оборудование, приспособления, инструмент

1. Токарно-винторезный станок модели TUM-35.

2. Токарный резьбовой резец.

3. Штангенциркуль.

3. Исходные данные (задаются преподавателем)

а) тип резьбы;

б) шаг резьбы, мм;

в) направление резьбы;

г) число заходов;

д) материал заготовки.

4. Общие методические указания

Токарно-винторезный станок TUM-35 (Рис.2.1.) предназначен для точения, растачивания, протачивания канавок (наружных и внутренних), сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьб резцами, плашками, метчиками деталей типа тел вращения.

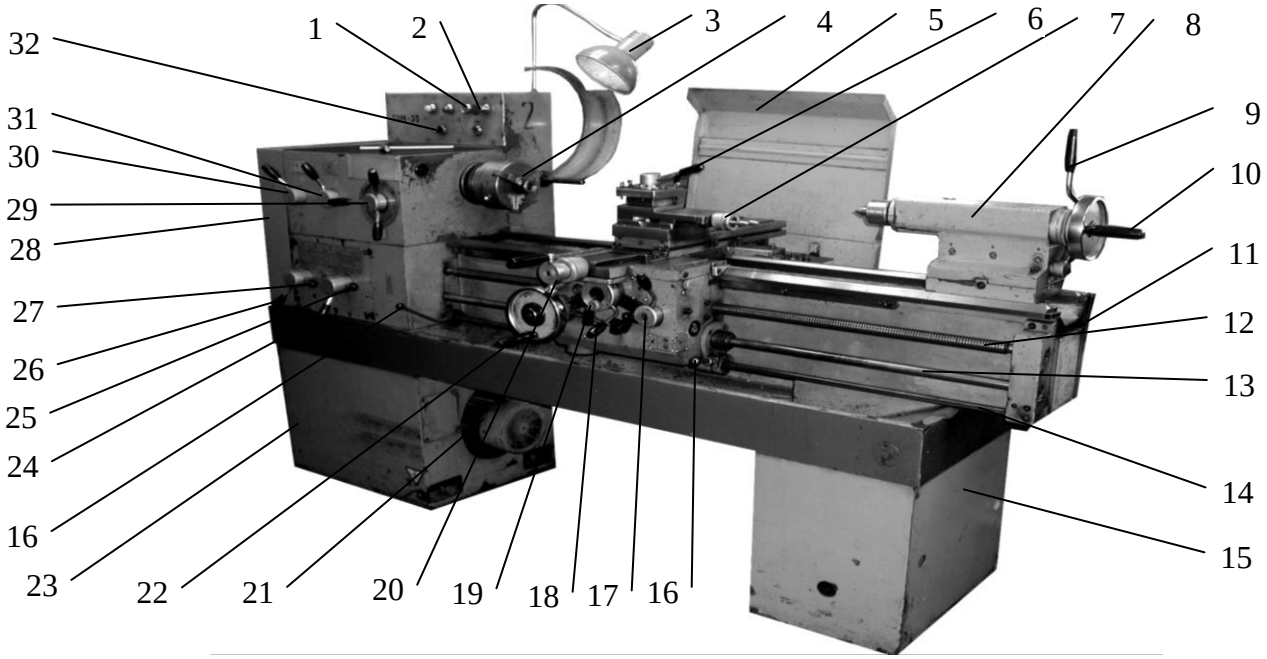


Рис. 2.1. Общий вид токарно-винторезного станка модели TUM-35

1 – кнопка включения подвода тока к цепи управления; 2 – кнопка аварийный СТОП; 3 – лампа освещения; 4 – шпиндель с патроном; 5 – щиток суппорта; 6 – резцедержатель; 7 – маховичок ручного перемещения верхнего суппорта; 8 – задняя бабка; 9 – рукоятка зажима и отжима задней бабки; 10 – маховичок перемещения пиноли задней бабки; 11 – станина; 12 – ходовой винт; 13 – ходовой вал; 14 – вал переключения вращения шпинделя; 15 – тумба правая; 16 – рукоятка поворота вала 14; 17 – рукоятка включения маточной гайки и ходового винта; 18 – рукоятка включения механической подачи суппортов; 19 – переключение направления подачи; 20 – рукоятка ручного перемещения поперечного суппорта; 21 – электродвигатель; 22 – рукоятка ручного перемещения продольного суппорта; 23 – тумба левая; 24 – рукоятка управления основной передачей коробки подач; 25 – рукоятка наладки шага резьбы и отключения ходового винта от привода; 26 – рукоятка управления повышающей передачей; 27 – рукоятка переключения величин подач и видов резьбы; 28 – передняя бабка; 29 – штурвал переключения оборотов шпинделя; 30 – рукоятка отключения привода подач от главного привода; 31 – рукоятка переключения шпинделя (1:1 и 1:8); 32 – кнопка включения подачи охлаждающей жидкости

4.1. Техническая характеристика станка

1. Наибольший диаметр точения над станиной, мм	360.
2. Наибольший диаметр точения над суппортом, мм	200.
3. Наибольшая длина точения в центрах, мм	1000.
4. Высота центров, мм	180.
5. Наибольшее перемещение верхнего суппорта от торцевой плоскости поперечного суппорта, мм:	
- вперед	55.
- назад	60.
6. Конус отверстия шпинделя	Морзе №5.
7. Диаметр отверстия шпинделя, мм	36.
8. Наибольшее перемещение пиноли задней бабки, мм	100.
9. Конус отверстия пиноли задней бабки,	Морзе №4.
10. Наибольшее поперечное перемещение задней бабки, мм	± 10.
11. Количество скоростей шпинделя	14.
12. Количество подач	9.
13. Пределы подач, мм/об:	
- продольных	0,04 ч 0,4;
- поперечных	0,02 ч 0,2.
14. Резьба: метрическая:	
- количество	38;
- пределы, шаг в мм	0,02–18;
дюймовая:	
- количество	35;
модульная:	
- количество	31;
- пределы, шаг в мм	0,4–13,5;
питчевая:	
- количество	25;
- пределы, шаг / π	2/3.
15. Шаг резьбы ходового винта, мм	6.
16. Сечение стержня резца, мм	16×16.
17. Мощность электродвигателя главного привода, кВт	3,5.
18. Масса токарного станка, кг	1300.
19. Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2470×1000×1410.

4.2. Приемы нарезания резьб

В зависимости от направления вращения при завинчивании резьбы бывают левозаходные и правозаходные, нарезание которых обеспечива-

ется направлением движения подачи слева–направо или наоборот.

По количеству заходов или по числу непрерывных ниток резьбы, расположенных эквидистантно на поверхности детали, различают однозаходные и многозаходные резьбы. В многозаходной резьбе различают ход и шаг резьбы. Ходом многозаходной резьбы называется расстояние между одноименными точками одного витка одной нитки резьбы, измеренное в направлении оси вращения детали.

При нарезании многозаходных резьб применяют различные методы деления винтовых канавок в соответствии с числом заходов: деление с помощью специального градуированного патрона, в котором после нарезания раскрепляют и поворачивают поводковую часть относительно корпуса на 180° при двухзаходной, 120° при трехзаходной и на 90° при четырехзаходной резьбе; смещение верхних салазок суппорта на величину шага резьбы; применяют резцовые блоки, в которых резцы устанавливают вершинами на одном уровне и с шагом, равным шагу нарезаемой резьбы.

4.3. Структурная схема станка (рис. 2.2)

В токарно-винторезном станке при нарезании резьбы создается два согласованных исполнительных движения формообразования $\Phi_v(B_1П_2)$: B_1 – вращение заготовки и продольное перемещение резца $П_2$. Эти движения служат для получения направляющей линии методом следа. Для получения образующей линии используется метод копирования, при котором профиль инструмента (резца) соответствует профилю резьбы (метрическая, прямоугольная, трапецеидальная и т. д.).

Кинематическая группа движения резания $\Phi_v(B_1П_2)$ состоит из внутренней кинематической связи, обеспечивающей траекторию движения и внешней кинематической связи, передающей движение от двигателя во внутреннюю кинематическую связь.

Внутренняя кинематическая связь этой группы состоит из следующей кинематической цепи: шпиндель – реверс $Р_2$ – гитара i_x – коробка подач i_5 – ходовой винт.

Внешняя кинематическая связь группы состоит: электродвигатель $М_1$ – реверс $Р_1$ – коробка скоростей i_v – шпиндель. Движение резания $\Phi_v(B_1П_2)$ – это движение с незамкнутой траекторией и поэтому кинематическая группа скорости резания имеет все пять органов настройки по траектории, пути, скорости, направлению и исходной точке.

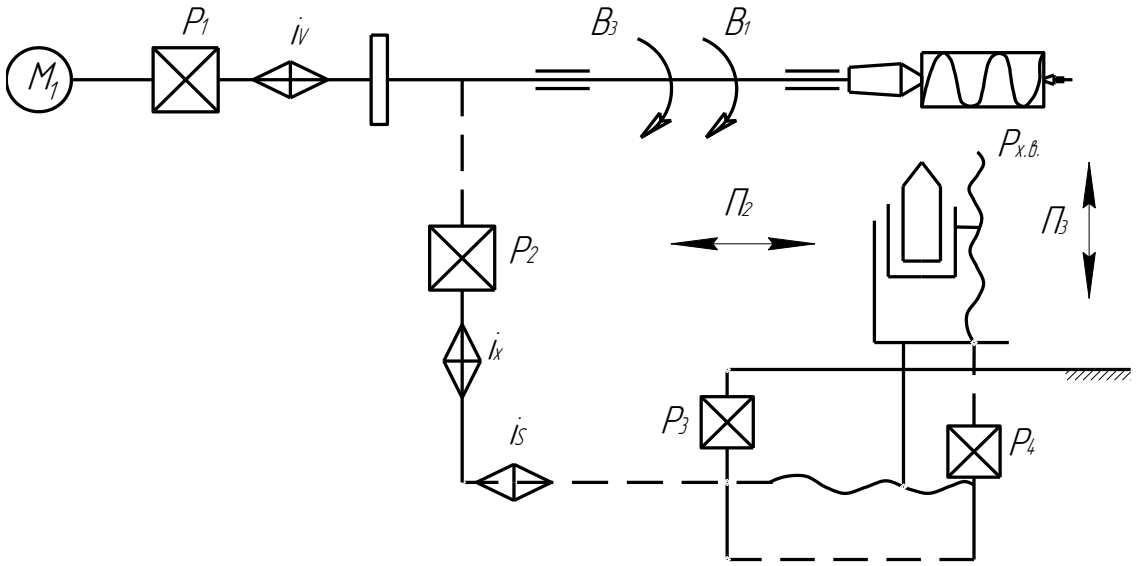


Рис. 2.2. Структурная схема токарно-винторезного станка

При нарезании стандартных резьб нормальной точности органами настройки является гитара i_x и коробка подач i_s, которые используются и для образования подач при токарной обработке.

Группа $\Phi_v(B_1П_2)$ на скорость движения настраивается коробкой скоростей, на направление резания – реверсом P_1 на путь и исходную точку – вручную оператором. Реверс P_1 производится электродвигателем привода главного движения.

4.4. Кинематическая схема станка (рис. 2.3)

Шпиндель получает вращение от 3^x фазного электродвигателя N=3 кВт n=1500 об/мин посредством двух тройных блоков $Б_6$ и $Б_7$ коробки скоростей с получением 9-ти частот вращения через муфту М1 – быстроходная кинематическая цепь или через шестерни 24/51 и 16/59 дополнительно 9-ти частот вращения по тихоходной кинематической цепи. Управление муфтой М1 и шестерней z =16 производится одной рукояткой 31, включающей перебор с передаточным отношением 1/1 и 1/8. На шпинделе станка будет получено $Z_q = (3\cdot 3+3\cdot 3)-4=14$ частот вращения от n_{min}=28 об/мин до n_{max} =2500 об/мин (четыре частоты вращения одинаковы по величине). Уравнение кинематического баланса частоты вращения шпинделя станка с учетом упругого скольженияременной передачи имеет вид:

$$n_{\min} = 1500 \cdot i_{Б7} \cdot i_{Б8} \cdot \frac{132}{147} \text{ или } 1500 \cdot i_{Б7} \cdot i_{Б8} \cdot \frac{132}{147} \cdot \frac{24}{51} \cdot \frac{16}{59} \text{ мин}^{-1},$$

где 1500 – частота вращения электродвигателя.

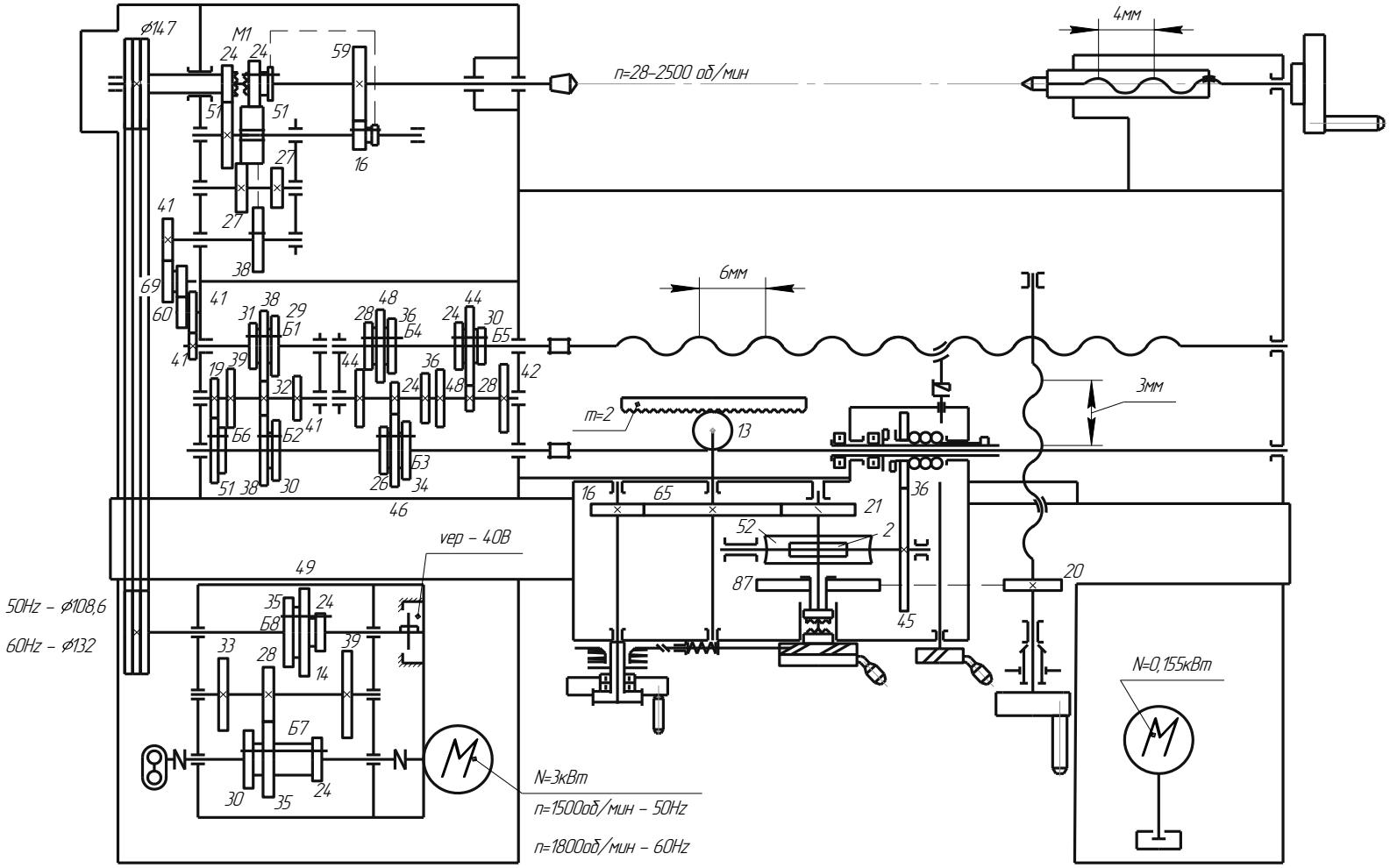


Рис. 2.3. Кинематическая схема токарно-винторезного станка TUM-35

Рис. 2.4. Штурвал установки частот вращения шпинделя

Торможение привода главного движения осуществляется электромагнитной муфтой, установленной на валу XII коробки скоростей станка.

Внутренняя связь кинематической группы $\Phi_v(В_1П_2)$, необходимая для образования различных резьб по кинематической схеме станка состоит из звена увеличения шага механизма реверса, гитары сменных колес, коробки подач и ходового винта. Движение во внутреннюю связь берется непосредственно от шпинделя станка с реверсированием направления вращения и отключения его перемещением шестерни z=38 вдоль вала IV, который является ведущим валом гитары сменных колес при необходимом передаточном отношении которых (табл. 2.1) в зависимости от зацепления получаем различные виды резьб. Кроме того, необходимо установить рукоятку 26 (рис. 2.5) на положение:

A – метрическая мелкошаговая резьба;

B – метрическая и модульная резьба;

C – дюймовая и питчевая резьба.

Рукоятками 24 и 25 (рис. 2.1 и 2.5) устанавливается необходимый шаг резьбы за счет перемещения блоков $Б_1$, $Б_2$. Рукоятками 26 и 27 производится уменьшение шага резьбы в соответствии 1:1, 1:2, 1:4 перемещением блоков $Б_3$, $Б_4$, $Б_5$ и $Б_6$.

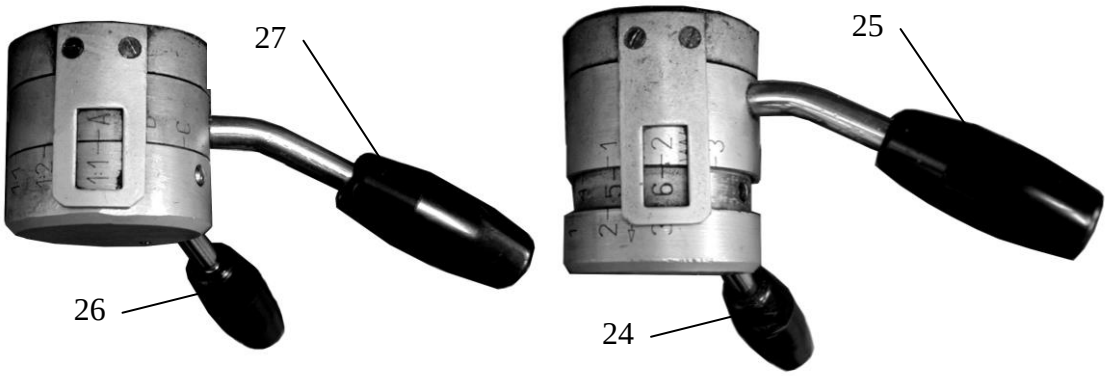


Рис. 2.5. Рукоятки настройки величины подачи или шага нарезаемой резьбы

В таблице 2.2 указаны варианты настроек подачи станка. Расчет передаточного отношения гитары сменных колес для шага резьб, неуказанных в таблице 2.2, производится следующим образом: принимаем наиболее приближенный шаг по таблице 2.2 (меньший или больший от требуемого); устанавливаем рукоятки в положения, соответствующие принятому шагу; рассчитываем передаточное отношение гитары сменных колес.

$$i = \frac{S_n}{S_t} \cdot i_q,$$

где S_n – шаг нарезаемой резьбы; S_t – принятый по таблице 2.2, наиболее приближенный шаг; i_q – передаточное отношение гитары, соответствующее значению шага резьбы ближайшего по таблице 2.2.

Пример расчета и настройки станка на нарезание метрической резьбы шагом p=4,75 мм.

Так как шаг p=4,75 в таблице 2.2 не указывается, необходимо:

1. Принять по таблице 2.2 наиболее приближенный шаг t=4,5 мм, для которого i_q=1/2.

2. Устанавливаем рукоятки в положение, отвечающее требованию p=4,5, т. е. рукоятку 26 в положение 1:1; рукоятку 27 в положение B; рукоятки 24 и 25 в положение 62.

3. Рассчитываем передаточное отношение гитары сменных колес $i = \frac{S_n}{S_t} \cdot i_q = \frac{4{,}75}{4{,}5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4{,}75}{9} = \frac{19}{36}$.

Таблица 2.1

Передачи гитары

Шестерни сменные	Передаточное отношение гитары	Вид резьбы
1	2	3
30–69–60	1:2	Метрическая, дюймовая, подачи
60–69–30	2:1	Метрическая, дюймовая, крутые
$\frac{69}{41}$ $\frac{84}{45}$	2:1	Модульная и питчевая
$\frac{69}{41}$ $\frac{84}{30}$	3:2	Модульная и питчевая
$\frac{69}{41}$ $\frac{77}{45}$	11:12	Модульная m=2,75 и кратности
$\frac{69}{41}$ $\frac{78}{45}$	13:14	Модульная m=3,25
$\frac{69}{41}$ $\frac{70}{45}$	5:6	Модульная m=3,75

Коробка подач позволяет получить 9 передаточных отношений (3·3=9) для токарной обработки с помощью перемещения суппортов от ходового валика XIV и дополнительно 27 передаточных отношений (3·3·3=27) для нарезания резьб резцом от ходового винта IX с шагом 6 мм. Отключение ходового винта при токарной обработке деталей производится рукояткой 25 (рис. 2.1), управляющей блоком Б4 (рис. 2.3). Размыкание внутренней связи осуществляется установкой шестерни z=38 в среднее (нейтральное) положение рукояткой 30 (рис. 2.1). Рукояткой 31 перемещающей шестерню z=16 (рис. 2.3) производится размыкание внешней связи.

5. Расчет режимов резания

Скорость резания V при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m S^y} k_v \text{, м/мин;}$$

При нарезании крепежной и трапециидальной резьб резцами из быстрорежущей стали скорость резания V равна

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} k_v \text{, С.}$$

Таблица 2.2

Таблица настройки станка на величину подачи и шага резьб

Гитара: 69, 41, 84, 30

π mm/⟲		21	41	63	22	62
B	1 : 2		3,75		5,25	6,75
	1 : 1		7,5		10,5	13,5

DP		21	61	63	31	11	62
C	1 : 1	6	4 2/3	4	3 2/3	3 2/3	2 2/3

Гитара: 69, 41, 84, 45

π mm/⟲		21	41	63	22	62
A	1 : 4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
	1 : 2	0,8	1			
B	1 : 4	1	1,25	1,5	1,75	2,25
	1 : 2	2	2,5	3	3,5	4,5
	1 : 1	4	5	6	7	9

DP		53	21	61	63	31	11	62
C	1 : 4	38	36	28	24	22	20	16
	1 : 2	19	18	14	12	11	10	8
	1 : 1	9 1/2	9	7	6	5 1/2	5	4

Гитара: 60, 69, 30

mm/⟲		21	41	63	22	62
B	1 : 2	4	5	6	7	9
	1 : 1	8	10	12	14	18

⟲ 1″		53	21	61	63	31	11	62
C	1 : 2	9 1/2	9	7	6	5 1/2	5	4
	1 : 1	4 3/4	4 1/2	3 1/2	3	2 3/4	2 1/2	2

Гитара: 60, 69, 30

mm/⟲		21	41	63	22	62
A	1 : 4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,45
	1 : 2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
	1 : 1	0,8	1	1,2	1,4	1,8
B	1 : 4	0,5	0,625	0,75	0,875	1,125
	1 : 2	1	1,25	1,5	1,75	2,25
	1 : 1	2	2,5	3	3,5	4,5

⟲ 1″		53	21	61	63	31	11	62
C	1 : 4	76	72	56	48	44	40	32
	1 : 2	38	36	28	24	22	20	16
	1 : 1	19	18	14	12	11	10	8

Продольная подача, mm/⟲

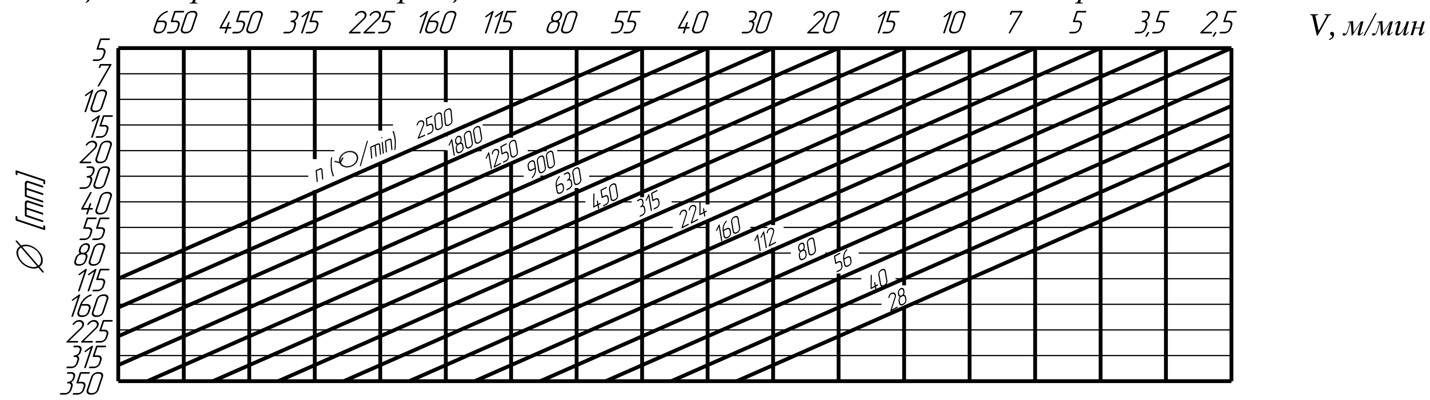
	A	C	B
1 : 4	0,04	0,07	0,1
1 : 2	0,08	0,14	0,2
1 : 1	0,16	0,28	0,4

Поперечная подача, mm/⟲

	A	C	B
1 : 4	0,02	0,035	0,05
1 : 2	0,04	0,07	0,1
1 : 1	0,08	0,14	0,2

Таблица 2.3

Таблица выбора частоты вращения шпинделя в зависимости от диаметра заготовки



Значения коэффициента C_v и показателей степени для конструкционной углеродистой стали приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах скорости резания для крепежной резьбы

Материал режущей части	Условия резания или конструкция инструмента	Коэффициент и показатели степени				Среднее значение стойкости
		C_v	x	y	m	
Т15К6	–	244	0,23	0,3	0,2	70
Р6М5	Черновые ходы P≤2 мм P>2мм	14,8 30,0	0,7 0,6	0,3 0,25	0,11 0,08	80
	Чистовые ходы	41,8	0,45	0,3	0,13	

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, $k_v = k_{MV} k_{IV} k_{CV}$,

где $k_{MV} = 1{,}3$ – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $k_{MV} = 1{,}3$ – для стали и твердого сплава, $k_{MV} = 0{,}73$ – для стали и быстрорежущей стали; $k_{IV} = 1$ – коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента k_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы. $k_{CV} = 1$, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами, и $k_{CV} = 0{,}75$.

При нарезании резьбы с ограниченным выходом резца (в упор) и необходимости при этом ручного отвода резца скорость резания уменьшают, рассчитывая ее по формуле:

$$V = \frac{\pi D f}{1000 \cdot \tau \cdot p} \text{ м/мин,}$$

где D – номинальный диаметр резьбы, мм; f – ширина выточки для выхода резца, мм; τ – время на отвод резца и переключение станка на обратный ход, равное 0,01–0,04 мин.

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n_{шп.} = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \text{ об/мин.}$$

Рассчитанную частоту вращения округляют в меньшую сторону до ближайшего значения паспортной характеристики. Частота вращения

также может быть выбрана по таблице 2.2 в зависимости от скорости резания V м/мин. и диаметра заготовки d мм. Настройка станка на необходимую частоту вращения производится поворотом рукоятки 29 (рис. 2.1), изображенной на рис. 2.5.

Число проходов при нарезании резьбы определяется исходя из шага нарезаемой резьбы по нормативам режимов резания. Число проходов при нарезании резьб:

Таблица 2.5

Метрическая резьба

Шаг, мм	Сталь, чугун, бронза латунь	
	Число проходов	
	Черновых	Чистовых
1	3	3
1,25–1,50	4	3
1,75	5	3
2–3	5	3
3,5–6,0	6	4

6. Последовательность выполнения работы

1. Установить и закрепить заготовку.
2. Установить и закрепить резцы – проходной и резьбовой.
3. Настроить станок для обточки заготовки.
4. Произвести наладку рукоятки 31 (рис. 2.1) на требуемое направление перемещения суппортов, согласно таблице, расположенной над рукояткой.
5. Проверить отключен ли ходовой винт (рукоятка 17 (рис. 2.1) должна находится в верхнем положении).
6. Рукоятку 18 (рис. 2.1) установить в среднее (нейтральное) положение.
7. Рукоятку 19 (рис. 2.1) установить в положение, отвечающее обозначению продольной подачи.
8. Включить станок (рис. 2.1) кнопкой 1, включить вращение шпинделя рычагом 16, рукоятку 18 переместить вверх.
9. Проточить заготовку до заданного размера. Остановить суппорт и выключить двигатель.
10. Повернуть резцедержатель таким образом, чтобы в рабочем положении был резьбовой резец.
11. Настроить станок на нарезание первого витка резьбы.

12. Включить двигатель и правое вращение шпинделя. Вручную рукоятками 20 и 22 подвести суппорт и коснуться резцом заготовки, отвести суппорт в продольном направлении. Установить суппорт станка рукояткой 20 на глубину первого прохода.

13. Рукояткой 17 замкнуть маточную гайку ходового винта. Как только резец выйдет из контакта с заготовкой, рычагом 16 включить обратное вращение шпинделя с одновременным отводом резца от заготовки.

14. После завершения обратного хода суппорта рукояткой 16 остановить шпиндель, выключить двигатель станка. После полной остановки двигателя измерить длину десяти шагов резьбы. Если настройка выполнена правильно, включить двигатель, установить глубину второго прохода по лимбу, включить шпиндель и сделать второй проход.

15. Выполнить необходимое число черновых и чистовых проходов, обеспечивающих нарезание полного профиля резьбы.

16. При нарезании многозаходных резьб необходимо рукояткой 6 сместить влево верхний суппорт на величину по лимбу, равную для двухзаходной p/2, трехзаходной p/3 и т. д. хода винтовой линии T и нарезать необходимое число заходов резьбы.

17. Выключить станок. Произвести контроль нарезанной резьбы. Убрать стружку и протереть станок.

7. Контрольные вопросы

1. Какие бывают резьбы и их параметры?

2. Какие существуют методы нарезания резьб?

3. Покажите на структурной схеме станка внутреннюю кинематическую связь группы движения резания $\Phi_v(B_1П_2)$.

4. Покажите на структурной схеме станка внешнюю кинематическую связь группы движения резания $\Phi_v(B_1П_2)$.

5. Каким методом получается образующая и направляющая линии резьбы?

6. Как определять направление нарезаемой резьбы?

7. Каким образом производится настройка станка на нарезание многозаходных резьб?

8. Как выбрать и установить резец для нарезания резьб?

9. Как составляется уравнение кинематического баланса?

Содержание отчета

1. Тема и цель работы.

2. Краткие сведения о станке.

3. Структурная схема станка (рис. 2.2).

4. Данные для расчета и настройки станка.

5. Уравнение кинематического баланса для рассчитанных режимов резания.

6. Результат измерений нарезаемой резьбы.

7. Выводы по работе.

Лабораторная работа № 3
НАСТРОЙКА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 2Н125

Задание

1. Ознакомиться со станком и правилами настройки на обработку отверстия.

2. Изучить рабочие приемы нарезания резьбы метчиком.

3. Обработать на станке заготовку по заданию преподавателя.

1. Общие методические указания

Сверлильные станки предназначены для получения цилиндрических и конических сквозных и глухих отверстий, а также их рассверливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы.

В промышленности используют следующие типы сверлильных станков: одношпиндельные вертикально-сверлильные; радиально-сверлильные; многошпиндельные сверлильные; горизонтально-сверлильные станки для глубокого сверления; центровальные; агрегатные на базе силовых головок; настольно-сверлильные.

Основными размерами, характеризующими сверлильные станки, являются наибольший диаметр сверления, а также вылет шпинделя, для радиально-сверлильных станков – наибольший ход шпинделя, номер конуса в отверстии шпинделя, а для горизонтально сверлильных наибольшая глубина сверления.

1.1.Техническая характеристика вертикально-сверлильного станка 2Н125

Наибольший диаметр сверления в стали 45 ГОСТ 1050-74, мм	25.
Размеры конуса шпинделя по СТ СЭВ 147-75	Морзе 3.
Расстояние оси шпинделя до направляющих колонны, мм	250.
Наибольший ход шпинделя, мм	200.

Расстояние от торца шпинделя, мм:	до стола	60–700;
	до плиты	690–1060.
Наибольшее (установочное) перемещение сверлильной головки, мм		170.
Перемещение шпинделя за один оборот штурвала, мм		122, 46.
Рабочая поверхность стола, мм		400х450.
Наибольший ход стола, мм		270.
Установочный размер Т-образных пазов в столе по ГОСТ 1574-75:	центрального	14Н9;
	крайних	14Н11.
Расстояние между двумя Т-образными пазами по ГОСТ 6669-75, мм		80.
Количество скоростей шпинделя		12.
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин		45–2000
Количество подач, мм/об		9.
Пределы подач, мм/об		0,1–1,6.
Управление циклами работы		ручное.
Напряжение питающей сети, В		380, 220.
Электродвигатель главного движения, кВт		2,2.
Электронасос охлаждения, кВт		0,12.
Производительность, л/мин		22.
Габариты станка, мм:	высота	2350;
	ширина	785;
	длина	915.
Масса станка, кг		880.

Вертикально-сверлильный станок модели 2Н125 (рис. 3.1) предназначен для выполнения операций сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, цекования отверстий и нарезания резьбы метчиками.

Обрабатываемая деталь устанавливается на столе станка и закрепляется в машинных тисках или в специальных приспособлениях. Совмещение оси отверстия с осью шпинделя осуществляется перемещением приспособления вместе с деталью на столе станка. Режущий инструмент в зависимости от формы его хвостовика закрепляется в конусном отверстии шпинделя станка непосредственно или с помощью переходных втулок или в патроне. В соответствии с высотой обрабатываемой детали и длиной режущего инструмента производится вертикальная установка стола или шпиндельной бабки.

Наличие на станках механической подачи шпинделя при ручном управлении циклами работы, допускает обработку деталей в широком

диапазоне размеров из различных материалов с использованием инструмента из высокоуглеродистых и быстрорежущих инструментальных сталей и твердых сплавов. Блок управления коробкой скоростей и коробкой подач представлен двумя рукоятками (Рис. 3.2)

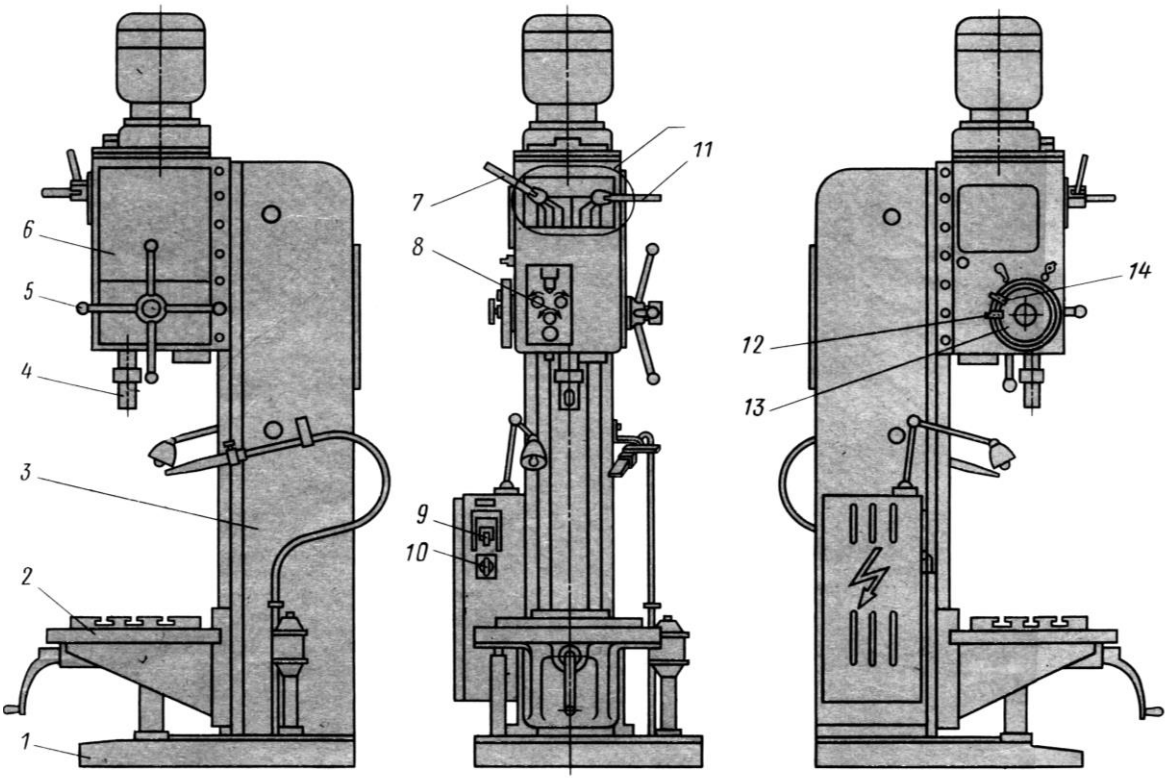


Рис. 3.1. Общий вид вертикально-сверлильного станка модели 2Н125:
1 – основание; 2 – стол; 3 – колонна; 4 – шпиндель; 5 – штурвал механизма вертикального перемещения шпинделя; 6 – коробка скоростей и подач; 7 – рукоятка переключения скоростей; 8 – пульт управления; 9 – выключатель электропитания; 10 – выключатель подачи охлаждения жидкости; 11 – рукоятка переключения подач; 12 – кулачок для настройки глубины нарезаемой резьбы; 13 – лимб для отсчета глубины обработки;14 – кулачок для настройки глубины обработки

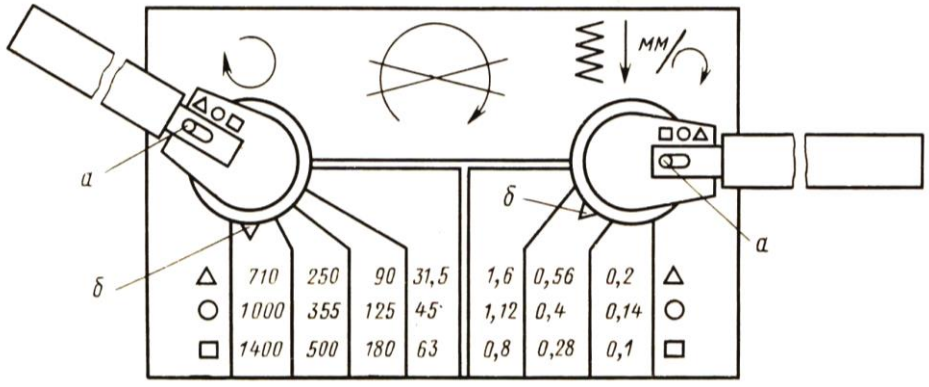


Рис. 3.2. Общий вид блока управления коробкой скоростей и коробкой подач

Включение и выключение электропривода производится кнопками, расположенными на передней части сверлильной бабки (рис. 3.3).

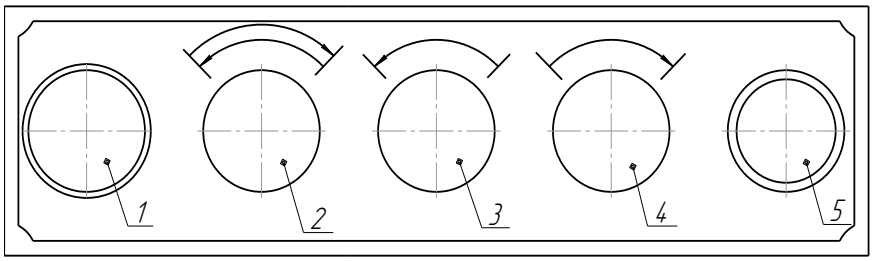


Рис. 3.3. Пульт управления станком модели 2HI25: 1 – кнопка «стоп», 2 – кнопка «реверс», 3 – кнопка включения вращения шпинделя «влево», 4 – кнопка включения вращения шпинделя «вправо», 5 – индикаторная лампа

1.2. Механизм вертикального перемещения шпинделя станка (рис. 3.4)

Механизм вертикального перемещения состоит из штурвала 1, штифта 2, муфты Мф.3, состоящей из двух частей – правой полумуфты 3 с торцовыми зубьями «*а*», установленной на шлицах вала-шестерни 8 и левой полумуфты 7 с торцовыми зубьями «б», закрепленной на червячном колесе z=60. Отжимной пружины 4, собачек 5 зацепленных скошенными зубьями с двусторонним храповым диском 6, который левыми зубьями соединен с левой полумуфтой 7.

Включение и отключение вертикальной подачи шпинделя 9 производится с помощью муфты Мф. 3. Вращением штурвала 1 «от себя» выступы «*б*» полумуфты 3 под действием пружины 4 попадает во впадины «*а*». Полумуфты рассоединены, и червячное колесо Z=60 вместе с полумуфтой 7 свободно вращается на гладкой шейке вала 8 – механическая подача при этом отключена. Крышка 10 при этом сдвинута вправо а, следовательно, между ступицей штурвала 1 и валом 8 имеется люфт.

При вращении штурвала 1 «на себя» выступы «*а*» и «*б*» поворачивают правую полумуфту 3 и вал 8 с шестерней z=13 – происходит быстрое опускание шпинделя 9 за счет зубчатой рейки.

При соприкосновении вершины сверла с деталью крутящий момент, нужный для поворота штурвала 1, увеличивается и штурвал можно повернуть относительно вала 6 на угол 20°, т. е. на угол, образованный между штифтом 2 и стенкой «*д*» паза этого штифта на ступице штурвала 1. При проворачивании штурвала относительно вала 8 торцы выступов «*а*» переместятся на торцы выступов «*б*» и сместят полумуфту 3 влево – произойдет включение муфты Мф. 3 и движение от червячного колеса через храповый механизм 6, правую полумуфту 3, шлицевое зацепление, шестерню z=13 вала 8, передастся на зубчатую рейку

шпинделя 9. Т. е. будет осуществляться механическая подача шпинделя 9.

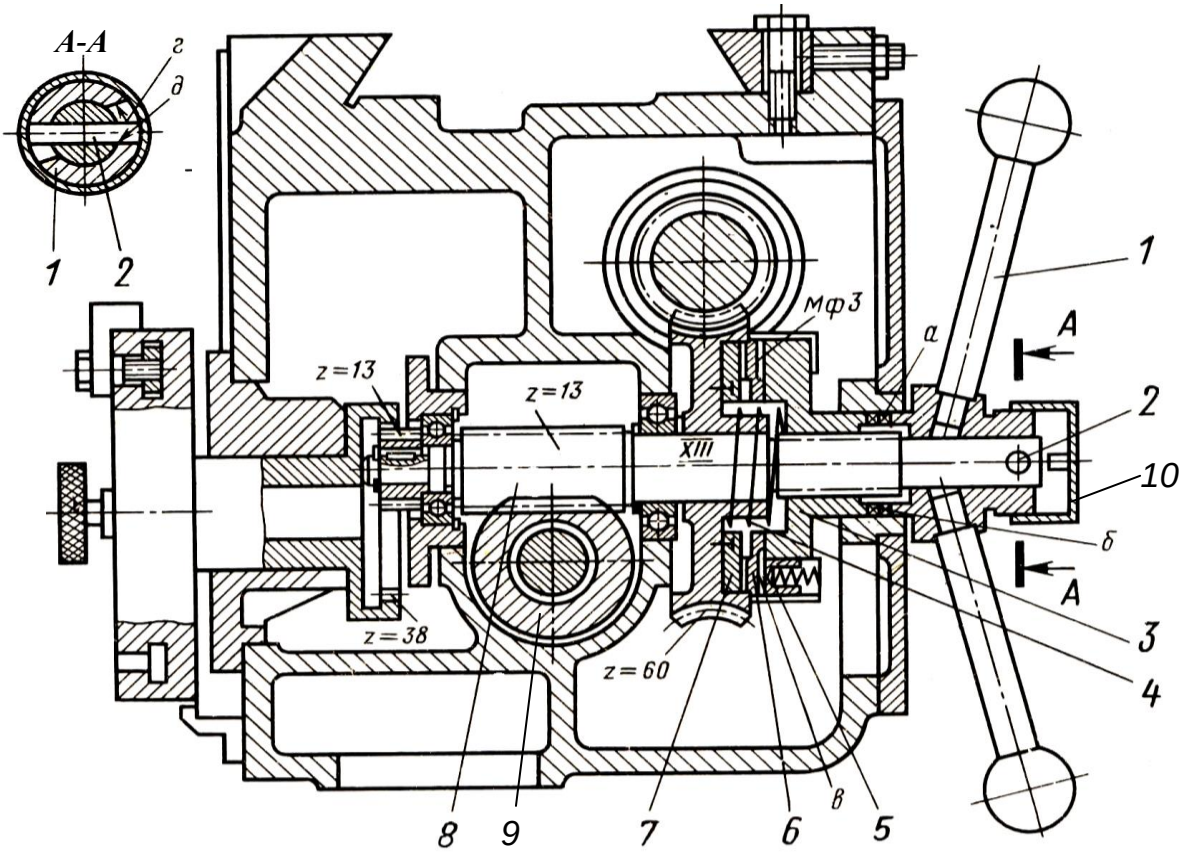


Рис. 3.4. Механизм вертикального перемещения шпинделя станка модели 2Н125

Корпус правой полумуфты 3 с помощью собачек 5 со скошенными зубьями соединен с двухсторонним храповым диском 6. Поэтому при включенной муфте Мф.3 и механической подаче можно производить вращение штурвала 1, вала 8 и опускать шпиндель вручную со скоростью, большей, чем от механической подачи. При этом зубья собачек 5 проскальзывают по правым зубьям «*в*» храпового диска 6 и не препятствуют быстрому вращению штурвала 1.

В структуре вертикально-сверлильных станков (рис. 3.5) имеется два элементарных движения формообразования: движение скорости резания $\Phi_v(B_1)$, предназначенное для получения производящей направляющей и продольное перемещение (вертикальная подача) $\Phi_s(П_2)$ для получения образующей производящей линии и поверхности обработки по методу следа перемещения точки.

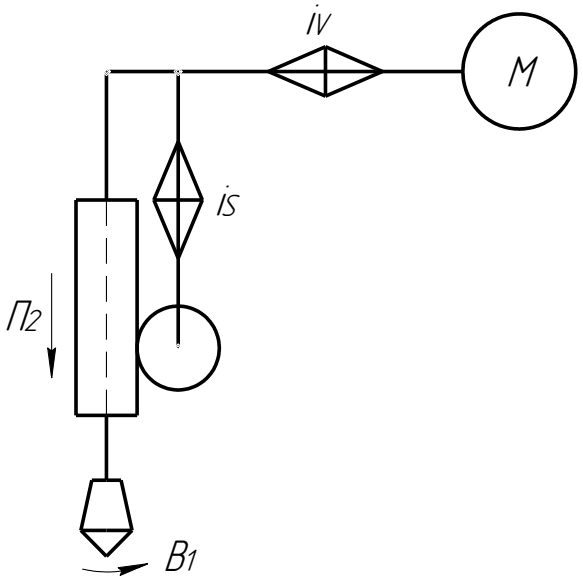


Рис. 3.5. Схема кинематической структуры станка

Кинематическая структура станка при сверлении состоит из внешней связи одной кинематической цепи: электродвигателя М – коробки скоростей i_v – шпинделя. Реверсирование осуществляется электродвигателем.

Движение $\Phi_v(B_1)$ является простым с замкнутой траекторией. Из кинематической схемы станка, представленной на рис. 3.6 видно, что коробка скоростей со структурной формулой z =3·2·2=12 обеспечивает 12 различных частот вращения шпинделя от 45 до 2000 об/мин.

Зависимое по внутренней связи движение подачи $\Phi_s(П_2)$, является простым. Коробка подач имеет структурную формулу z = 3 х 3, обеспечивающую 9 различных подач шпинделя от 0,1 до 1,6 мм/об.

Для вывода расчетных формул на кинематической схеме станка выделяют необходимые кинематические цепи, выявляют конечные звенья этих цепей, взаимную зависимость в движении конечных звеньев (расчетные перемещения) и составляют уравнение баланса кинематической цепи. Уравнения составляются по передаточным отношениям этих передач и органов настройки станка.

$$n_{шп.} = 1420 \cdot 21/45 \cdot i_v \text{, об/мин;}$$

$$S = 1об.шп. \cdot 28/48 \cdot i_s \cdot M_2 M_3 \cdot 1/47 \cdot \pi \cdot 13 \cdot 3, \text{ мм/мин.}$$

2. Исходные данные для выполнения работы (задаются преподавателем)

1. Диаметр и точность обрабатываемого отверстия.
2. Длина обработки.
3. Материал заготовки.

4. Материал режущего инструмента.
5. Последовательность переходов для обработки отверстия.

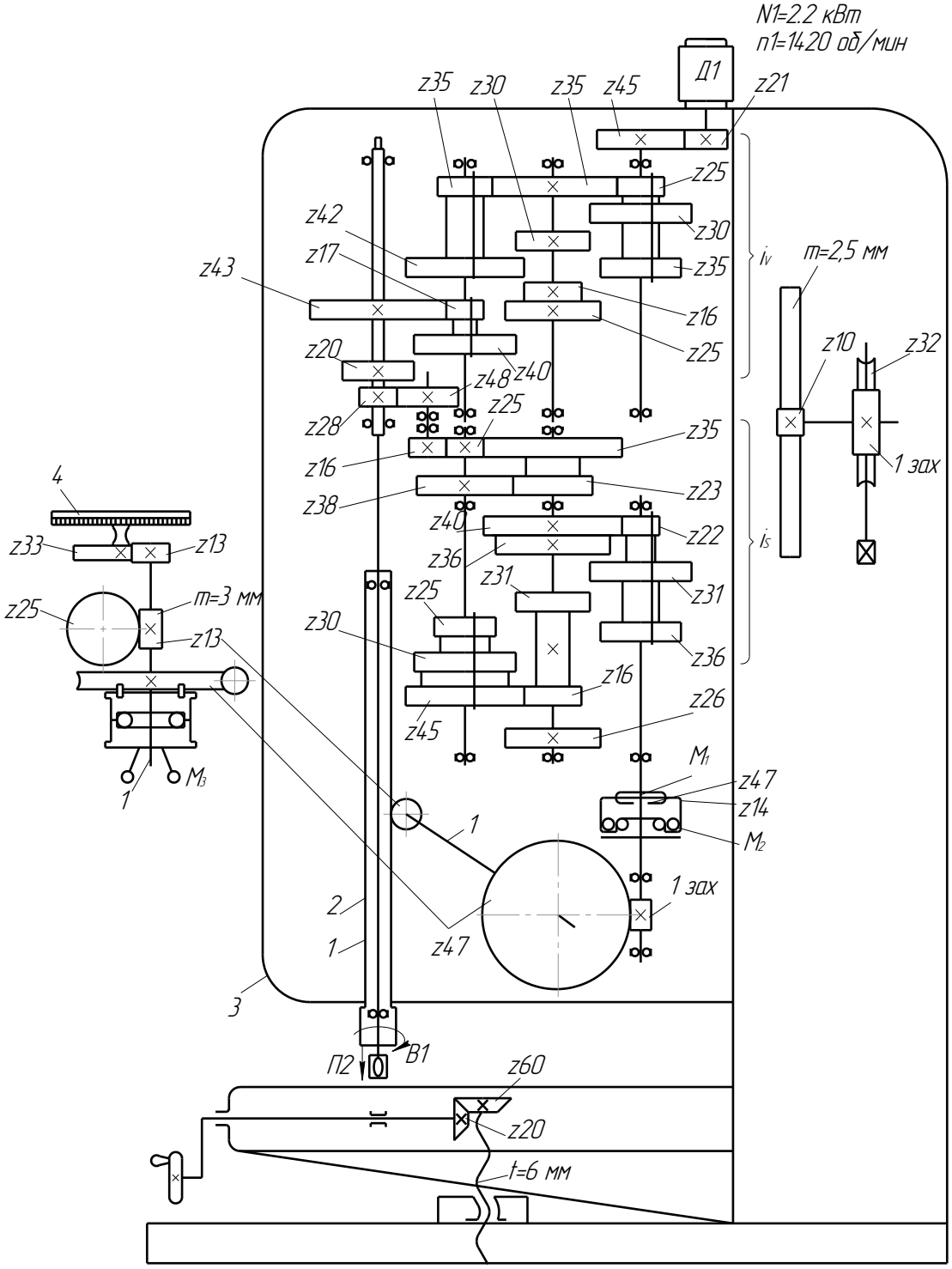


Рис. 3.6. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка модели 2Н125

3. Порядок выполнения работы

1. Изучить основные узлы и конструктивные элементы, органы управления и кинематическую схему вертикально-сверлильного станка модели 2HI25.

2. Составить уравнения кинематического баланса для кинематических цепей станка (по указанию преподавателя).

3. Получить все необходимые исходные данные: режущий, вспомогательный и мерительный инструменты, а также необходимую технологическую оснастку.

4. Подобрать и установить режимы резания и произвести настройку станка на выполнение работ.

5. После проверки правильности настройки преподавателем, обработать деталь на вертикально-сверлильном станке. По окончании работы убрать стружку, протереть станок и уложить инструменты на отведенные места.

6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчета

1. Тема и цель работы.
2. Краткие сведения о станке.
3. Кинематическая схема станка (рис. 3.6).
4. Данные для расчета и настройки станка.
5. Уравнение кинематического баланса для рассчитанных режимов резания.
6. Выводы по работе.

5. Перечень материального оснащения

1. Станок вертикально-сверлильный мод. 2H125.
2. Заготовка.
3. Тиски механические.
4. Комплект осевых режущих инструментов.
5. Комплект переходных втулок.

6. Контрольные вопросы

1. Назовите основные компоновки вертикально-сверлильных станков и их характерные особенности.

2. Как осуществляется работа механизма включения механических вертикальных подач?

3. Каким образом устанавливаются концевые режущие инструменты в шпиндель станка и как передается крутящий момент?

4. Что понимается под кинематикой станка? Порядок составления уравнения кинематического баланса?

5. Понятие о передаточном отношении. Примеры ускоряющих и замедляющих зубчатых передач.

6. Укажите внутренние и внешние кинематические связи групп движений.

Лабораторная работа № 4
НАСТРОЙКА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 6Р81Г И ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Задание

1. Произвести расчет настройки делительной головки на количество зубьев обрабатываемого колеса.

2. Наладить универсально-фрезерный станок и делительную головку на фрезерование винтовых зубьев зубчатого колеса.

1. Цель работы

1. Освоить метод практического определения характеристики делительной головки.

2. Изучить устройство механизмов отсчета делительной головки, методику их наладки, способы установки и крепления лимба.

3. Освоить методы деления, которые могут быть использованы при работе с головкой данной конструкции.

4. Освоить способы установки, выверки и крепления головки на столе станка.

5. Изучить способы крепления заготовки и методы проверки ее биения.

6. Освоить способы установки и крепления оправки в шпинделе станка и инструмента на оправке и способы проверки их биения.

7. Ознакомиться с расположением органов управления станком и настройкой станка на требуемую частоту вращения шпинделя и подачу стола.

8. Приобрести навыки безопасного и безаварийного подвода заготовки к инструменту перед началом фрезерования первой и каждой последующей впадин между зубьями колеса.

9. Произвести обработку зубьев прямозубых цилиндрических колес.

2. Оборудование, приспособления, инструмент

1. Горизонтально-фрезерный станок 6Р81Г.
2. Делительная головка и задняя бабка к ней.
3. Набор дисковых модульных фрез.
4. Заготовки.
6. Чертеж обрабатываемой детали.
7. Оправки для установки и крепления заготовки и инструмента.
8. Хомутик.
9. Набор распорных втулок для установки фрезы на оправке.
10. Набор гаечных ключей.
11. Мерительный инструмент; штангенциркуль; универсальный угломер; зубомер; нормалемер; индикаторная головка на магнитном основании.

3. Общие методические указания

3.1. Способы получения зубьев зубчатых колес методом копирования.

При изготовлении зубчатых колес используются методы копирования и обкатки (огибания). К методу копирования относится нарезание зубьев при помощи дисковых и пальцевых фрез. К методу обкатки – нарезание зубьев червячными фрезами, долбление зубьев долбяками и гребенками.

Метод копирования применяют в единичном и мелкосерийном производстве, так как он менее производителен и обеспечивает меньшую точность, чем метод обкатки. Нарезание зубьев методом копирования дисковой модульной фрезой выполняют на универсально-фрезерных станках с применением делительной головки. После фрезерования каждой впадины заготовку при помощи делительной головки поворачивают вручную на 1/z оборота для фрезерования следующей впадины и т. д. Точность нарезания соответствует 8–10 квалитету, а шероховатость Rz=20.

Процесс нарезания зубчатых колес состоит из черновой и чистовой прорезки канавок, а также отделки зубьев, которую производят лишь для колес повышенной точности. Прорезание канавок у зубчатых колес малых модулей ($m \leq 3$ мм) осуществляют за один проход, крупных модулей ($m \geq 3$ мм) – в два–три прохода.

Дисковая и концевая модульные фрезы представляют собой фасонный профиль, соответствующий профилю впадины зубчатого колеса (рис. 4.1). Профиль впадины зависит от числа зубьев обрабатываемого колеса, поэтому для получения большей точности колес; дисковые модульные фрезы делят не только по модулям, но и по номерам. Приме-

няют комплекты, состоящие из 8, 15 или 26 фрез.

При этом, чем больше фрез имеется в комплекте, тем большая точность профиля зубьев достигается при обработке. Каждый комплект предназначен для нарезания колес с определенным числом зубьев. Набор из восьми фрез применяют для нарезания колес с модулем $m \leq 8$мм, набор из 15-ти фрез при $m \geq 8$мм, набор из 26-ти фрез для нарезания колес повышенной точности.

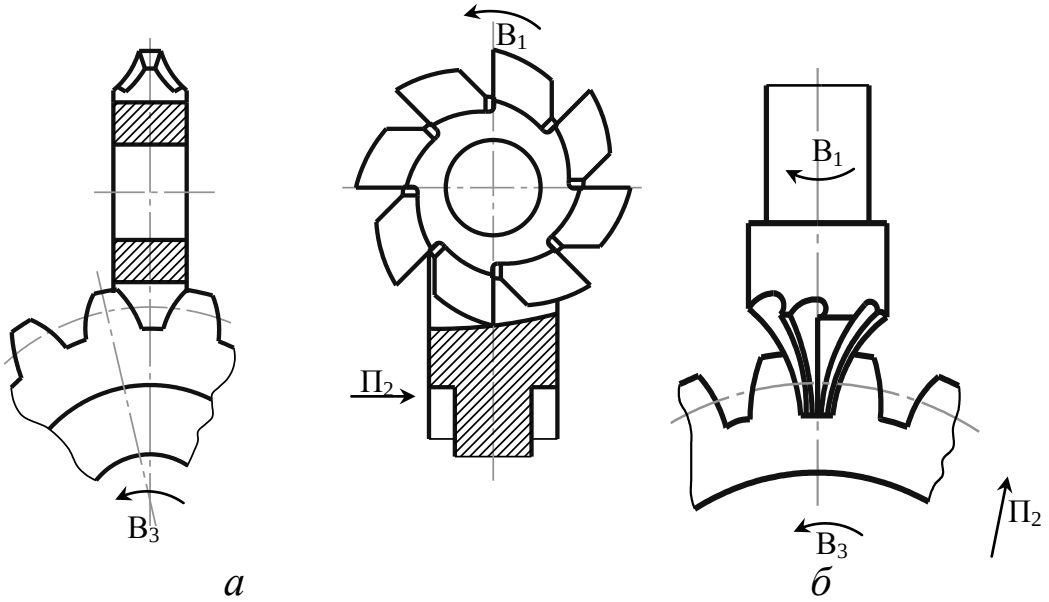


Рис. 4.1. Схема обработки зубьев шестерен по методу копирования: а) модульной дисковой фрезой, б) модульной концевой фрезой

3.2. Станок горизонтально фрезерный модели 6Р81Г

Горизонтально-фрезерный станок 6Р81Г (рис. 4.2)предназначен для обработки плоских и фасонных поверхностей, прорезки пазов и канавок и т. д. цилиндрическими, дисковыми, угловыми, фасонными и модульными фрезами. Технологическая возможность станка может быть расширена за счет применения делительной головки.

3.3. Техническая характеристика станка

Размеры рабочей поверхности стола, мм:

длина × ширина 1000 × 250.

Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм

наименьшее (не более) – 50;

наибольшее (не менее) – 400;

Наибольшее перемещение стола, мм

продольное – 630;

поперечное – 200;

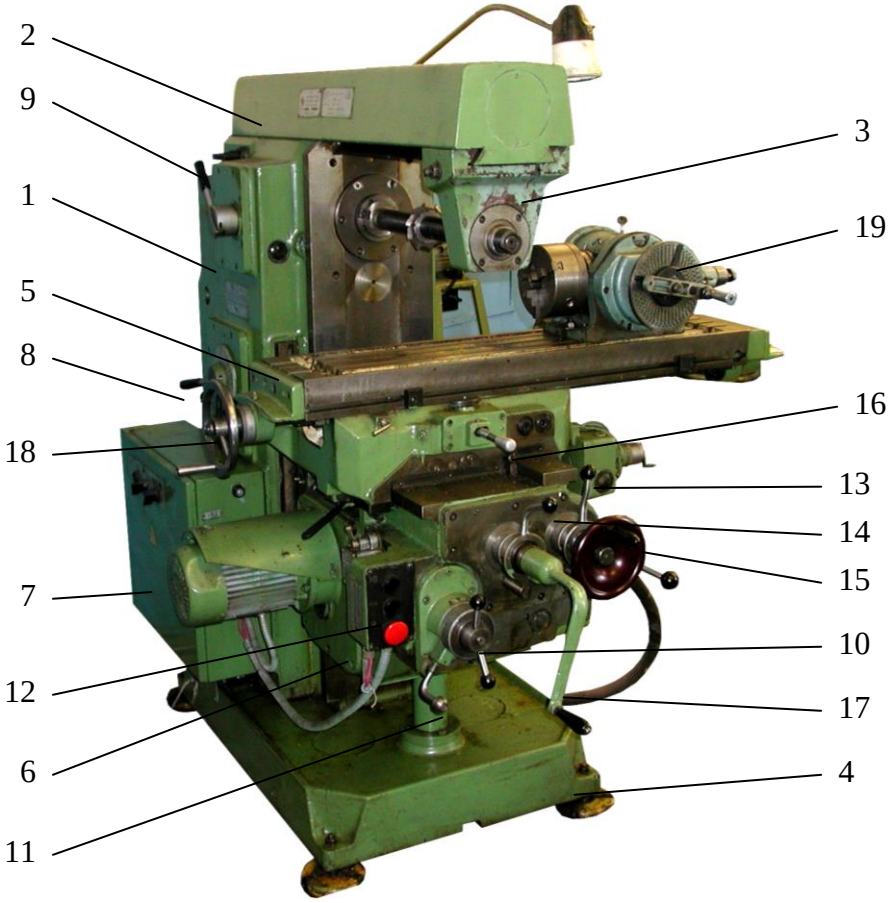


Рис. 4.2. Общий вид универсально-фрезерного станка модели 6Р81Г:
1 – станина с коробкой скоростей и шпиндельным узлом; 2 – хобот; 3 – серьга; 4 – основание; 5 – стол; 6 – консоль с коробкой подач; 7 – электрошкаф; 8 – рукоятка переключения перебора коробки скоростей; 9 – рукоятка переключения частот вращения шпинделя; 10 – рукоятка переключения величин подач стола; 11 – рукоятка переключения перебора коробки подач; 12 – кнопки управления электродвигателями; 13 – рукоятка включения механической поперечной подачи стола; 14 – рукоятка включения механической вертикальной подачи консоли; 15 – маховичек ручного поперечного перемещения стола; 16 – рукоятка включения механической продольной подачи стола; 17 – рукоятка ручного вертикального перемещения консоли; 18 – маховичек ручного продольного перемещения стола; 19 – лимбовая делительная головка

Мощность главного привода, кВт	–5,5.
Частота вращения привода, мин$^{-1}$	1425.
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 90, 1000, 1250, 1600.

Подачи, мм/мин:

продольные	35, 45, 55, 65, 85, 115, 135, l70, 210, 270, 330, 400, 530, 690, 835, 1020;
поперечине	28…780;
вертикальные	14…390;
Габаритные размеры, мм	
длина	–1480;
ширина	–1990;
высота	–1630;
Масса, кг	–2210.

3.4. Кинематическая структура станка (рис. 4.3)

Для получения зубчатого колеса методом копирования, необходимо иметь следующие движения: резания (вращение фрезы) B_1; подач (перемещение стола с заготовкой) $П_2$; деления (последовательного поворота заготовки после обработки каждой впадины зуба) B_3. Станок осуществляет первые два движения, поэтому предусмотрены привод главного движения (движение резания) и привод подач.

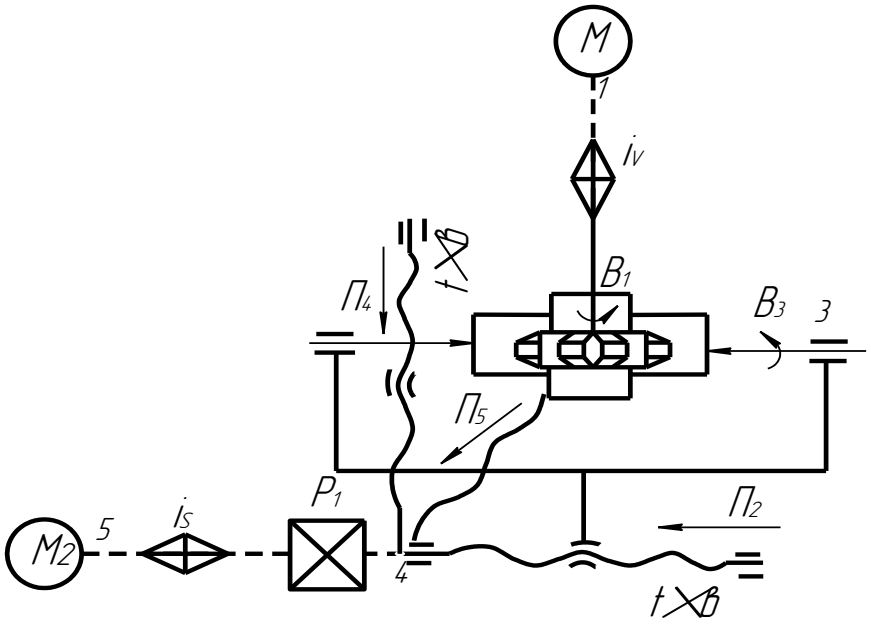


Рис. 4.3. Кинематическая структура станка

Формообразующая часть кинематики состоит из трех кинематических групп: движения резания $Ф_v(B_1)$, движения подачи $Ф_s(П_2)$ и движения деления $Д(B_3)$.

Главное движение $Ф_v(B_1)$ – движение простое и поэтому, внутрен-

няя связь этой группы состоит из одной кинематической пары вращения между шпинделем и корпусом шпиндельной головки. Движение $\Phi_v(B_1)$ необходимо для получения образующей производящей линии профиля впадины зуба нарезаемого колеса методом копирования модульными фрезами.

Внешняя связь этой группы состоит из одной кинематической цепи: M_1 → коробка скоростей i → ременная передача → перебор → шпиндель.

Движение $\Phi_v(B_1)$ является простым и настраивается по двум параметрам. На скорость – коробкой скоростей со структурной формулой, $Z=Pa\cdot Pb\cdot (Pc+1)=2\cdot 4\cdot 1\cdot 1\cdot (1+1\cdot 1)=16$, обеспечивающий 16 различных частот вращения фрезы (8 – через перебор и 8 напрямую включением муфты M_1). На направление резания (правое или левое) – электродвигателем.

В коробках скоростей станков применяют блоки зубчатых колес, позволяющие получить различные передаточные отношения в зависимости от зацепления зубчатых пар. Для получения замедленных передач ведущие шестерни коробки скоростей должны иметь меньшее число зубьев, чем ведомые, а для ускорения наоборот – ведущие колеса большее число зубьев, чем ведомое.

Уравнение кинематического баланса частоты вращения шпинделя станка с учетом упругого скольжения ременной передачи имеет вид:

$$n_{\min} = 1450\frac{24}{38}\frac{24}{38}\frac{20}{20}\frac{140}{210}\frac{30}{64}\frac{25}{69} = 60 \ мин^{-1},$$

где 1450 – частота вращения электродвигателя.

Как видно из уравнения кинематического баланса и кинематической схемы, органами настройки коробки скоростей являются блоки с шестернями (1–2, 8–9, 10–11), включенными так, что ведущие шестерни в парах зацепления имеют минимальное число зубьев. Для получения максимальной частоты вращения фрезы необходимо блоки с шестернями включить по условию получения ускоряющих передач и включить муфту M_1 (напрямую) минуя перебор.

$$n_{\min} = 1450\frac{24}{38}\frac{24}{38}\frac{20}{20}\frac{140}{210} = 1800 \ мин^{-1}.$$

Движение $\Phi_s(П_2)$ настраивается по пяти параметрам: на траекторию – муфтами M_3, M_4, M_5, на направление движения (встречное или попутное фрезерование) – муфтой M_5, на скорость движения – гитарой подач i_s или коробкой подач по кинематической схеме станка, на путь и на исходную точку – переставным упором на столе станка.

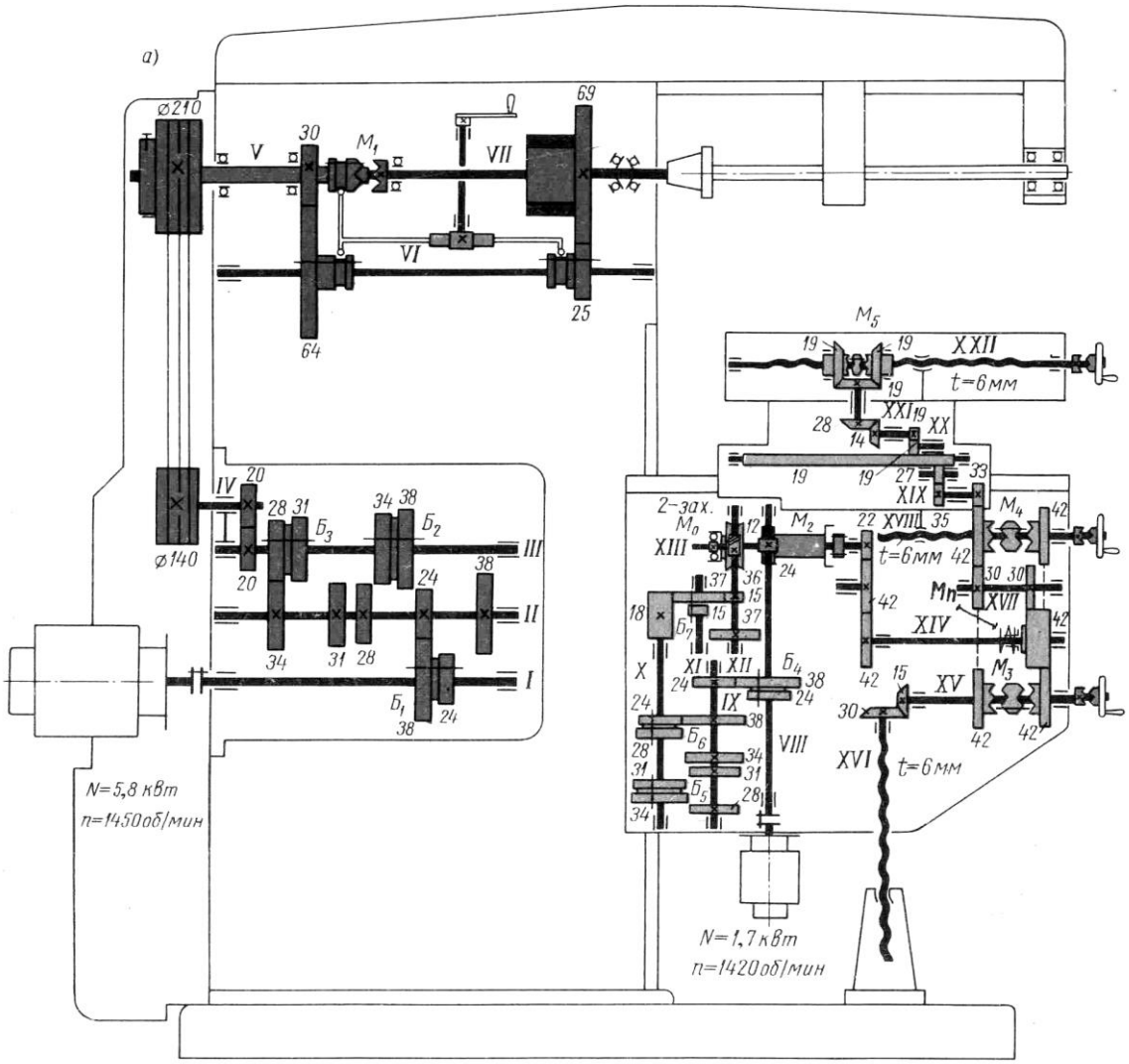


Рис. 4.4. Кинематическая схема станка 6Р81Г

Движение подач $\Phi_s(П_2)$ является простым элементарным движением и предназначено для получения направляющей производящей линии, которая в сочетании с образующей производящей линией формирует впадину зуба нарезаемого колеса по всей ее длине. Коробка подач имеет 16 различных скоростей.

Уравнение кинематического баланса на минимальную величину подачи:

$$S_{\min} = 1420\frac{24}{38}\frac{28}{34}\frac{18}{37}\frac{15}{37}\frac{2}{36}M_2\frac{22}{42}\frac{42}{42}M_3(предохр.)\times\frac{42}{30}\frac{30}{42}\frac{42}{30}\frac{35}{27}\frac{27}{19}\frac{19}{19}\frac{19}{19}\frac{14}{28}\frac{19}{19}6 = 30\frac{мм}{мин}.$$

Движение деления – простое и настраивается по двум параметрам: на путь и направление движения. Движение деления Д ($В_3$) необходимо для фрезерования последующей впадины зуба после окончания обра-

ботки предыдущей. Оно является простым, поэтому внутренняя связь кинематической группы деления будет состоять из одной вращательной кинематической пары между шпинделем и корпусом делительной головки. Делительная головка устанавливается на столе станка.

Для установки фрезы на глубину фрезерования (высота зуба) – необходимо иметь установочное движение Уст.($П_4$), которым заготовка в радиальном направлении (на станке в вертикальном направления) перемещается к фрезе (см. рис. 4.3). Для обеспечения этого движения в станке имеется кинематическая группа установочного движения. Установка на глубину резания осуществляется вручную с помощью маховика 17 (см. рис. 4.1). Настройка на скорость вертикального перемещения консоли, не производится. Настройка на исходную точку осуществляется по лимбу маховика 18, а на направление движения – направлением вращения данного маховика. Для выполнения требования по симметричности впадины зуба необходимо движение поперечных салазок Уст.($П_5$), которое осуществляют вращением штурвала 15 (см. рис. 4.1)

3.5. Делительные головки и методика их наладки

Делительные головки значительно расширяют технологические возможности станков. Их используют при изготовлении различных инструментов (фрез, разверток, зенкеров, метчиков), нормализованных деталей машин (головки болтов, грани гаек, корончатые гайки), при фрезеровании зубчатых колес, пазов и шлицев на торцах (зубчатые муфты) и других деталей.

Делительные головки служат: для установки обрабатываемой заготовки под требуемым углом относительно шпинделя станка; периодического поворота заготовки вокруг ее оси на определенный угол (деление на равные и неравные части); непрерывного вращения заготовки при нарезании винтовых канавок или винтовых зубьев зубчатых колес.

Делительные головки бывают: *лимбовые* с делительными дисками (непосредственного деления, простого деления, полууниверсальные, универсальные) (см. рис. 4.5); *безлимбовые* (без делительного диска) с зубчатым планетарным механизмом и набором сменных зубчатых колес; оптические (для точных делений и контрольных операций). Обычно делительные головки изготовляют одношпиндельными.

Иногда, для одновременной обработки двух или трех заготовок, применяют специальные делительные головки, которые могут быть (двух и трехшпиндельные соответственно).

Безлимбовые делительные головки позволяют производить процесс деления посредством сменных зубчатых колес. При этом рукоятку делительной головки поворачивают на один или несколько полных оборо-

тов. Однако конструкция и кинематическая схема безлимбовых делительных головок значительно сложнее, чем лимбовых.

В промышленности наиболее распространены лимбовые делительные головки следующих моделей: Г3ФС, ПБ-32, УДГ-100, УДГ-130, УДГ-135, УДГ-160,УДГ-Д-250 и др.

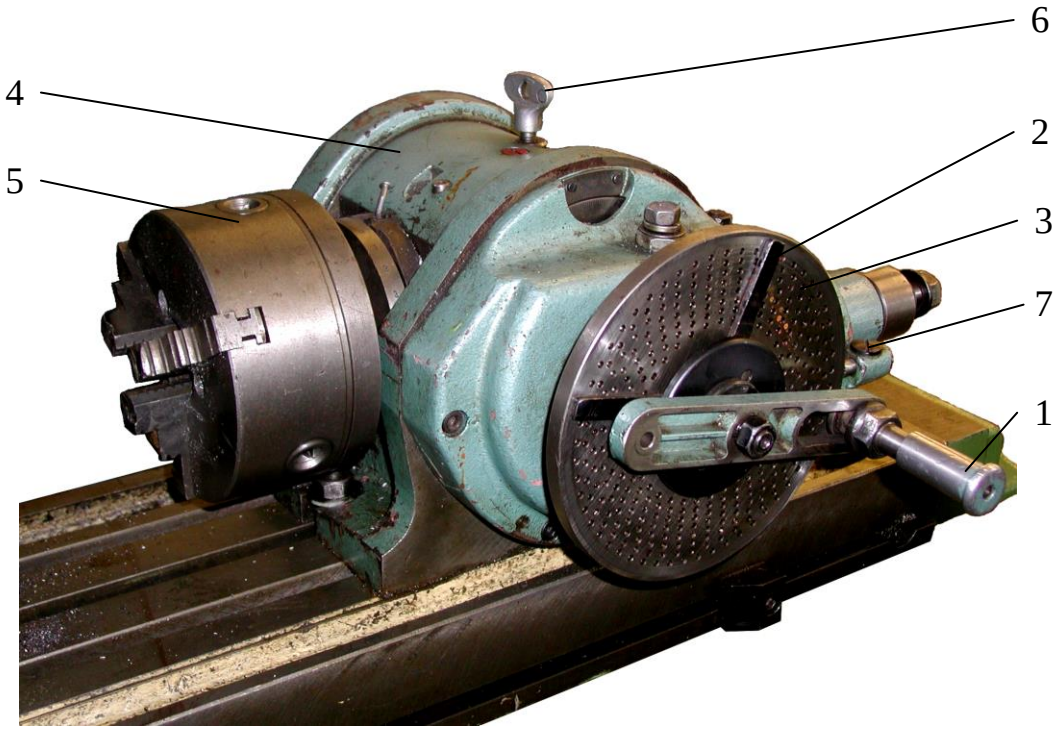


Рис. 4.5. Универсальная делительная головка: 1 – рукоятка с фиксатором; 2 – раздвижной сектор; 3 – делительный диск (лимб); 4 – корпус; 5 – шпиндель с патроном; 6 – фиксатор шпинделя; 7 – фиксатор лимба

Заготовку устанавливают в центре делительной головки и задней бабки или она крепится в патроне, который крепится на передний конец шпинделя. Отсчет поворота рукоятки 1 с фиксатором на требуемый угол осуществляется с помощью лимба 3. Лимб имеет несколько рядов отверстий, равномерно расположенных на концентрических окружностях, в которые устанавливается фиксатор. Для удобства отсчета используют раздвижной сектор 2.

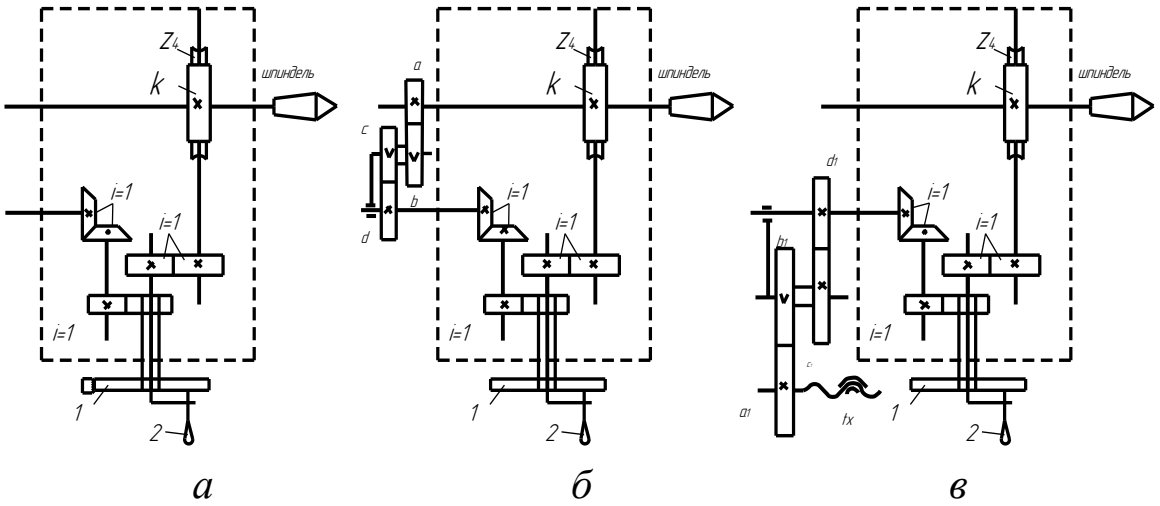
Делительные головки построены по кинематической схеме червячного редуктора и имеют характеристику – 40. Характеристика головки – это число полных оборотов рукоятки, необходимых для поворота ее шпинделя на один полный оборот (передаточное отношение червячной пары). Поворот рукоятки головки осуществляется вручную.

К делительным головкам могут прилагаться один или несколько

дисков (лимбов).

При обработке зубчатых колес методом копирования применяют три схемы настройки делительной головки: простой и сложный (дифференциальный) методы деления, а также настройка на обработку спиральных впадин зубчатого колеса.

Первые два метода используются для нарезания прямозубых цилиндрических колес, последний – при фрезеровании косозубых. Кинематическая схема простого метода деления представлена на рис. 4.6, *а*, дифференциального метода деления на рис. 4.6, *б*, при обработке спиральных впадин зубчатого колеса и косозубых цилиндрических колес на рис. 4.6, *в*.



а *б* *в*

Рис. 4.6. Кинематические схемы настройки делительной головки: а – схема настройки простого деления; б – схема настройки дифференцированного деления; в – схема настройки дифференцированного деления при нарезании винтовых канавок

Для фрезерования спиральных канавок необходимо применять фрезерный станок с поворотным столом и приводом от винта продольной подачи (горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81Г поворотного стола не имеет).

Простое деление (рис. 4.6, *а*) применяется тогда, когда на делительном диске (лимбе) можно подобрать концентрическую окружность с необходимым числом отверстий для отсчета.

Однозаходный червяк введен в зацепление с червячным колесом (рис. 4.6, *а*). Делительный диск 1 с помощью защелки 3 закрепляется неподвижно. Поворот шпинделя с заготовкой на $\frac{1}{z}$ часть (z – число частей, на которое требуется выполнить деление) должен быть произведен

за n оборотов рукоятки 2.

Конечные звенья данной кинематической цепи: *рукоятка универсальной делительной головки – шпиндель с заготовкой.*

Расчетные перемещения конечных звеньев:

$n_{рук} \rightarrow \frac{1}{z}$ оборотов заготовки.

Уравнение кинематического баланса цепи при делительном повороте заготовки запишется так:

$$n_{рук} i_{зуб} i_{черв} = \frac{1}{z},$$

где $i_{зуб}=1$; $i_{черв}=\frac{1}{40}$.

Тогда $n_{рук} \cdot 1 \cdot \frac{1}{40} = \frac{1}{z}$.

Формула наладки универсальной делительной головки имеет вид

$$n_{рук} = \frac{40}{z}.$$

Величина, обратная передаточному отношению червячной пары, называется характеристикой делительной головки. Число зубьев червячного колеса составляет 40.

Преобразуя предыдущую формулу, получим

$$n_{рук} = \frac{40}{z} = a + \frac{b}{c},$$

где *a* – целое число оборотов рукоятки;

c – число отверстий в одном из рядов делительного диска;

b – число отверстий (шагов), на которое надо дополнительно повернуть рукоятку.

Делительные диски универсальных делительных головок имеют ряд концентрических окружностей со следующим количеством отверстий:

с одной стороны – 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31;

с другой стороны – 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54.

Делительный диск крепится к головке четырьмя винтами и может при необходимости поворачиваться. Его фиксация производится стопором 7 (рис. 4.5). Для поворота рукоятки делительной головки на часть оборота используется раздвижной сектор с двумя линейками, подпружиненными между собой от самопроизвольного поворота.

Пример 1. *Наладить универсальную делительную головку для фрезерования зубчатого колеса с числом зубьев z=36.*

$$n_{рук} = \frac{40}{z} = \frac{40}{36} = 1 + \frac{4}{36} = 1 + \frac{1}{9} = 1 + \frac{1 \cdot 6}{9 \cdot 6} = 1 + \frac{6}{54}.$$

Для поворота шпинделя головки с заготовкой на 1/9 оборота для знаменателя дроби выбираем из ряда числа отверстий на делительном диске число, кратное 9, а для того, чтобы дробь не изменилась, умножаем числитель на то же число. В нашем примере и числитель, и знаменатель умножаем на 6. Рукоятку делительной головки следует каждый раз поворачивать на один полный оборот и шесть шагов ряда отверстий диска с 54 отверстиями. Линейки раздвижного сектора устанавливаются (раздвигаются) на шесть отверстий, не считая седьмого, в который вставлен фиксатор рукоятки делительной головки.

Дифференциальное деление применяется тогда, когда из-за ограниченного количества отверстий на делительном диске нельзя применять простое деление.

Кинематика делительной головки при этом усложняется (рис. 4.6, *б*), так как шпиндель головки и делительный диск 1, кинематически связывают дифференциальной гитарой *a, b, c, d.*

Шестерня «*a*» установлена и закреплена на шпинделе 3 делительной головки, а шестерня «*d*» установлена на выходном валу IV. Делительный диск 3 (рис. 4.5) раскрепляется стопором 7 и совершает незначительный поворот при вращении рукоятки 1. Число оборотов рукоятки 1 определится так же, как и при простом методе деления, но не для требуемого числа делений z, а для достаточно близкого к нему числа делений Z_x, для которого применительно простое деление. Для компенсации полученной при этом погрешности рассчитываются числа зубьев сменных колес *a, b, c, d* дифференциальной гитары, чтобы делительный диск 3 повернулся в нужном направлении на величину допущенной угловой ошибки поворота рукоятки 1.

Обороты рукоятки делительной головки при дифференциальном делении определяют по формуле

$$n_{рук} = 40 / y,$$

где *y* – близкое к z число, кратное хотя бы одному числу отверстий на делительном диске и имеющему общие множители с числом 40. В делительный поворот рукоятки вводится погрешность, которая устраняется доворотом делительного диска. Вращение делительного диска производится от шпинделя делительной головки через гитару сменных зубчатых колес $\frac{a}{b}\frac{c}{d}$ и коническую пару зубчатых колес. Погрешность в повороте рукоятки на один шаг (зуб) составит $n_{рук} = \frac{40}{z} - \frac{40}{y}$, а по-

грешность в повороте рукоятки на полный оборот заготовки в z раз больше $n_{рук} = z(\frac{40}{z} - \frac{40}{y})$.

Преобразуя это выражение, получим формулу наладки гитары сменных зубчатых колес: $n_{рук} = \frac{a}{b}\frac{c}{d} = \frac{40}{y}(y - z)$.

Если y>z, то делительный диск должен вращаться по часовой стрелке, т. е. по направлению вращения рукоятки делительной головки.

Если y<z, то делительный диск должен вращаться против часовой стрелки, т. е. навстречу вращения рукоятки делительной головки. Для этого в гитару сменных зубчатых колес необходимо установить дополнительную паразитную шестерню.

С универсальной делительной головкой поставляется набор сменных зубчатых колес с числами зубьев: 20, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

Пример 2. *Настроить универсальную делительную головку для нарезания зубчатого колеса с числом зубьев z=73.*

$$n_{рук} = \frac{40}{z} = \frac{40}{73}$$ *(простое деление неприменимо).*

Задаемся y=75, тогда $n_{рук} = \frac{40}{y} = \frac{40}{75} = \frac{40:5}{75:5} = \frac{8 \cdot 2}{15 \cdot 2} = \frac{16}{30}$.

Выбираем концентрическую окружность с тридцатью отверстиями и раздвигаем линейки сектора на шестнадцать промежутков. Подбираем сменные зубчатые колеса гитары:

$$\frac{a}{b}\frac{c}{d} = \frac{40}{y}(y - z) = \frac{40}{75}(75 - 73) = \frac{80}{75} = \frac{10 \cdot 8}{15 \cdot 5} = \frac{60}{90}\frac{80}{50}.$$

Обязательно проверяют условия зацепляемости сменных зубчатых колес:

$$a + b \geq c + (15...22);$$

$$c + d \geq b + (15...22),$$

а также межцентровое расстояние, зная модуль сменных зубчатых колес.

Передаточное отношение может быть положительным и тогда направления вращения рукоятки 2 и диска 1 должны совпадать; оно может быть и отрицательным и тогда рукоятка 2 и диск 1 должны вращаться в противоположных направлениях. Нужное направление вращения диска 1 обеспечивается установкой в дифференциальной гитаре промежуточных колес. Настройка на обработку косозубых колес (рис. 4.6, *г*) не рассматривается, т. к. на станке модели 6Р81Г это невозможно.

4. Наладка горизонтально-фрезерного станка на обработку

Выбранную фрезу устанавливают на шпоночную оправку, вставленную в шпиндель станка. Свободный конец оправки смазывают и вставляют в кронштейн хобота станка, служащего для предотвращения прогиба оправки с фрезой под действием силы резания.

После этого необходимо установить фрезу по центру. Для чего стол станка поднимают и одновременно перемещают поперечные салазки до совпадения вертикальной плоскости вращения фрезы с центром задней бабки. Затем поперечные салазки закрепляют. Стол станка опускают вниз, чтобы фреза не мешала установить заготовку. Заготовка устанавливается в центрах или в патроне на шпинделе делительной головки.

Установить фрезу на глубину резания, включив вращение фрезы и поднимая стол станка вверх до тех пор, пока фреза не коснется заготовки. Лимб вертикальной подачи устанавливают «на нуль» и продольным перемещением стола выводят заготовку из под фрезы. Затем стол станка поднимают вверх по лимбу на требуемую по чертежу глубину резания (2,5 мм – при черновом и 0,88 мм – при чистовом проходах).

После проверки настройки производится процесс фрезерования зубьев прямозубого цилиндрического колеса.

5. Контроль нарезаемых колес

При выполнении лабораторной работы следует измерить: наружный диаметр заготовки для колеса, толщину заготовки. Измерения производятся штангенциркулем. После нарезки зубьев на заготовке необходимо определить с помощью штангензубомера высоту «*h*» и толщину зуба «*b*» по постоянной хорде.

6. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию и кинематическую схему, универсального фрезерного станка модели 6Р81Г и универсальной делительной головки УДГ-Д-250.

2. Составить уравнение кинематического баланса для кинематических цепей станка (по указанию преподавателя).

3. Зарисовать одну из схем настройки УДГ (по указанию преподавателя).

4. Получить все необходимые данные для настройки станка и делительной головки на фрезерование прямозубого зубчатого колеса.

5. Произвести расчеты и настроить станок. Обработать зубчатое колесо и проконтролировать его.

6. Составить отчет о проделанной работе.

7. Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы для нарезания колес?

2. Описать метод копирования при нарезании зубчатых колес и где он применяется?

3. Как выбирают фрезу для нарезания зубчатого колеса?

4. Как обозначают фрезы, предназначенные для фрезерования зубчатых колес?

5. Область применения и технологические возможности универсально-фрезерного станка, модели 6Р81Г.

6. Что понимают под кинематикой станка? Порядок составления УКБ.

7. Что такое блок зубчатых колес? Схема блока, примеры ускоряющих и замедляющих передач (по кинематической схеме станка).

8. УКБ максимальной и минимальной частоты вращения шпинделя.

9. УКБ продольной подачи (как сцеплено).

10. Какие движения необходимо иметь для формообразования зубчатых колес методом копирования? Покажите реальные внутренние и внешние кинематические связи групп движений, звеньев соединения этих связей и органы настойки.

11. Назначение делительной головки. Перечислить схемы настройки делительной головки.

12. Простой метод деления. Привести пример и кинематическую схему делительной головки.

13. Сложеный (дифференциальный) метод деления. Кинематическая схема, формула настройки дифференциальной гитары делительной головки.

14. Для чего необходимо реверсировать движение $П_2$?

Содержание отчета

1. Тема и цель работы.

2. Перечислить основные паспортные данные станка.

3. Краткие сведения о станке и делительной головке.

4. Уравнения кинематического баланса.

5. Схему настройки УДГ (простую, сложную или для фрезерования спирали).

6. Чертеж нарезаемого зубчатого колеса.

7. Данные для расчета и расчет сменных колес гитары.

8. Результаты измерений нарезанного зубчатого колеса.

9. Выводы.

Лабораторная работа № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6Р81Г СТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Задание

Ознакомиться с методикой определения жесткости технологической системы горизонтально-фрезерного станка.

1. Общие методические указания

Взаимодействия между рабочими процессами происходят только через упругую систему. Свойство сопротивления упругому воздействию внешних сил называется жесткостью станка. Жесткость соединений определяется отношением силы, вызывающей относительное смещение движущихся тел к величине этого смещения: $j = \frac{\Delta P}{\Delta y}$.

Жесткость узлов новых станков достигается 20000…40000 н/мм. В отдельных случаях жесткость узлов изношенных и разрегулированных станков бывает ниже 10000 н/мм. Жесткость узлов бывает неодинакова в различных направлениях. Существует несколько методов определения жесткости металлорежущих станков или их отдельных узлов:

а) статистический (испытание на неработающем станке);

б) производственный (испытание при обработке заготовки);

в) динамический (испытание в процессе колебаний);

С увеличением жесткости повышается точность и производительность обработки. Увеличение жесткости достигается следующими основными путями: уменьшение количества узлов в конструкции станков и приспособлений; предварительная затяжка постоянно контактируемых деталей посредством резьбовых соединений; улучшение качества сборки узлов, тщательной пригонкой сопряженных поверхностей и регулировкой зазоров.

Жесткость горизонтально-фрезерного станка определяется жесткостью шпинделя, подвески и стола с консолью. При работе прямозубыми цилиндрическими фрезами узлы станка и оправка нагружаются двумя составляющими силы резания *Py* и *Pz*. Величина жесткости характеризуется коэффициентом жесткости, который определяется после нагружения станка статической силой, совпадающей по направлению с составляющей силой резания *Py*, и измерения перемещения узлов станка в том же направлении.

Суммарный коэффициент податливости системы станок-

инструмент (с учетом оправки) можно подсчитать по формуле:

$$\omega_{сист} = \omega_{ст} + \omega_{оп},$$

а коэффициент податливости станка $\omega_{ст}$ по формуле:

$$\omega_{ст} = \omega_{с.к} + \omega_{П}\left(\frac{x}{l}\right)^2 + \omega_{шп}\left(\frac{l-x}{l}\right)^2,$$

где $\omega_{сист}$ – суммарный коэффициент податливости системы станок-оправка; $\omega_{ст}$ – коэффициент податливости станка; $\omega_{оп}$ – коэффициент податливости оправки $\omega_{с.к}$ – коэффициент податливости стола и консоли; $\omega_{П}$ – коэффициент податливости подвески; $\omega_{шп}$ – коэффициент податливости шпинделя; l – рабочая длина оправки (от шпинделя до опоры), в мм; x – расстояние от шпинделя до середины фрезы, в мм.

При приложении нагрузки в середине длины оправки (на месте закрепления фрезы) формула для расчета податливости станка упрощается и принимает вид:

$$\omega_{ст} = \omega_{с.к} + \frac{1}{4}\left(\omega_{п} + \omega_{шп}\right),$$

Суммарный коэффициент жесткости системы горизонтально-фрезерного станка можно определить и непосредственно, если при нагружении измерить перемещение инструмента (оправки) относительно изделия (стола) в направлении вертикальной оси координат.

1.1. Описание оборудования и приборов

1. Работа производится на горизонтально-фрезерном станке модели 6Р81Г. Станок имеет следующую техническую характеристику:

Размеры рабочей поверхности стола:

длина 1000 мм;
ширина 250 мм.

Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола:

наименьшее 50 мм;
наибольшее 400 мм.

Наибольшие перемещения стола:

продольное 630 мм;
поперечное 200мм.

Мощность двигателя главного движения 5,5 кВт.

2. Образцовый динамометр переносной ДОСМ-3-3. Наибольшие пределы измерений – 30 кН, наименьший 3,0. Цена деления соответствует 0,2 % (0,6 кН) от наибольшего предела 30кН.

3. Домкрат винтовой.

4. Индикатор 1-ИЧТГОСТ 577-68 (5шт).
6. Приспособление для крепления индикаторов.
7. Магнитная индикаторная стойка.
8. Фрезерная оправка с набором колец.

Динамометр предназначен для поверки испытательных рабочих средств измерений при статических нагрузках. Он работает по принципу определения силы по величине деформации силового элемента специальной формы. Отсчет показаний значений величины силы производят по индикатору по тарировочной таблице 5.1

Таблица 5.1

Тарировочная таблица образцового динамометра ДОСМ-3-3

№ п/п	Нагрузка, кН	Средние значения 3-х измерений, мм	
		при нагружении	при разгружении
1	0,0	1,000	1,000
2	3	1,744	1,755
3	6	2,495	2,509
4	9	3,242	3,260
5	12	3,979	3,998
6	15	4,721	4,748
7	18	5,455	5,483
8	21	6,188	6,217
9	24	6,920	6,949
10	27	7,653	7,669
11	30	8,380	-

Устройство для измерения перемещений узлов станка представляет две цилиндрические направляющие, на которые надеты четыре каретки. Каретки закрепляются на направляющих при помощи клеммовых соединений. К кареткам при помощи планок присоединены индикаторы.

Закрепление направляющих к станку производится при помощи резьбовых концов, которые вкручиваются вместо двух винтов, крепящих фланец шпинделя. На вертикальной направляющей закреплен индикатор 1 (см. рис. 5.1) на кронштейне.

2. Содержание работы

Работа заключается в том, чтобы измерить перемещение узлов станка при нагружении инструмента (оправки) статической силой, совпадающей по направлению с составляющей силы резания *Ру*. Статиче-

скую силу будет создавать винтовой домкрат, установленный посередине стола станка (рис. 5.1).

В специальном приспособлении, установленном и закрепленном к фланцу шпинделя, имеются пять индикаторов, которые будут измерять перемещение узлов станка. Построив графики «нагрузка-перемещение» для каждого узла в отдельности, определить коэффициенты податливости узлов.

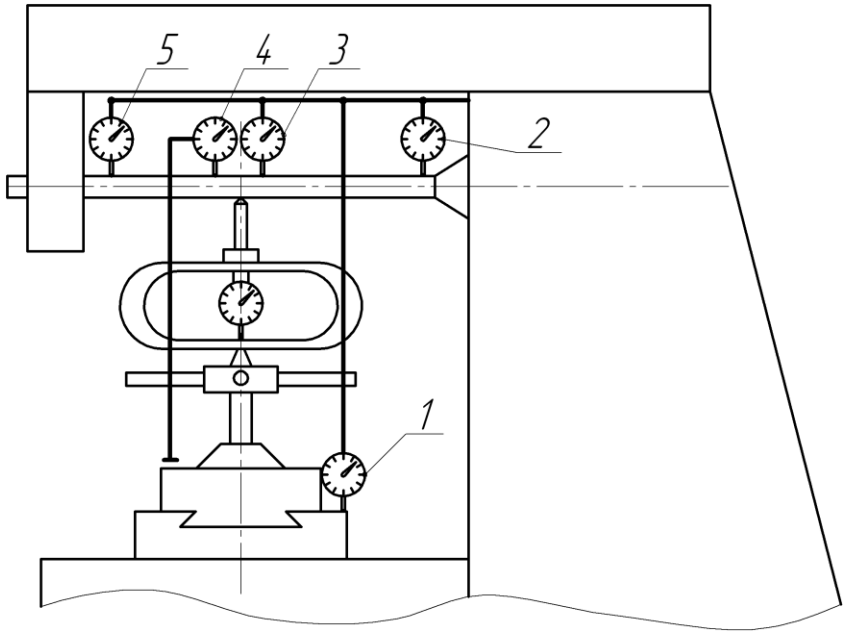


Рис. 5.1. Схема испытания жесткости горизонтально-фрезерного станка: индикатор 1 измеряет перемещение стола с консолью; индикатор 2 измеряет перемещение шпинделя; индикатор 3 измеряет суммарные перемещения оправки, шпинделя и подвески; индикатор 4 измеряет непосредственно перемещение; индикатор 5 измеряет перемещение подвески

1. Установить на станок фрезерную оправку с насаженными на неё кольцами в шпиндель станка и затянуть через шпиндель болтом (лунка на среднем кольце должна быть обращена вниз и расположена на середине длины оправки) и навесить подвеску.

2. Поставить на стол станка домкрат под лункой среднего кольца оправки и закрепить двумя болтами.

3. Установить между домкратом и кольцом на оправке динамометр образцовый ДОСМ-3-3, соблюдая соосность приложения силы к динамометру.

4. Вывернуть из фланца шпинделя два верхних винта и в эти отверстия ввернуть направляющие. На направляющие надеть каретки со вставными каретками так, чтобы наконечники индикаторов касались

конца шпинделя, сверху или оправки у шпинделя (2), оправки возможно ближе к подвеске (индикатор 5 – перемещение подвески рис. 5.1, оправки над динамометром (индикатор 3-суммарные перемещения оправки, шпинделя и подвески), стола вблизи динамометра (индикатором 1 измеряют перемещение стола с консолью, индикаторную стойку с индикатором 4 у кольца оправки против динамометра рядом с индикатором 3 (суммарное перемещение системы станок-оправка)).

5. Вращая гайку домкрата за рукоятки, произвести предварительную нагрузку системы (один–два раза) и снять нагрузку.

6. Установить все индикаторы на нуль (натяг индикаторов должен быть 0,5..1 мм).

7. Постепенно нагрузить систему, увеличивая нагрузку ступенями через три деления индикатора динамометра (предельная нагрузка при проведении опыта не должна превышать 200…300 кГс). Результаты занести в таблицу 5.2.

8. В обратном порядке произвести разгрузку системы и данные занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Таблица показаний индикаторов при нагружении станка

№ п/п	Показания индикатора динамометра в мм	Нагрузка *Py*, кгс	Перемещение узлов станка, мкм					
			y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_{on}

Примечание: индексы соответствуют номерам индикаторов на рис. 5.1

9. Построить графики «нагрузка-перемещение» для каждого узла в отдельности и отделить коэффициенты податливости узлов ($\omega_{шп}, \omega_{П}, \omega_{оп}, \omega_{с.к}$) по нагрузочной ветви методом наименьших квадратов. При построении графика $y_{оп}$ для оправки необходимо определить её перемещение по формуле:

$$y_{оп} = y_3 - \frac{(y_2 + y_5)}{2},$$

где y_3 – суммарные перемещения оправки, шпинделя к подвески, измеряемые индикатором 3; y_2 – перемещение шпинделя, измеряемое индикатором 2; y_5 – перемещение подвески, измеряемое индикатором 5.

10. Рассчитать суммарный коэффициент жесткости станка и системы, сравнить расчетный коэффициент жесткости с коэффициентом жесткости, определенным непосредственным измерением перемещений индикатором 4.

3. Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Наименование и характеристика станка, динамометра образцового, приспособления для измерения перемещений узлов станка.
3. Эскиз схемы испытания жесткости.
4. Результаты опытов и расчеты (табл. 5.2).
5. Графики «нагрузка-перемещение» для каждого узла в отдельности.
6. Выводы по работе.

4. Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость металлорежущего станка?
2. По какому правилу суммируются жесткости узлов станка?
3. Как влияет жесткость отдельных узлов горизонтально-фрезерного станка на точность фрезерования?

Лабораторная работа № 6
НАСТРОЙКА ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ РГ 650А

Задание

Ознакомиться с конструкцией, органами управления, техническими характеристиками и порядком настройки поперечно-строгального станка модели Р3-650ГА.

1. Общие методические указания

Поперечно-строгальные станки применяются в условиях единичного и серийного производства для строгания горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей на заготовках мелких и средних деталей, для прорезания прямолинейных пазов, канавок и выемок, значительно реже – для изготовления фасонных линейчатых поверхностей. Схема строгания на поперечно-строгальном станке показана на рис. 6.1. Возвратно-поступательное движение резца – это главное движение (V), а периодическое поперечное (или вертикальное) перемещение стола с заготовкой на величину подачи S – движение подачи.

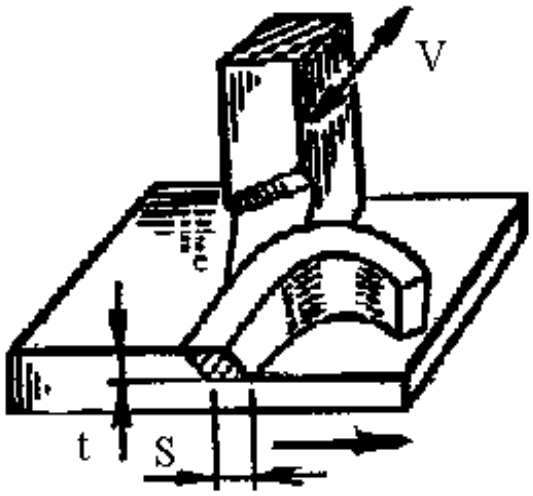


Рис. 6.1. Схема строгания на поперечно-строгальном станке

Определение режимов резания для строгания производится по следующей методике:

– подача S за один двойной ход ползуна в мм/дв.ход, а также скорость резания V в м/мин, выбирается по нормативам [9];

– по принятой скорости резания и назначенной скорости холостого хода с учетом общей длины хода стола L (включая величины врезания и перебега резца в направлении главного движения) находят число двойных ходов стола в минуту:

$$n_{\text{дв.х}} = \frac{1000V_{\text{р.х.}}}{L(1+m) + \tau V_{\text{р.х.}}1000},$$

где $m = V_{р.х} / V_{х.х}$ – отношение скоростей рабочего и холостого хода стола с учетом замедленного движения стола в начале и конце хода; время τ на реверсирование хода стола принимается равным 0,04 мин для работы с $V_{\text{р.х.}}$ <20м/мин, 0,06 мин для работы с $V_{\text{р.х.}}$ >20 м/мин.

$$L = \ell + П_1 + П_2,$$

где $П_1$+$П_2$ – перебег ползуна в начале и конце рабочего хода, в мм.

2. Исходные данные для выполнения работы (задаются преподавателем)

1. Чертеж заготовки.
2. Чертеж детали.
3. Материал заготовки.
4. Материал режущего инструмента.
5. Порядок обработки (технологический процесс).

3. Описание оборудования

Станок модели Р3-650ГА предназначен для черновой и чистовой обработки впадин, плоских и фасонных поверхностей с длиной строгания до 650 мм.

3.1. Техническая характеристика станка

1. Длина хода ползуна, в мм
наибольшая 650;
наименьшая ..... 95.
2. Размер рабочей поверхности стола, в мм
длина × ширина (верх стола) .....520 × 450;
длина × ширина (боковая сторона) .....400 × 415.
3. Расстояние от нижней кромки ползуна до стола, в мм
наибольшее 325;
наименьшее ..... 55.
4. Наибольший вертикальный ход стола, в мм .....210.
5. Наибольший вертикальный ход суппорта, в мм .....175.
6. Наибольший угол поворота суппорта, в град .....± 60.
7. Наибольший продольный ход стола, в мм .....600.
8. Пределы чисел двойных ходов ползуна в минуту .....16–90.
9. Число скоростей ползуна .....6.
10. Пределы продольных подач стола, в мм/дв.ход.....0,33–3,3.
11. Число продольных подач стола .....10.
12. Мощность электродвигателя, в кВт .....4.
13. Габариты станка
(длина × ширина × высота), в мм.....2200 × 1440 × 1550.
14. Вес станка, в кг ..... 1820.

Общий вид и органы управления поперечно-строгального станка представлены на рис. 6.2.

Чугунная станина 19 наверху имеет горизонтальные направляющие, по которым двигается ползун 17 с суппортом. Суппорт состоит из поворотной части 16, салазок 15, получающих вертикальное перемещение посредством ходового винта, резцовой каретки 14 и откидной доски (подушки), на которой крепится резцедержатель 13.

На передних направляющих станины находится поперечина 18, по направляющим которой движется стол 12, получающий движение подачи через механизм подач 20. Для большей жесткости стол скрепляется стойкой с площадкой основания станины.

Ползун получает возвратно-поступательное движение от электродвигателя через коробку скоростей и механизм качающейся кулисы.

3.2. Органы управления станком

1. Лампа освещения.
2. Штурвал ручного перемещения суппорта.
3. Квадрат регулирования начального хода ползуна.
4. Кнопка пуска.
5. Кнопка остановки.
6. Рукоятки переключения скоростей.
7. Вводной выключатель.
8. Квадрат перемещения подъема и опускание стола.
9. Квадрат регулирования длины хода ползуна.
10. Штурвал ручного горизонтального перемещения стола.
11. Собачка для включения и реверсирования механической подачи стола.

Качающаяся кулиса 2 (рис. 6.3) связана с кривошипным диском (кулисным колесом) 5, несущим палец, который можно перемещать в радиальном направлении по торцу диска (квадратом 6 через коническую передачу) для изменения длины хода ползуна. На пальце свободно сидит кулисный камень.

При вращении кривошипного диска камень перемещается вдоль прорези кулисы 2, которая качается на оси 0, расположенной ниже кривошипного диска. Своим верхним пальцем кулиса соединена с ползуном посредством гайки 3 и винта V. Совершая качательное движение, кулиса 2 сообщает ползуну возвратно-поступательное движение, состоящее из движения вперед (рабочий ход) и более быстрого движения в обратном направлении (холостой ход).

Зону строгания можно смещать, изменяя положение гайки 3 на винте V квадратом 1, предварительно расстопорив винт V рукояткой 4.

Движение от электродвигателя через клиноременную передачу передается в коробку скоростей на вал I.

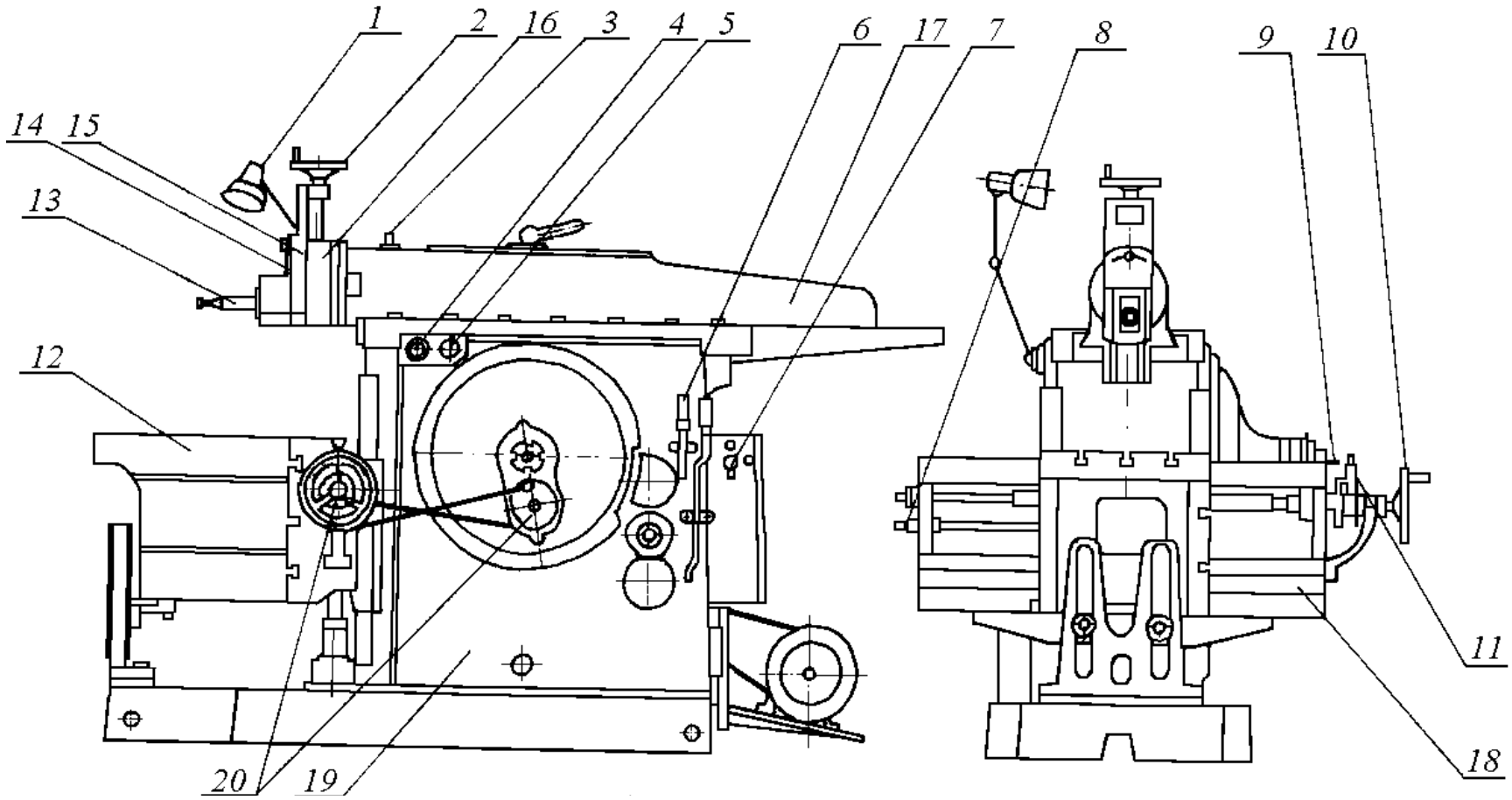


Рис. 6.2. Общий вид и органы управления поперечно-строгального станка

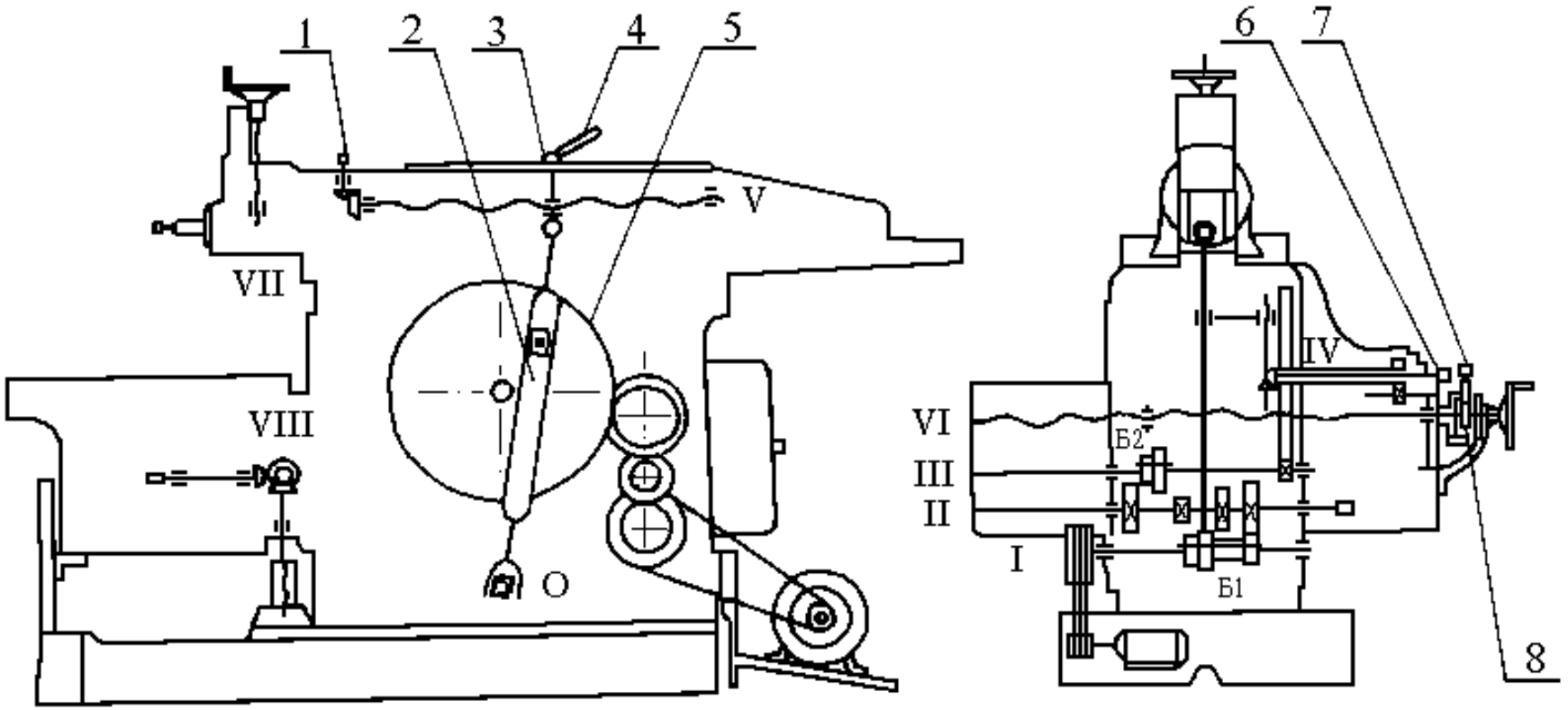


Рис. 6.3. Кинематическая схема станка поперечно-строгального станка

Таблица 6.1

Настроечная таблица

А	I			II		
Б	1	2	3	1	2	3
Число дв. ход/мин	16,6	23,7	33	48,4	69,1	96,8
L (мм)	Скорость движения ползуна (V) м/мин при длине хода ползуна L, мм					
150				13,7	19,6	27,4
250		10,8	15,1	22,1	30,8	44,3
350	10,3	14,7	20,4	30,0	42,8	
450	12,8	18,2	25,4	35,9	53,2	
550	15,2	21,6	30,1	44,2		
650	17,3	24,6	36,4	50,3		

Подачи стола в мм/дв. Ход										
Число зубьев храпового колеса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S мм/дв.ход	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,0	3,33

Передвижные тройной и двойной блоки (Б1, Б2) коробки скоростей дают шесть ступеней скорости на валу III при постоянной скорости электродвигателя, затем движение передается на вал IV кривошипного диска.

Механическая подача стола осуществляется механизмом подачи. Движение подачи передается от кулисного вала IV через зубчатую передачу на эксцентрик. Вращаясь, эксцентрик качает через рычаг собачку 7 (рис. 6.3), которая поворачивает храповое колесо 8 на валу VI и, таким образом сообщая рабочее движение столу во время обратного хода ползуна. Во время рабочего хода ползуна собачка 7 проскальзывает по спинкам зуба храповика. Реверс подачи осуществляется поворотом собачки 7 на угол 180°. Выключение подачи – поворотом собачки 7 на 90°. Величина подачи определяется углом поворота крышки, которая расположена у штурвала ручного горизонтального перемещения стола, при этом собачка 7 будет поворачивать храповое колесо 8 на определенное число зубьев (от 1 до 10). Значения подач, при повороте храпового колеса на определенное число зубьев, указаны в таблице 6.1.

4. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию, органы управления и кинематическую схему поперечно-строгального станка модели Р3-650ГА.

2. Получить все необходимые исходные данные, режущий, вспомогательный и мерительный инструменты.

3. Произвести подбор и установку режимов резания и произвести настройку станка на выполнение работ.

4. После проверки правильности преподавателем, произвести строгание детали на поперечно-строгальном станке. По окончании работы проконтролировать выполняемый размер, убрать станок.

5. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Краткие сведения о станке.
3. Кинематическая схема станка.
4. Исходные данные для проведения лабораторной работы и результаты выбора режимов резания.
5. Выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Какие существуют типы строгальных станков, их основные отличия?
2. В каких случаях целесообразно применение поперечно-строгальных станков?
3. Настройка скорости резания и на начальную точку строгания.
4. Настройка на длину хода ползуна, органы настройки, принцип работы механизма качающейся кулисы.
5. Настройка величины движения подачи, реверс подачи.

Лабораторная работа № 7
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНОГО СТАНКА МОДЕЛИ DN250III

Задание

Ознакомиться с конструкцией, органами управления, техническими характеристиками и порядком настройки токарно-затыловочного станка модели DN250III.

1. Общие методические указания

1.1. Методы затылования

Затылочная поверхность зуба червячной фрезы представляет собой

винтовую поверхность с кривизной, по профилю совпадающей с профилем зуба фрезы, распространенной в направлении длины поверхности по пространственной спирали (рис. 7.1).

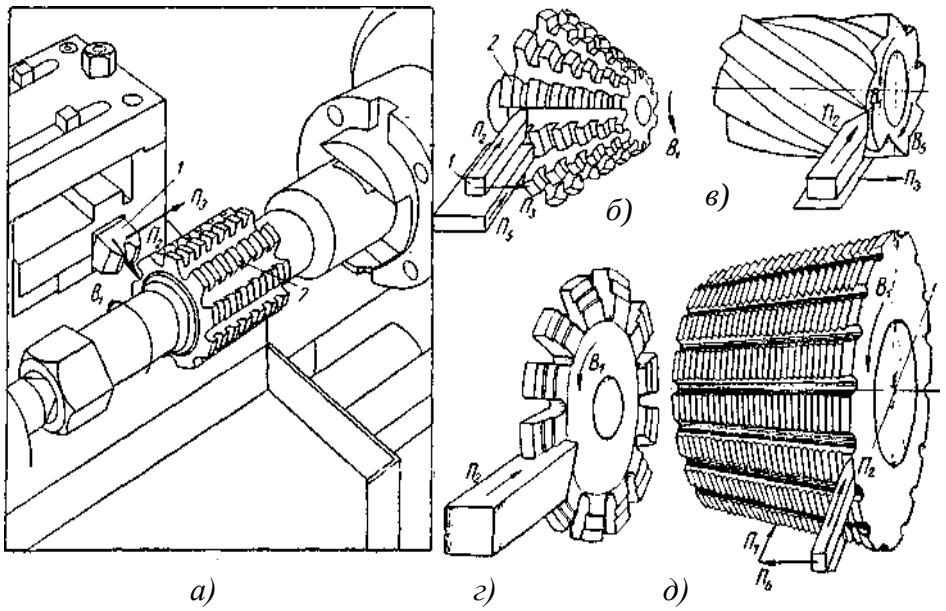


Рис. 7.1. Схемы движений инструмента и заготовки при затылковании фрез: а – червячной; б – червячной конической; в – цилиндрической с винтовым зубом; г – дисковой; д – гребенчатой резьбовой

Она образуется фасонным резцом (рис. 7.1, *а*) посредством одного сложного исполнительного движения, составленного из трех взаимосвязанных элементарных движений B_1 $П_2$ и $П_3$, т. е. одного вращательного и двух прямолинейных движений. Если червячная фреза – коническая (рис. 7.1, *б*), то сложное исполнительное движение формообразования составляется из четырех простых движений: добавляется прямолинейное движение $П_5$, необходимое для расположения затылочной поверхности зуба по винтовой линии на конусе.

Естественно, что кинематическая структура станков для затылования червячных цилиндрических фрез представляет собой одну кинематическую группу, осуществляющую одно сложное исполнительное формообразующее движение $Ф_v(B_1П_2П_3)$, но внутренняя кинематическая связь будет состоять здесь не из одной, а из двух или большего числа внутренних кинематических цепей.

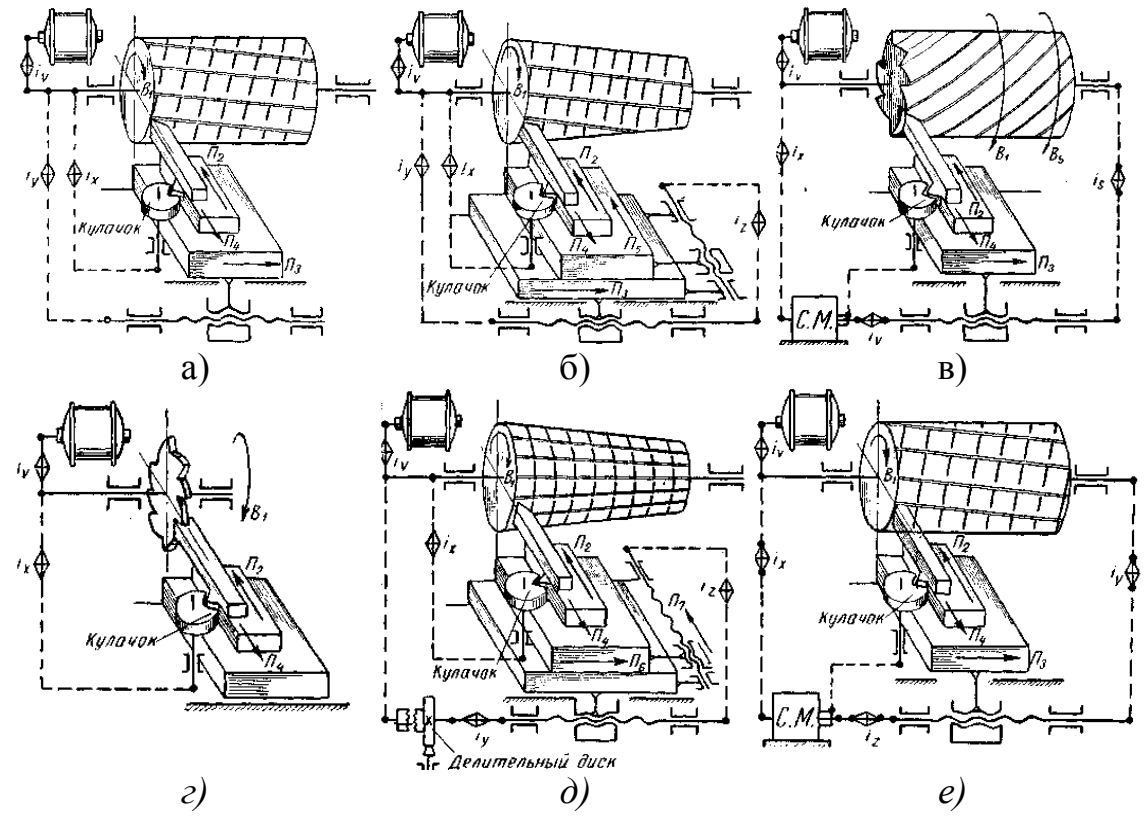


Рис. 7.2. Структурные схемы станков, затылующих фрезы: а – червячные; б – червячные конические; в – цилиндрические с винтовым зубом; г – дисковые; д – гребенчатые резьбовые; е – червячные при дифференциальной настройке

Если внутренняя связь связывает между собой три элементарных движения, она состоит из двух внутренних кинематических цепей (рис. 7.1, *а*) с органами настройки i_x и i_y. Обе цепи имеют общую цепь привода с органом настройки i_v. Внутренняя цепь с органом настройки i_x осуществляет исполнительное движение лезвия по архимедовой спирали, а цепь i_y – движение по винтовой линии.

В случае осуществления группой сложного исполнительного движения, состоящего из четырех элементарных движений, как при затылковании конической червячной фрезы (рис. 7.1, *б*), внутренняя связь будет состоять из трех внутренних кинематических цепей.

Обычно в затыловочных станках поперечное поступательное движение резца $П_2$ осуществляется кулачком (рис. 7.3), так как путь этого движения всегда очень невелик: он равен величине падения затылка и не превышает, как правило, 10 мм.

Кроме движения формообразования, при затылковании многозубого инструмента необходимо осуществлять делительный процесс. Зубья червячной фрезы расположены на ней по винтовой линии; поэтому делительное движение будет винтовым $Д(В_1П_3)$ (рис. 7.2, *а*). Оно является

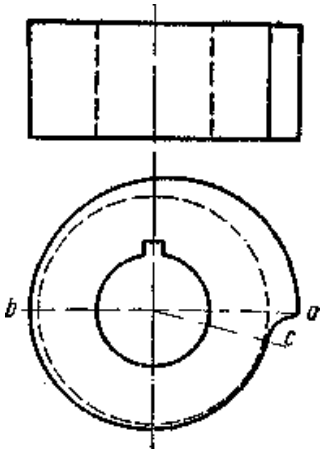


Рис. 7.3. Сменный кулачок

частью сложного формообразующего движения $\Phi_v(B_1П_2П_3)$. Переход от этого формообразующего движения к делительному $Д(B_1П_3)$ производится путем разложения исполнительного движения Φ_v $(B_1П_2П_3)$ на два: на винтовое Д $(B_1П_3)$ – для осуществления делительного процесса и на вспомогательное *всп* $(П_4)$ – для возвращения резца в исходное положение.

Разложение сложного движения формообразования на два и восстановление его производится с помощью кулачка. Участок *abc* на кривой кулачка (рис. 7.3) создает движение формообразования $П_2$, а участок *са* – вспомогательное движение $П_4$. Участок контура кулачка очерчивают чаще всего по архимедовой спирали для получения равномерного движения $П_2$. Кулачки делают сменными, с различным шагом спирали в соответствии с величиной падения затылка зуба фрезы.

На кулачке располагают либо одну рабочую кривую *abc*, либо несколько участков кривых (до четырех) для рабочих и холостых ходов резца, если желательно уменьшить скорость вращения кулачка.

При затылковании зубьев на червячной фрезе величина затылования зависит от количества зубьев и объясняется схемой, показанной на рис. 7.4. Зубья на фрезе расположены по винтовой линии шага. Число зубьев, размещенных в отрезке винтовой линии, равно числу винтовых канавок.

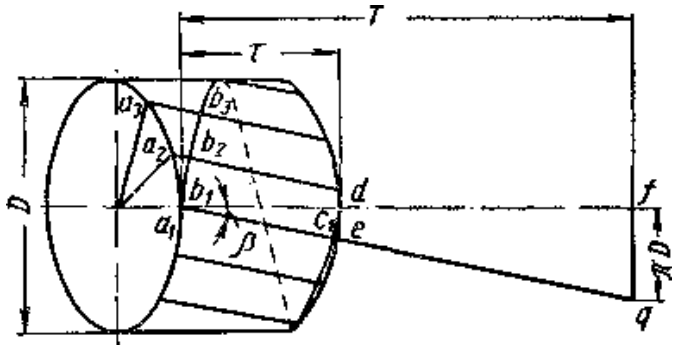


Рис. 7.4. Схема определения числа зубьев, размещаемых на длине одного шага винтовой нарезки червячной фрезы

Кинематическая структура затыловочных станков для фрез других типов (не червячных) будет изменяться соответственно изменению характера формообразующих движений.

Для затылования цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями (рис. 7.2, *в*) необходимо иметь два формообразующих движения Φ_v (B_3)

и Φ_s ($П_3В_5$), так как затылочная поверхность, являющаяся винтовой поверхностью, образуется остроконечным резцом.

Движением Φ_v ($В_1П_2$) образуется кривая затылка зуба – архимедова спираль (рис. 7.2, *в*). Кинематическая группа, осуществляющая это движение, состоит из одной внутренней кинематической цепи с органом настройки i_x (рис. 7.2, *в*) и одной цепи привода – цепи скорости резания i_v. Движением Φ_s ($П_3В_5$) осуществляется винтовая линия по длине зуба. Движение это – медленное и является в процессе резания движением подачи. Его осуществляет кинематическая группа с внутренней винторезной цепью i_y и цепью привода – цепью подач i_s. Так как шпиндель изделия должен совершать одновременно два вращетельных движения – быстрое $В_1$ и медленное $В_5$, то внутренние кинематические цепи имеют общую ветвь и соединяются между собой с помощью суммирующего механизма (дифференциала).

Кроме двух формообразующих движений, станок осуществляет еще и делительное движение. Это движение – простое вращательное Д ($В_1$) – заканчивается во время обратного поперечного движения резца $П_4$. Кинематическая группа остается та же. Кулачок в это время выполняет дополнительную функцию делительного диска. Поэтому внутреннюю цепь с органом настройки i_x называют делительной.

Расчетные перемещения в рассматриваемом случае затылования цилиндрической фрезы с винтовым зубом будут:

делительная цепь (орган настройки i_x):

1 об кулачка $\rightarrow \frac{z}{k}$ об. заготовки;

винторезная цепь (орган настройки i_y):

1 об. заготовки $\rightarrow$ T *мм* продольное перемещение резца;

цепь скорости резания (орган настройки i_v):

$n_э$ об/мин вала двигателя $\rightarrow$ $n_{заг}$ об/мин заготовки;

цепь подач (орган настройки i_s):

1 об. заготовки$\rightarrow$ s *мм* продольное перемещение резца.

При затыловании дисковой фрезы фасонным резцом (рис. 7.1, *г*) движение подачи отпадает, и кинематическая структура станка состоит из одной кинематической группы, осуществляющей исполнительное формообразующее движение Φ_v ($В_1П_2$) (рис. 7.2, *г*) и делительное движение Д ($В_1$).

Структура станка для затылования групповой резьбовой конической фрезы фасонным резцом (рис. 7.1, *д*) будет состоять из двух групп (рис. 7.2, *д*): а) кинематической группы формообразования, осуществляющей, как и во всех приведенных выше станках, два исполнительных движения – движение Φ_v ($В_1П_2$) для образования архимедовой спирали

и делительное движение $Д_1$ ($В_1$) и б) кинематической группы деления, создающей второе делительное (сложное) движение $Д_2$ ($П_6П_7$), необходимое для размещения зубьев на конической поверхности на расстояниях друг от друга, равных шагу τ по длине фрезы. В этой группе размещают отдельное отсчетное звено – делительный диск.

Цепь формообразования с органом настройки i_x настраивается так же, как и в предыдущем случае.

Внутренняя связь делительной группы, осуществляющей сложное движение $Д_2$ ($П_6П_7$), состоит из внутренней кинематической цепи с органом настройки i_z для осуществления перемещения резца по образующей конуса и делительной цепи с органом настройки i_y, связывающей продольное перемещение резца с поворотом делительного диска. При настройке гитары 1г обеспечиваются следующие расчетные перемещения: L *мм* продольное перемещение резца →L tg(α), *мм* поперечное перемещение резца,

где L – произвольная величина перемещения резца и α – угол конуса затылуемой резьбовой фрезы.

Для цепи деления i_y $n_д$ об. делительного диска →τ, *мм* продольное перемещение резца.

В структуре затыловочного станка для затылования червячной фрезы потребуется также отдельная дополнительная делительная группа, если фреза многозаходная.

На рисунке 7.2, *е* дана кинематическая структура универсально-затыловочного станка при затыловании на нем червячной фрезы фасонным резцом методом дифференциальной настройки. Здесь связь между шпинделем заготовки и кулачком осуществляется через две внутренние кинематические цепи с помощью суммирующего механизма (дифференциала).

Расчетное перемещение: 1 об. заготовки →z/k(1+τ/T) об. кулачка разбивается в этом случае на два: 1 об. заготовки →z/k об. кулачка; 1 об. заготовки →z/k·τ/T об. кулачка.

Первое соотношение обеспечивается цепью с органом настройки i_x, второе – цепью с органами настройки i_y, и i_z. Теперь внутренняя связь состоит из трех внутренних кинематических цепей, которые получают движение от одной цепи привода с органом настройки i_v. Так как форма образуемой поверхности производящей режущей кромки инструмента не изменилась, то не изменилось и количество исполнительных формообразующих движений, а, следовательно, и число кинематических групп формообразования; изменилась только структура этой группы. Увеличение числа настроек упрощает подбор сменных зубчатых колес

гитары i_x. Однако суммирующий механизм понижает кинематическую точность станка.

2. Техническая характеристика станка DN250III (рис. 7.5)

Диаметр окружности над затыловочными салазками, мм	250.
Высота центров над станиной, мм	138;
полом, мм	270.
Длина обточки, мм	630.
Расстояние между центрами, мм	900.
Предел хода затылования (бесступенчато) нормально, мм	0..16.

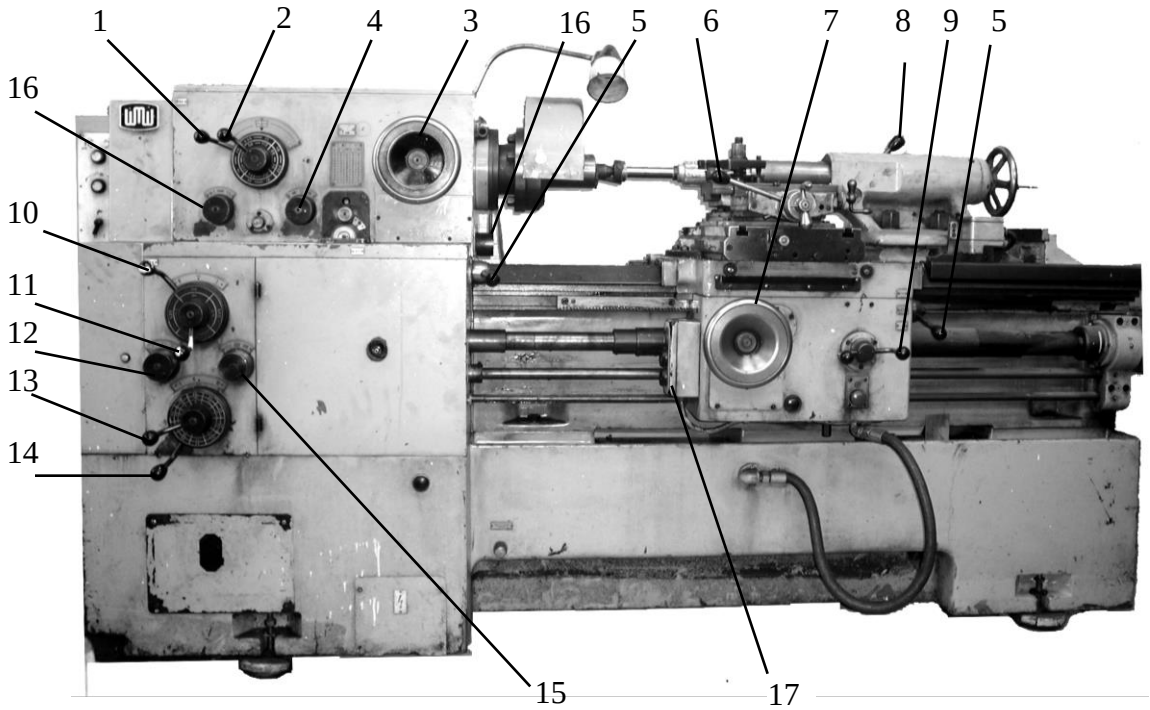


Рис. 7.5. Органы настройки станка:

1 – Рычаг включения перебора механизма передачи рабочего шпинделя; 2 – рычаг для переключения чисел оборотов механизма передачи рабочего шпинделя; 3 – штурвал вращения шпинделя вручную; 4 – реверс подачи рабочих салазок суппорта; 5 – рычаг включения вращения шпинделя; 6 – рычаг для отвода и подвода резца из зоны резания; 7-штурвал продольного перемещения суппорта; 8 – рычаг зажима пиноли задней бабки; 9 – рычаг включения гайки ходового винта; 10 – рычаг включения подачи через зубчатую рейку; 11– рычаг выбора величины подачи; 12 – рычаг выбора направления затылования; 13 – рычаг выбора диапазона стружечных канавок; 14 – рычаг настройки числа канавок; 15 – выбор нормальной и быстрой подачи; 16 – включение дифференциала через зубчатую рейку или ходовой винт; 17 – контактная кнопка установки частоты вращения шпинделя бесступенчато

Максимальный ход затылования со специальным кулачковым диском, мм	32.
Мощность главного привода, квт	5,5.
Быстрый обратный ход поперечных салазок резца, мм	25.
Число скоростей рабочего шпинделя (бесступенчато) об/мин	28–450.
Количество канавок для стружки	60.
Расстояние от поверхности резца до центра рабочего шпинделя, мм	25.
Максимальный диаметр изделия при затыловочном шлифовании, мм	250.
Максимальное число оборотов шпинделя шлифовального круга, об/мин	20000.
Максимальный диаметр шлифовального круга, мм	125.
Мощность двигателя шпинделя шлифовального круга, кВт	0,63.

3. Выбор режимов резания и схемы наладки

Рабочий шпиндель приводится в движение от механизма передачи. Обычно работа станка ведется с контр-приводом. При этом диапазон чисел оборотов может изменяться от 1,8 до 28 об/мин. Без контр-привода обороты шпинделя 28–45 об/мин. Включение и выключение контр-привода производится рычагом 1. Рычагом 2 можно настраивать промежуточные ступени, в пределе которых частота вращения устанавливается бесступенчато кратковременным нажатием контактной кнопки 17.

Подачу суппорта производят при помощи механизма подачи через сменные шестерни. Величина подачи не зависит от сменных шестерен. Рычаги 11 и 15 предназначены для выбора значения подачи. Двойной рычаг 9 служит для включения продольной подачи.

4. Привод шлицевого вала

Движение затыловочных салазок происходит посредством привода шлицевого вала, расположенного в центре станины.

Направление вращения зависит от направления вращения рабочего шпинделя при нормальных токарных работах без движения хода затылования.

При затыловании обрабатываемой детали необходимо, чтобы ход затыловочных салазок совпадал с зубом фрезы.

Предварительная установка производится следующим образом. При одновременном включенном приводе подачи и вращении шпинде-

ля движение выключаются рычагом 5, рычаг 12 переключается в среднее положение. При этом резец должен находиться в максимально удаленном от заготовки положении. Посредством штурвала 3 рабочий шпиндель с обрабатываемой деталью поворачивают в такое положение, чтобы передняя поверхность затылуемого зуба была параллельно горизонтальной плоскости. После чего включается рычаг 12.

Точную установку производят посредством поворотной кнопки 16 со шкалой на ¼ зуба. Перед установкой освободить кнопку, затем плотно затянуть.

5. Расчет хода затылования

Величину хода затылования можно установить бесступенчато. Для данного станка предусмотрены три вида кулачков:

1. Восьмимиллиметровый *h=0..8 мм;*
2. Шестнадцатимиллиметровый *h=8..16 мм;*
3. Тридцатидвухмиллиметровый *h=16..32 мм.*

Установка хода затылования производится следующим образом: после вывинчивания срезанных болтов суппорта, находящихся сбоку, вытягивается крышка салазок. Освобождается передаточный механизм хода (рис. 7.6). При помощи шестигранного ключа ослабляется зажимной болт 1.

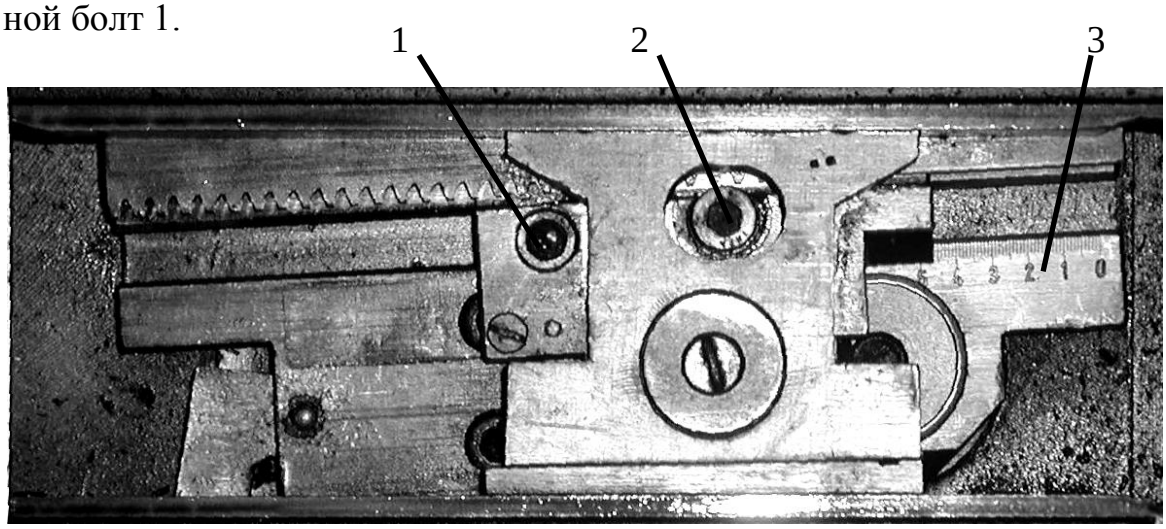


Рис. 7.6. Механизм установки хода затылования

Затем, вращая тем же ключом колесико для регулировки 2, перемещается кулачок на необходимую величину по шкале 3. Значения шкалы соответствуют кулачковому диску шестнадцати миллиметров. При восьмимиллиметровом диске высота получаемых ходов соответствует той же шкале разделенная пополам. После установки хода, зажимной болт затягивается.

Для затылования применяются кулачковые диски, величина подъема которых в зависимости от угла поворота постоянна, т. е. путь кривой описывает архимедова спираль.

Величина хода затылования рассчитывается до следующего зуба. Она зависит от наружного диаметра фрезы D_a, числа канавок для стружки i, от заднего угла α фрезы. Для фрез, обрабатывающих металлы α=8..15°.

Приближенный расчет: $h = \dfrac{tg(\alpha) \cdot D_a \cdot \pi}{i}$.

Точный расчет: $h = \dfrac{D_a}{2} \cdot \left(1 - \dfrac{1}{e^{tg(\alpha) \cdot \beta}}\right)$,

где $\beta = \dfrac{2\pi}{i}$ – угол поворота кулачка на один зуб.

6. Гидравлическое демпфирование

Обратное движение хода затылования происходит с большой скоростью, которая зависит от числа оборотов обрабатываемой заготовки. Поэтому для предотвращения ударов при изменении направления движения затыловочных салазок суппорта имеется устройство гидравлического демпфирования (рис. 7.7).

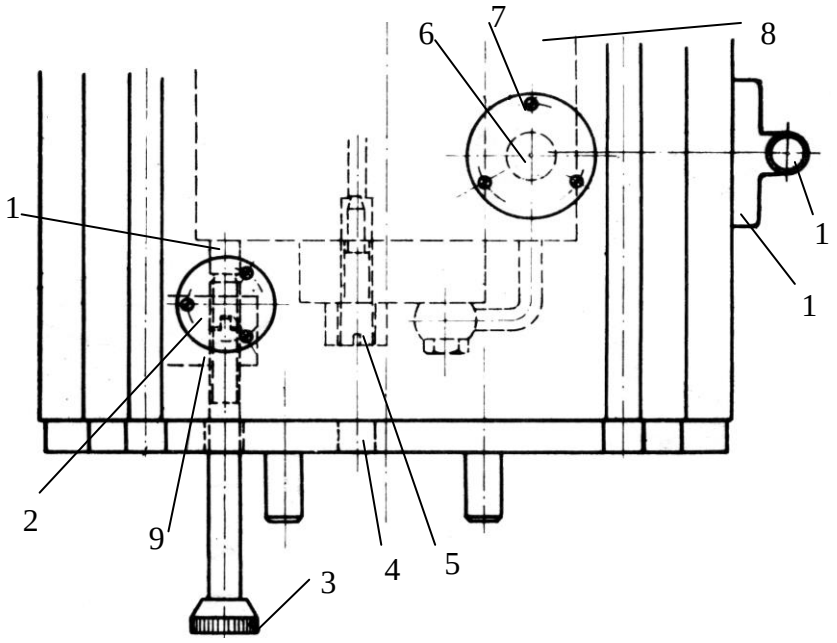


Рис. 7.7. Устройство гидравлического демпфирования

Установка демпфирования производится рукояткой 3. Вращением влево демпфирование усиливается, вправо – уменьшается. Дальнейшую регулировку можно производить посредством дроссельного винта 5.

Вращением рычага 3 устанавливается сила удара в конечной точке обратного движения затыловочных салазок суппорта, а дроссельным винтом устанавливается скорость обратного хода.

7. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию, органы управления и кинематическую схему токарно-затыловочного станка мод DN250.
2. Зарисовать кинематические схемы настройки станка (рис. 7.2)
3. Получить необходимые исходные данные для расчета величины затылования.
4. Произвести подбор режимов резания.
5. Установить полученные режимы резания и расчетную величину затылования.

8. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы
2. Краткие сведения о станке
3. Структурная схема настройки
4. Исходные данные для проведения лабораторной работы.
5. Расчет величины затылования.
6. Выводы по работе.

9. Контрольные вопросы

1. Какие инструменты можно затыловывать на станке?
2. Дать определение величины затылования.
3. Назначение дифференциала.
4. Показать основные формообразующие движения при затыловании цилиндрической фрезы с винтовым зубом.
5. Порядок установки величины затылования. От каких параметров зависит величина затылования?

Лабораторная работа № 8
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1Г340П

1. Цель работы

Изучение конструкции, органов управления и порядка работы станка модели 1Г340П. Приобретение навыков настройки токарно-револьверного станка на изготовление партии деталей.

2. Общие методические указания

Работа проводится на токарно-револьверном станке модели 1Г340П с горизонтальной осью вращения револьверной головки (рис. 8.1). Станок предназначен для выполнения разнообразных токарных (обтачивание, растачивание, развертывание, отрезка, подрезка торцев, прорезка канавок), сверлильных и резьбонарезных работ в условиях серийного производства.

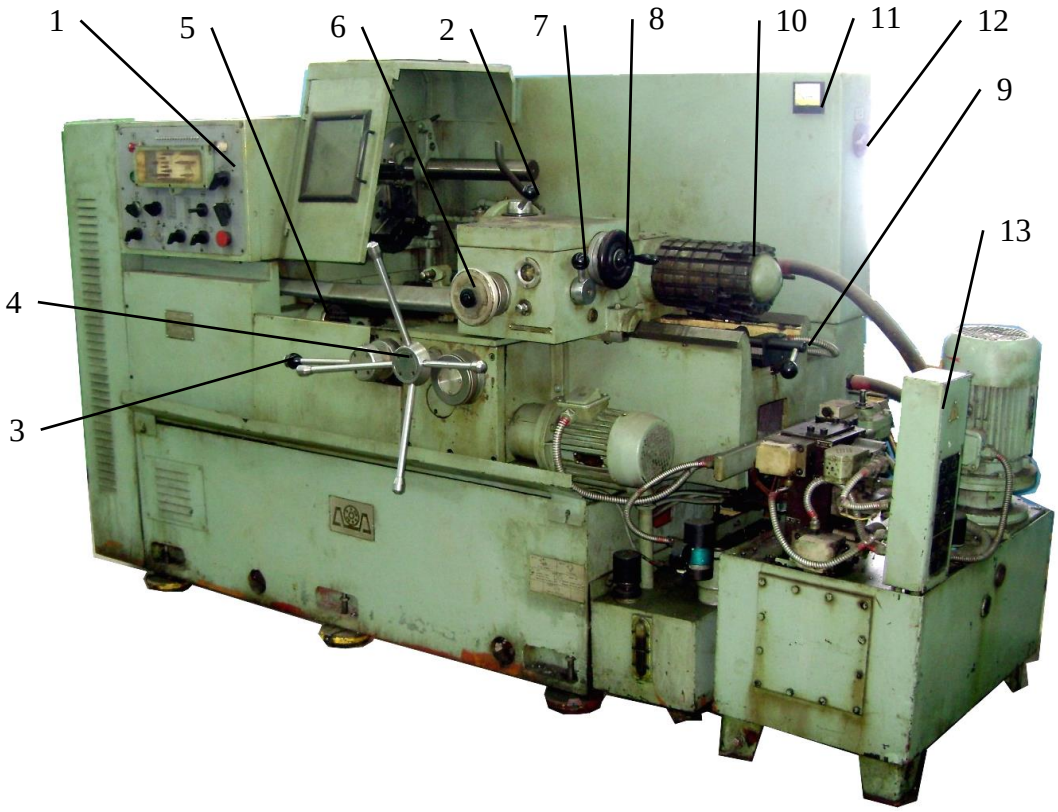


Рис. 8.1. Общий вид и органы управления станка: 1 – панель управления; 2 – рукоятка фиксирования и расфиксирования револьверной головки; 3 – рукоятка включения и выключения механической продольной подачи револьверного суппорта; 4 – штурвал ручного продольного перемещения револьверного суппорта; 5 – рукоятка подвода упоров переднего барабана для отключения продольной подачи; 6 – маховик ручной поперечной подачи револьверной головки; 7 – рукоятка включения реверса поперечной подачи; 8 – маховик ручного быстрого поворота револьверной головки; 9 – рукоятка установки жесткого отводного упора дня отключения продольной подачи; 11 – амперметр «Указатель загрузки главного двигателя»; 12 – вводной автомат;13 – гидростанция

Поперечная обработка осуществляется за счет круговой подачи револьверной головки. При оснащении дополнительными устройствами на станках может производиться обработка конусов и фасонных поверхностей. Автоматическое переключение частоты вращения шпинде-

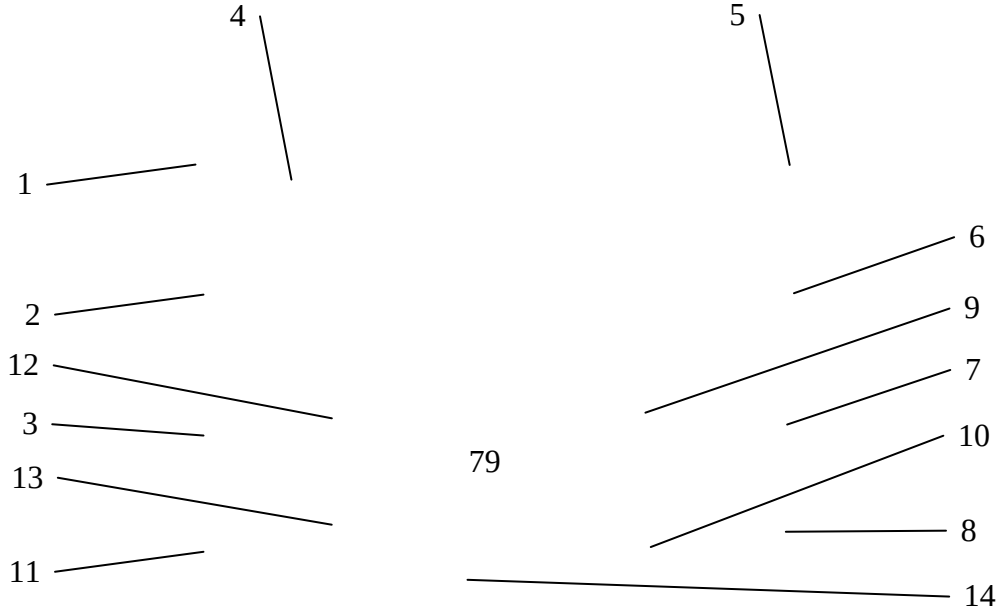
ля и подач суппорта при смене позиций револьверной головки в соответствии с программой, заданной на штекерной панели пульта управления, значительно повышает производительность работы на станках и удобство их обслуживания.

Применение сменных револьверных головок обеспечивает быструю переналаживаемость станков.

Зажим и подача прутков, а также зажим штучных заготовок осуществляется гидравлическим механизмом.

2.1. Техническая характеристика станка

1. Класс точности по ГОСТ 8-77 П.
2. Точность обработки по длине, мм 0,06–0,07.
наибольшие размеры обрабатываемого прутка при зажимной и подающей трубах, мм:
круглого (диаметр) 40;
шестигранного (размер под ключ) 32;
наибольшая длина прутка, мм 3000;
наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм 400;
наибольшая длина подачи прутка, мм 100;
расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки, мм:
наименьшее 120;
наибольшее 630;
расстояние от низа основания станка до оси шпинделя, мм 1060;
количество частот вращения шпинделя:
прямое вращение 12;
обратное вращение 6;
частота вращения шпинделя при прутковом исполнении, об/мин:
прямое вращение 45–2000;
обратное вращение 45–250;



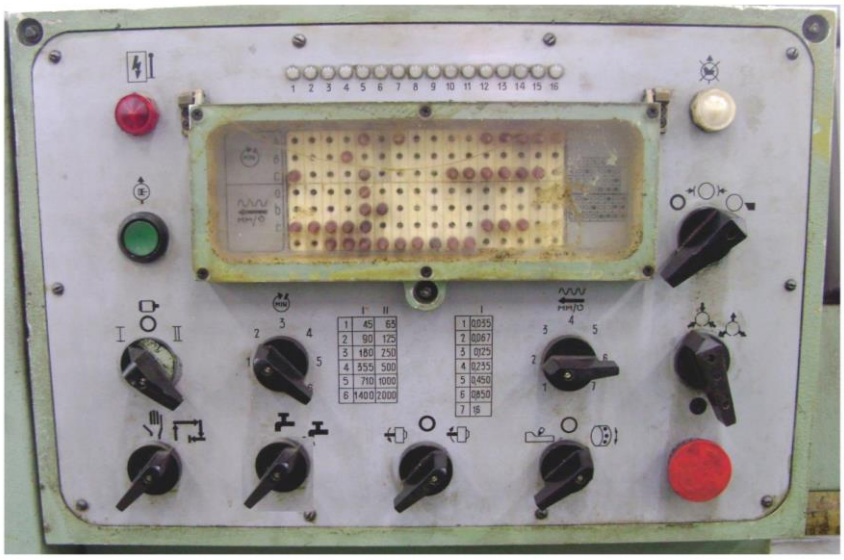


Рис. 8.2. Панель управления станком: 1 – сигнальная лампа «Станок включен»; 2 – кнопка «Пуск гидравлики и смазки»; 3 – переключатель диапазонов частоты вращения главного двигателя; 4 – штекерная панель; 5 – сигнальная лампа «Отсутствие давления в гидросистеме и системе смазки»; 6 – переключатель пуска, торможения и останова шпинделя; 7 – переключатель «Зажим-разжим изделия»; 8 – кнопка «Аварийный стоп»; 9 – переключатель установки величин подач револьверного суппорта; 10 – переключатель включения и выключения поперечной подачи револьверной головки; 11 – переключатель режимов работы (ручное/автоматическое управление); 12 – переключатель частоты вращения шпинделя; 13 – переключатель включения и выключения системы охлаждения; 14 – переключатель включения реверса шпинделя

частота вращения шпинделя
при патронном исполнении, об/мин 36–1600;
конец шпинделя фланцевого по ГОСТ 12595-75 1–6Ц;
диаметр отверстия в шпинделе, мм 62;
количество подач револьверного суппорта 7;
пределы подач, мм/об 0,035–1,6;
тип револьверной головки: барабанная шестнадцатигнездная с горизонтальной осью;
габаритные размеры станка
(длина, ширина, высота), мм 2800x1200x1400;
масса станка, кг 3000.

2.2. Кинематическая схема станка (рис. 8.3)

В качестве привода главного движения используется электродвигатель M_1 – трехфазный, короткозамкнутый, асинхронный. Вращение от элек-

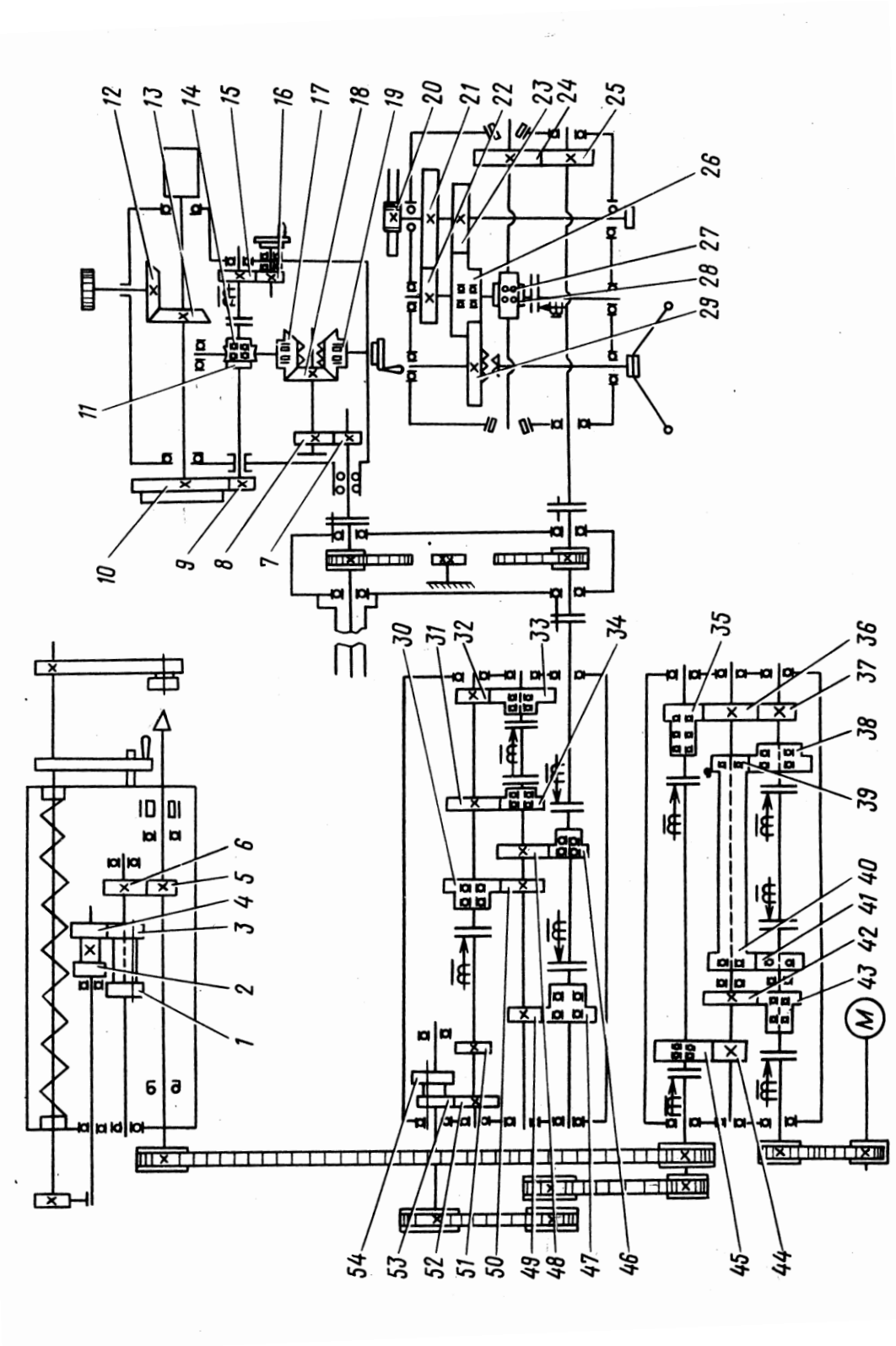


Рис. 8.3. Кинематическая схема станка

тродвигателя передается на входной вал коробки скоростей и с выходного вала на шпиндель передается плоскозубыми ременными передачами. В коробке скоростей имеется шесть электромагнитных муфт типа ЭТМ-104 и ЭТМ-114, которые, включаясь попарно, дают на выходном валу 12 ступеней частоты вращения (с учетом двухскоростного электродвигателя), шесть из которых могут реверсироваться. (табл. 8.1) Переключение частоты вращения можно производить на ходу и под нагрузкой. Торможение выходного вала в коробке скоростей осуществляется одновременным включением двух муфт на выходном валу при отключенных остальных муфтах. Реверсирование шпинделя осуществляется переключением электромагнитных муфт. Коробка подач смонтирована в отдельном корпусе. Ведущий вал коробки подач получает вращение от последнего вала коробки скоростей через плоскозубую ременную передачу. С помощью шести электромагнитных муфт типа ЭТМ-72 обеспечиваются семь различных подач револьверного суппорта.

Таблица 8.1

Величины скоростей и подач

<table>
<tr><td rowspan="3">Механизм главного движения</td><td colspan="2">Частоты вращения шпинделя, об/мин</td></tr>
<tr><td>I диапазон</td><td>II диапазон</td></tr>
<tr><td>45, 90; 180; 335;
710; 1440</td><td>63 125 250 500 1000
2000</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Механизм подач</td><td colspan="2">Величины продольных подач, мм/об</td></tr>
<tr><td colspan="2">0,035; 0,067; 0,125; 0,235;
0,45; 0,85; 1,6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Величина поперечных подач в отношении к продольным подачам</td></tr>
<tr><td colspan="2">1:2</td></tr>
</table>

2.3. Копировальное устройство

На токарно-револьверном станке мод. 1Г340П имеется специальное копировальное устройство (рис. 8.4), предназначенное для торцевого и продольного копирования.

При продольном копировании включается продольная подача, а револьверная головка поворачивается под действием копирной линейки. При поперечном (торцевом) копировании включается поперечная подача, а продольное перемещение суппорта производится под действием копирной линейки. Устройство состоит из кронштейна 1, установленного на направляющей планке 14, закрепленной на станине станка. На

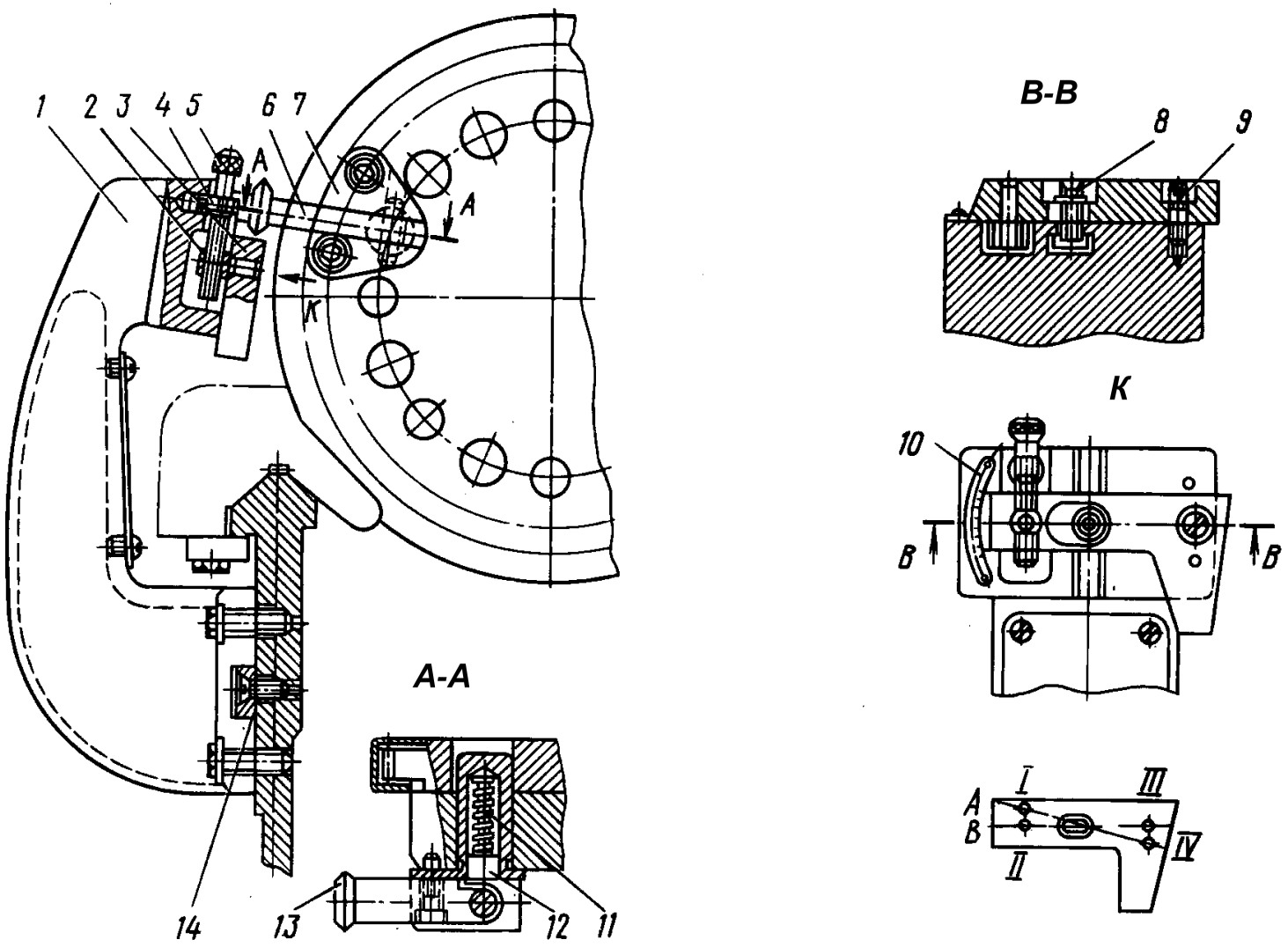


Рис. 8.4. Копировальное устройство

кронштейне установлена копирная линейка 3, поворачивающаяся винтом 5 на оси 9 и закрепляемая винтом 8. Угол поворота копирной линейки определяется по шкале 10. Поворот линейки производится винтом 5, шейка которого входит в вилку 4, закрепленную в кронштейне 1. Гайка 2 закреплена на линейке 3.

При продольном копировании линейка поворачивается вокруг оси 9, входящей в отверстие III. Гайка при этом закрепляется в отверстие II линейки. Угол поворота отсчитывается по риске В.

При поперечном копировании ось 9 входит в отверстие IV, а гайка 2 – в отверстие I линейки. Угол поворота отсчитывается риской А.

На револьверной головке закреплена державка 7, в пазу которой находится откидная планка 6 с роликом 13. Планка 6 фиксируется в рабочем и в выключенном положении штырем 12 и пружиной 11.

2.4. Резьбонарезное устройство

Для нарезания наружных и внутренних резьб резцами или гребенками применяется резьбонарезное устройство (рис. 8.5). Подача режущего инструмента производится от круглого сменного копира 1, вращающегося на валу 2, от шпинделя станка через зубчатое зацепление 15 и передвижного блока 16, управляемого специальной рукояткой в одно из трех положений: нейтральное, вал 2 (рис. 8.5) не вращается; копир 1 делает один оборот за оборот шпинделя, шаг нарезаемой резьбы равен шагу копира; копир 1 делает половину оборота за оборот шпинделя, шаг нарезаемой резьбы равен половине шага копира. При опускании рычага 14 до соприкосновения с упором, через посредство регулировочного винта, штанга 5 поворачивается и сменная резьбовая губка 3, закрепленная на рычаге 4, сцепляется с резьбой копира 1 и перемещается вдоль копира влево (если копир имеет правую резьбу). Штанга 5, с закрепленным на ней противовесом 6 и суппортом 13, в котором устанавливается резец или резьбовая гребенка, также перемещается влево. Кольцо 8, перемещаясь вместе со штангой, сжимает пружину 7. Когда гребенка или резец подходит к своему крайнему левому положению, сферический конец винта 10 упирается в верхнюю образующую конического упора 9. Рычаг 14, а вместе с ним и рычаг 4, приподнимается, губка 3 выходит из зацепления с копиром и штанга 5, под действием пружины 7, перемещается вправо в исходное положение. Подавая гребенку маховиком 17, с делениями на лимбе, повторяем проходы до достижения окончательного диаметра резьбы. Суппорт 13 поворачивается на ± 5° вокруг штыря, запрессованного в кронштейне 11, и закрепляется винтом 12.

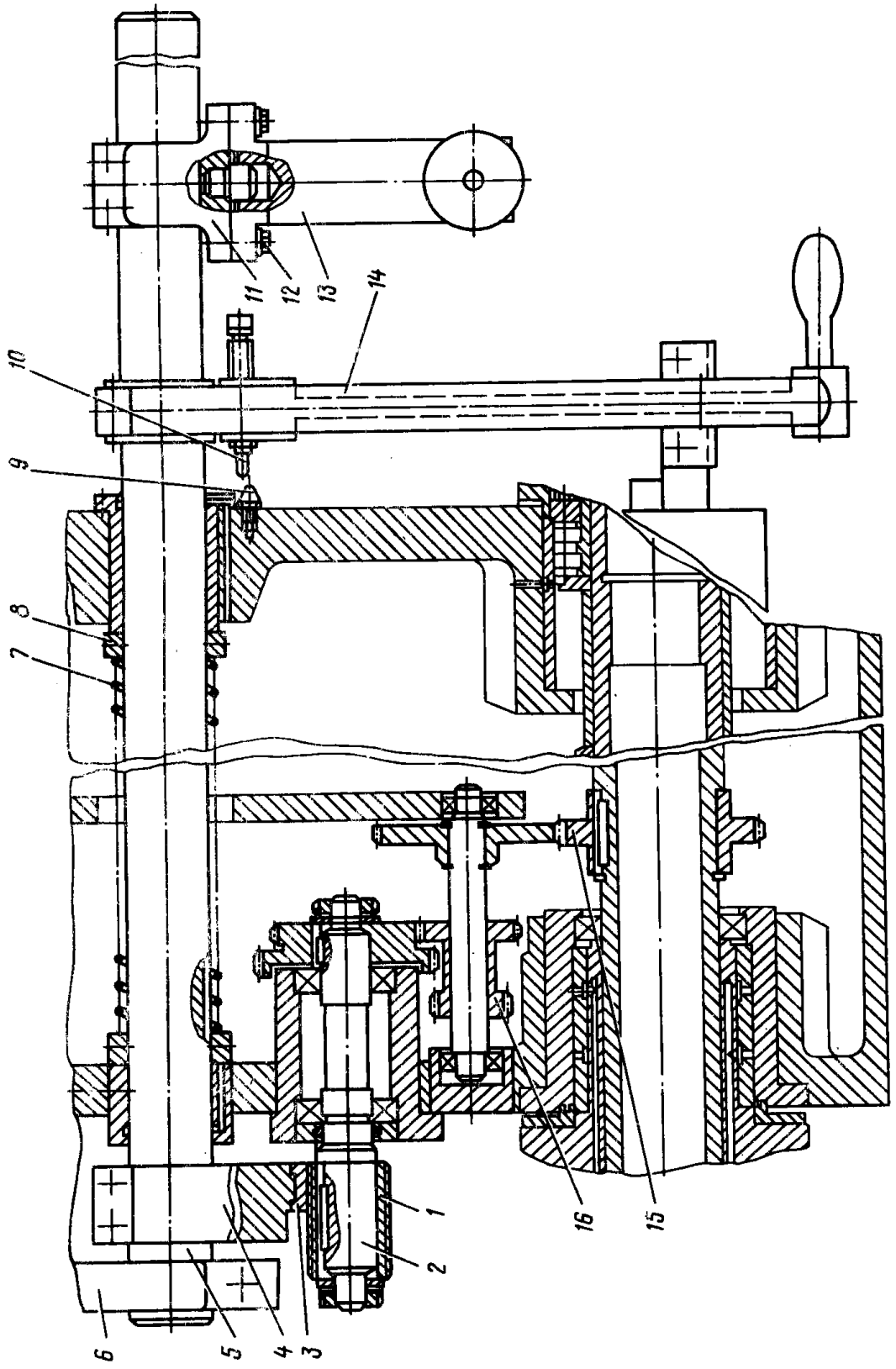


Рис. 8.5. Резьбонарезное устройство

Для нарезания наружной резьбы слева–направо нужно установить копир с левой резьбой упорной стороной резьбы вправо, а губку 3 с левой резьбой – упорной стороной резьбы влево. Винт 10 следует вывинтить из рычага 14 и установить в рычаге 4, вместо амортизатора, а амортизатор ввернуть вместо винта 10. Кроме того, необходимо установить правую резьбовую гребенку (для нарезания правых наружных резьб применяется левая гребенка).

3. Настройка станка на обработку партии деталей

Режущие, вспомогательные и мерительные инструменты подбираются согласно чертежу и технологической операционной карте.

Станок может быть дополнительно оснащен устройством для наладок инструмента вне станка.

Для определения положения инструмента на станке необходимо иметь отсчетные базы. В качестве основных отсчетных баз приняты торец кожуха на шпинделе при обработке деталей из прутка и опорный торец в патроне (для отсчета линейных размеров) и ось шпинделя (для отсчета диаметральных размеров).

В качестве промежуточных отсчетных баз для державок инструментов приняты ось отверстия под хвостовик державки и опорный торец револьверной головки. На рис. 8.6 обозначены: B_1 – база детали; B_2 – основные отсчетные базы; B_3 – промежуточные базы; B_4 – отсчетная база глубиномера.

Для установки инструмента в конечное, требуемое чертежом детали положение, производятся расчеты настроечных размеров положения вершин режущих кромок от промежуточных баз.

Положение револьверной головки в конце рабочего хода определяется положением соответствующего регулируемого упора на барабане. Барабан упоров настраивается на станке с помощью штангенвысотомера. Упоры круговых перемещений настраиваются обычным способом.

Для регулирования и базирования инструмента револьверной головки в продольном направлении на хвостовиках державок предусмотрены установочные кольца с клеммным зажимом.

Процесс наладки станка с применением настройки инструмента вне станка состоит из 4-х этапов:

1. Определение постоянной характеристики «С», необходимой для расчета положения упоров продольных перемещений револьверного суппорта (делается один раз перед запуском станка в эксплуатацию).

2. Разработки технологической документации на конкретную деталь.

3. Настройки вне станка на приспособлениях инструмента в державках.

4. Наладки станка с настройкой упоров.

На рис. 8.7 показана схема обработки произвольной детали инструментом, установленным в револьверной головке, и размерная цепь, образующаяся при обработке.

Из схемы следует: $A+C_2 = C_1 - \alpha_x$,

где C_1 – расстояние от торца кожуха до базовой поверхности упора на станке; C_2 – расстояние от базового торца револьверной головки до плоскости начала отсчета на штангенглубиномере; $C_1 - C_2 = const = C$; $A=(X+A_x)$ – расстояние от торца кожуха до базового торца револьверной головки; α_x – расстояние от базовой плоскости штангенглубиномера до рабочего торца регулируемого упора (искомый настроечный размер упора).

Таким образом $\alpha_x = C_1 - C_2 - A$.

Следовательно: $\alpha_x = C - A$.

Измерив размеры A_x и A, можно определить размер C.

Настройка инструментов в державках производится на приспособлении на проверочной плите (см. рис. 8.6, 8.8).

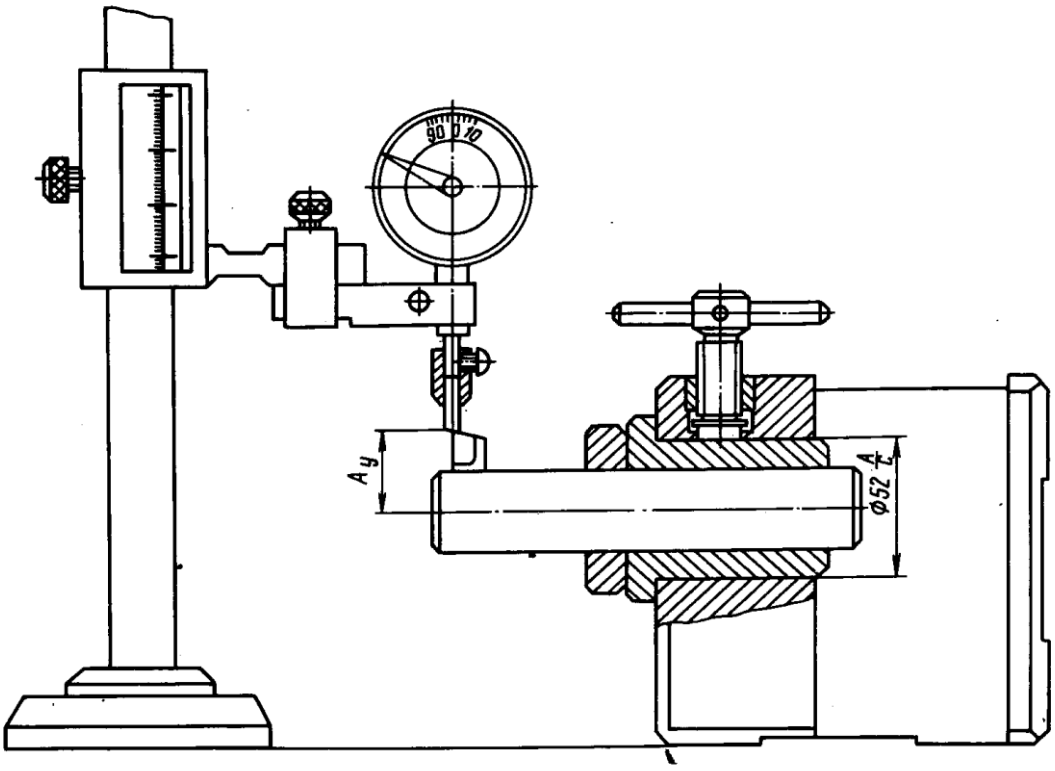


Рис. 8.6. Установка диаметрального размера вне станка

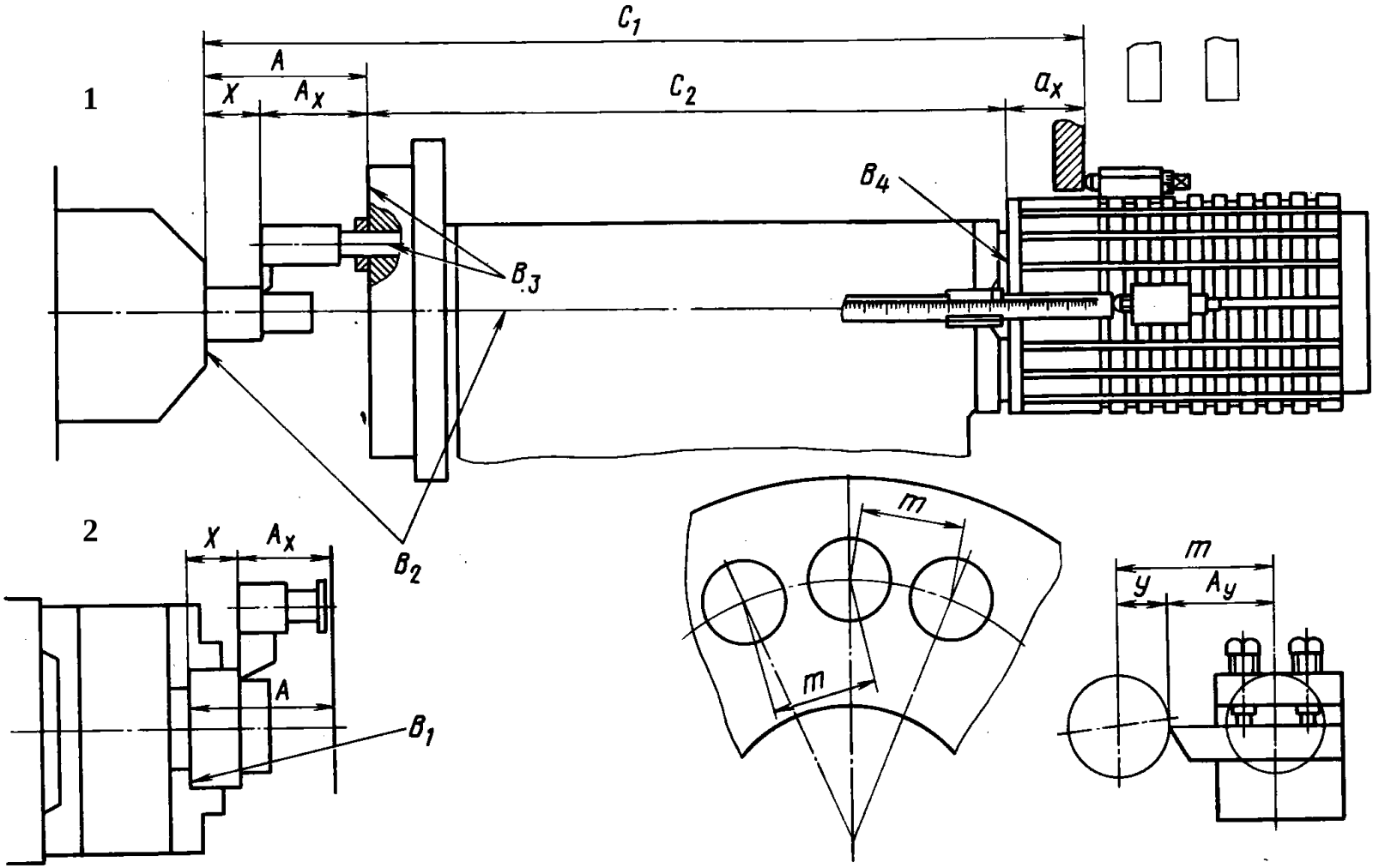


Рис. 8.7. Схема наладки инструмента на станке: 1 – работа в цанговом патроне, 2 – работа в трехкулачковом патроне; В1 – база детали; В2 – основные отсчетные базы; В3 – промежуточные отсчетные базы; В4 –отсчетная база глубиномера

Приспособление представляет собой параллелепипед с тремя опорными гранями. В отверстие на одной из граней кубика вставляется хвостовик настраиваемой державки с инструментом. На хвостовике закрепляется кольцо, базирующий торец которого опирается на грань кубика. В связи с универсальностью приспособления, хвостовики в зависимости от их диаметра устанавливаются через переходные втулки. Для зажима хвостовика в приспособлении имеются два зажимных винта. Расстояния от рабочих граней приспособления до оси отверстия под хвостовик настраиваемой державки точно заданы и имеют маркировку на приспособлении.

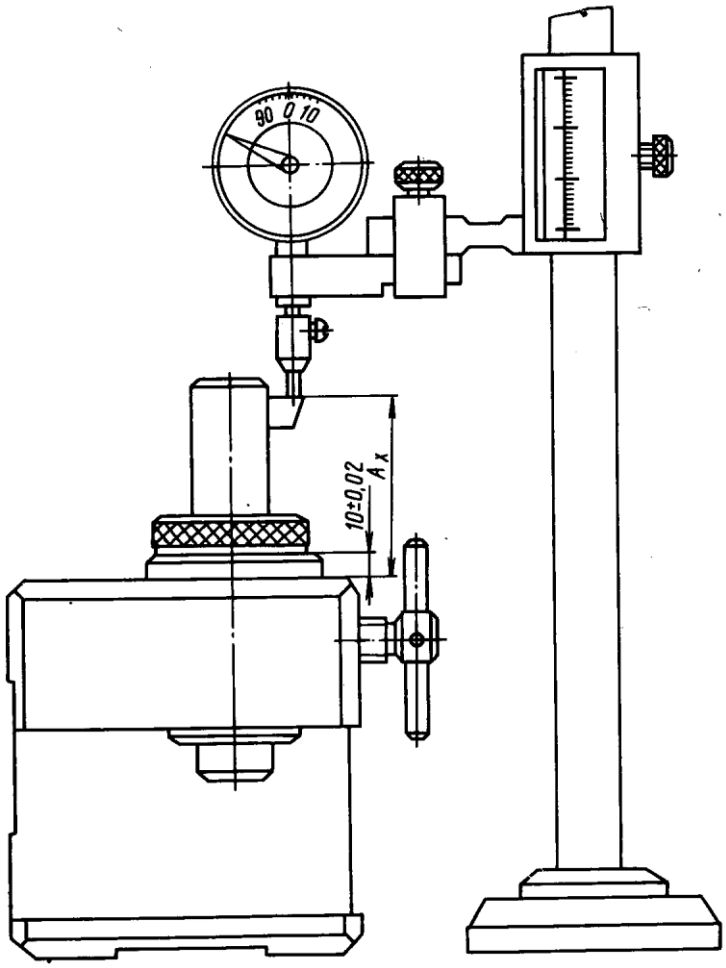


Рис. 8.8. Схема установки осевого размера

3.2. Пример расчета настроечных размеров наладки

Рассмотрим наладку станка на примере детали, показанной на рис. 8.9. На рис. 8.10 показана карта наладки, которая представляет собой схему развертки револьверной головки с установленными в гнездах инструментами. На каждой позиции проставляются координаты формо-

образующих режущих кромок инструментов относительно оси хвостовика (радиальные координаты) и торца револьверной головки (продольные координаты). Допускается вместо радиальных координат проставлять диаметры обрабатываемых поверхностей. Радиальные координаты равны половине диаметра.

В начале определяется вылет прутка относительно отсчетной базы – торца кожуха шпинделя – размер X (см. рис. 8.7). Этот размер указан на 1-й позиции и равен 45 мм.

Расчет величины X на 1-й позиции:

$$X = a + в + c,$$

где а – принятое расстояние от торца кожуха до отрезного резца; в – ширина отрезного резца; с – длина обрабатываемой детали.

Полученный размер X округляется в большую сторону, чтобы гарантировать достаточный зазор между отрезным резцом и кожухом. В данном примере X = 45 мм. Из соображения удобства и быстроты настройки барабана упоров рекомендуется, по возможности, работать «с одного упора», т. е. при одинаковом положении упоров на барабане.
1-я позиция: X = 45 мм. Вылет упора (искомая координата A_x) выбирается, исходя из конструкции упора, и равна 61 мм.

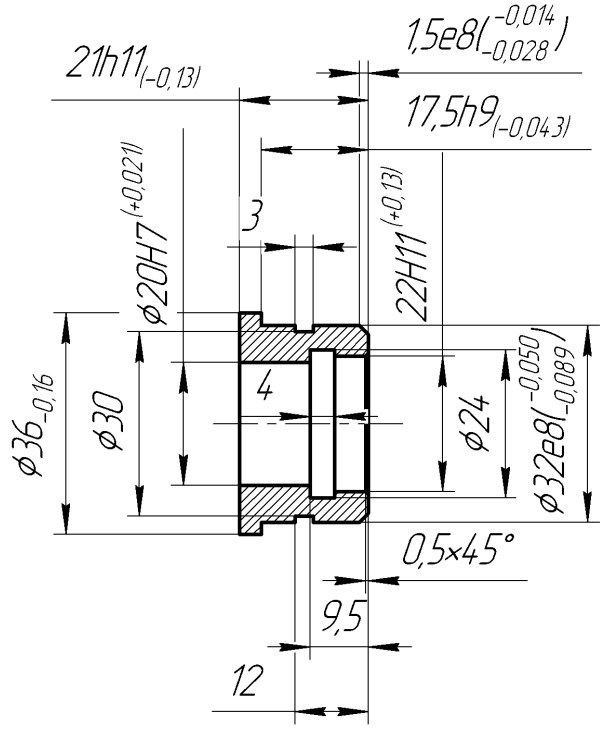


Рис. 8.9. Эскиз обрабатываемой детали

При работе «с одного упора» координаты на остальных позициях определяются принятой координатой упора и межоперационными размерами обрабатываемой детали.

2-я позиция (подрезка торца): A_x = 65 мм (из карты наладки).

3-я позиция (черновое точение): A_x = 56 мм.

4-я позиция: A_x = 78 мм и т. д.

Радиальные координаты рассчитываются как разница между межосевым расстоянием гнезд и половиной номинальной величины обрабатываемых диаметров: A_y=m-d/2, где m – расстояние между соседними осями посадочных гнезд револьверной головки (рис. 8.7).

Например, для 3-й позиции: A_{y1} = 39 - 32,5/2 = 22,75 мм.

Карта настроечных размеров (табл.8.2) заполняется следующим образом: в качестве постоянной «С», которая должна быть определена на станке, зададимся условным значеним: С=200 мм.

Расчет значений A_x производится в следующем порядке:

переход А, 1-я позиция (упор):

A_x = 61 мм (из карты наладки);

A_y – не заполняется;

α_x= С–(Х+A_x)

Х = 45 мм (из карты наладки);

α_x = 200–(45+ 61) = 94 мм.

Таблица 8.2

Настроечные размеры

Постоянные характеристики				№ перехода	№ позиции	Настроечные размеры		
Номер	m, мм	Номер	m, мм			A_x	A_y	α_x
1–2	39	9–10	39	А	1	61	-	94
2–3	39	10–11	39	1	2	65	-	90
3–4	39	11–12	39	2	3	56	23	114
4–5	39	13–14	39	-	4	78	-	114
5–6	39	14–15	39	-	5	71	21	114
6–7	39	15–16	39	3	6	72	18	83
7–8	39	16–17	39	-	7	100	-	83
8–9	39	16–1	39	4	8	65	24	104
Расчетная формула: α_x=С–(Х+A_x)				-	9	60	-	104
				5	10	75	23	96
				-	11	59	-	96
				6	12	115	-	49
				7	13	110	-	71
				8	14	90	21	85

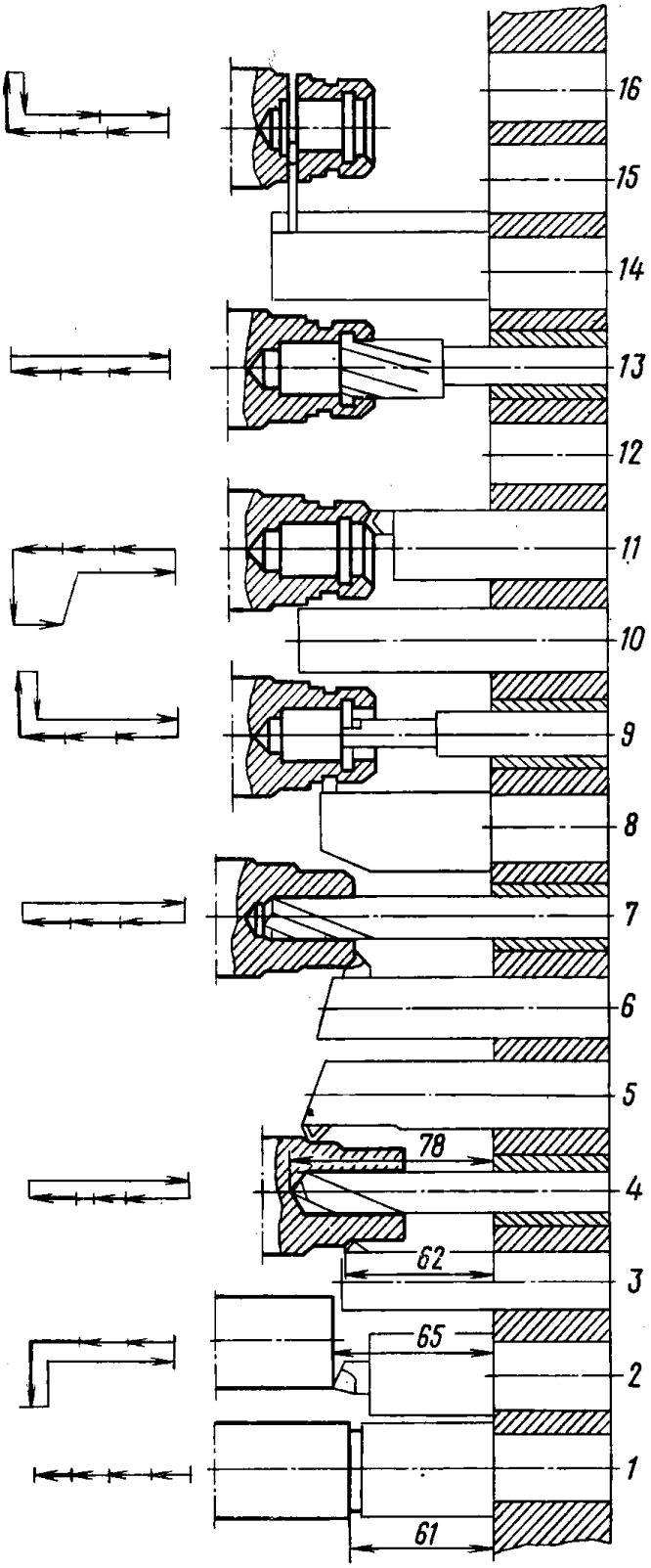


Рис. 8.10. Карта наладки на обработку детали на токарно-револьверном станке

Если величина α_x выходит за пределы настройки барабана, то неподвижный упор переставляется, и величина α_x корректируется на величину расстояния между фиксирующими канавками на кронштейне (75 мм). 1 – переход, 2-я позиция (подрезка торца): A_x = 65мм (из карты наладки);

$$\alpha_x = 200 – (45 + 65) = 9 \text{ мм}.$$

2-й переход, 3-я позиция (черновое точение): A_x = 56 мм;

$$A_y = 39 - 32,5/2 = 22,75 \text{ мм}.$$

2-й переход, 4-я позиция: A_x = 78 мм;
2-й переход, 5-я позиция: A_x = 71 мм;

$$\alpha_y = 39 - 36/2 = 21 \text{ мм}.$$

Величина α_x рассчитывается по любому инструменту в переходе. Например, для 2-го перехода, 5-й позиции:
$\alpha_x = 200-(15 + 71)= 114$ мм.

На последующих переходах расчеты производятся аналогично.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией и кинематикой станка, расположением и функциональным назначением органов управления станком.
2. Ознакомиться с чертежами детали и заготовки, подобрать режущий и вспомогательный инструмент, выбрать режимы резания и составить уравнение кинематического баланса для цепи главного движения и цепи подач, начертить карту наладки станка на обработку партии деталей,
3. Рассчитать настроечные размеры и заполнить карту настроечных размеров.
4. Осуществить настройку станка на изготовление партии деталей и произвести изготовление детали.

5. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Краткие сведения о станке.
3. Схема (рисунок).
4. Исходные данные для проведения лабораторной работы.
5. Расчет режимов резания и уравнений кинематического баланса для цепи главного движения и цепи подач.
6. Карта наладки станка на обработку партии деталей.
7. Карта настроечных размеров.
8. Выводы

6. Контрольные вопросы

1. Назначение и устройство станка модели 1Г340П.
2. Область применения и технологические возможности станка.
3. Объяснить принцип осуществления поперечной подачи.
4. Описание кинематической схемы станка.
5. Порядок наладки станка на изготовление партии деталей.
6. Настройка инструмента на размер вне станка.

Лабораторная работа № 9
ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКА АВТОМАТА ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ МОДЕЛИ 1В06А

Задание

Изучить конструкцию и принцип функционирования системы управления токарно-продольного автомата мод. 1В06А. Ознакомиться с настройкой данного станка на обработку деталей.

1. Общие сведения о станке

Станок токарно-продольный автомат модели 1В06А предназначен для изготовления деталей типа тел вращения диаметром до 6 мм и длиной до 60 мм из калиброванных прутков различных материалов методом фасонно-продольного точения. Автомат применяется в области приборостроения, часовой промышленности, в производстве деталей радиоэлектроники, а также машиностроительной промышленности. Общий вид станка представлен на рис. 9.1.

1.1. Основные технические характеристики

Техническая характеристика (основные параметры и размеры согласно ГОСТ 8427):

1. Размеры обрабатываемых деталей, мм:

Номинальный диаметр устанавливаемого прутка, мм 6.
Наибольшая длина подачи прутка, мм 60.
Наибольший диаметр сверления, мм:
- по стали 4;
- по латуни 5.

Наименьший диаметр сверления, мм:
- по стали 0,4;
- по латуни 0,2.

Наибольшая величина хода сверлильных шпинделей, мм 30.
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы, мм:

- по стали М4;
- по латуни М6.

2. Основные размеры и параметры:

Пределы частот вращения шпинделя, об/мин 1250…12500.

Количество частот вращения 21.

Пределы частот вращения распределительного вала, об/мин 0,23…50.

Количество частот вращения распределительного вала 48.

Наибольшее сечение резца, мм 6×8.

Наибольшие размеры обрабатываемого прутка, мм:

диаметр 6;

длина 2000.

Габаритные размеры автомата, мм не более:

длина×ширина×высота (без поддерживающей трубы) 1250×600×1450.

Масса автомата, кг 680.

Мощность электродвигателя главного движения, кВт 1,5.

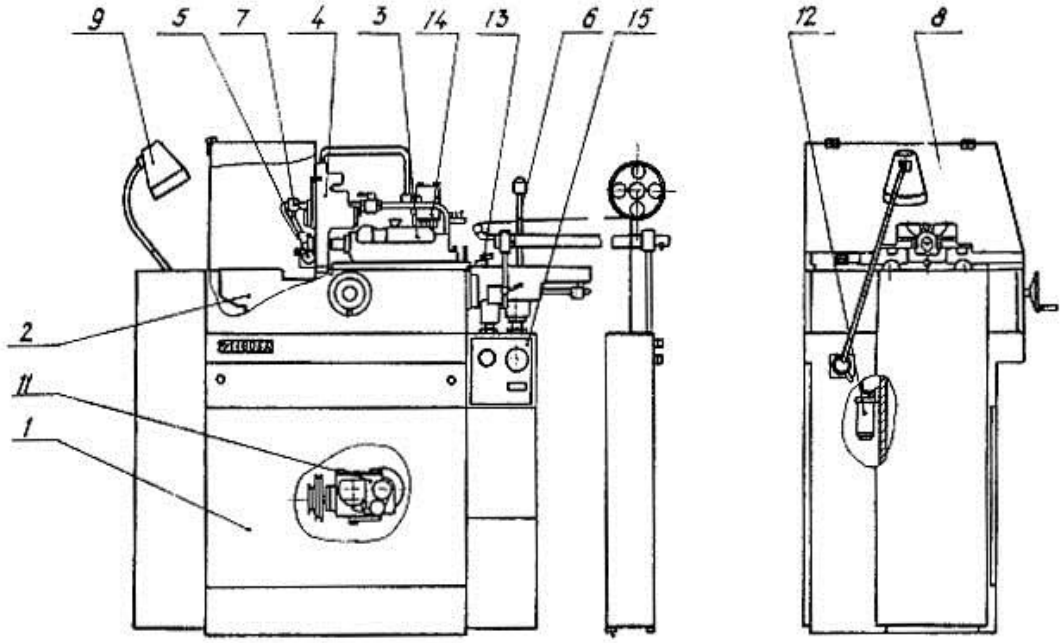


Рис. 9.1. Расположение узлов автомата: 1 – тумба, 2 – станина, 3 – шпиндельная бабка, 4 – суппортная стойка, 5 – балансир, 6 – загрузочное устройство, 7 – система охлаждения, 8 – ограждение, 9 – лампа, 11 – редуктор, 12 – выключатель распределительного вала, 13 – счетчик циклов и отключатель, 14 – смазка, 15 – электрошкаф

1.2. Кинематическая схема автомата

Кинематическая схема (рис. 9.2) состоит из следующих цепей.

1. Главный привод шпинделя.

Шпиндель получает вращение от электродвигателя через клиноременную передачу со сменными шкивами А и Б, плоскоременную передачу с вала II на шпиндель III. Изменение частоты вращения производится за счет сменных шкивов на валу электродвигателя и валу в тумбе.

2. Привод распределительного вала.

Распределительный вал VIII получает вращение от главного вала II через клиноременную передачу на вал IV редуктора, червячную передачу, на сменные шестерни *а* и *б*, клиноременный вариатор и червячный редуктор.

3. Привод насоса и шлицефрезерного приспособления.

Насос системы охлаждения приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу, а также передает вращение шлицефрезерному и резьбонарезному приспособлениям.

4. Привод приспособлений.

Привод приспособлений осуществляется ременными передачами с вала II на шкивы приспособлений.

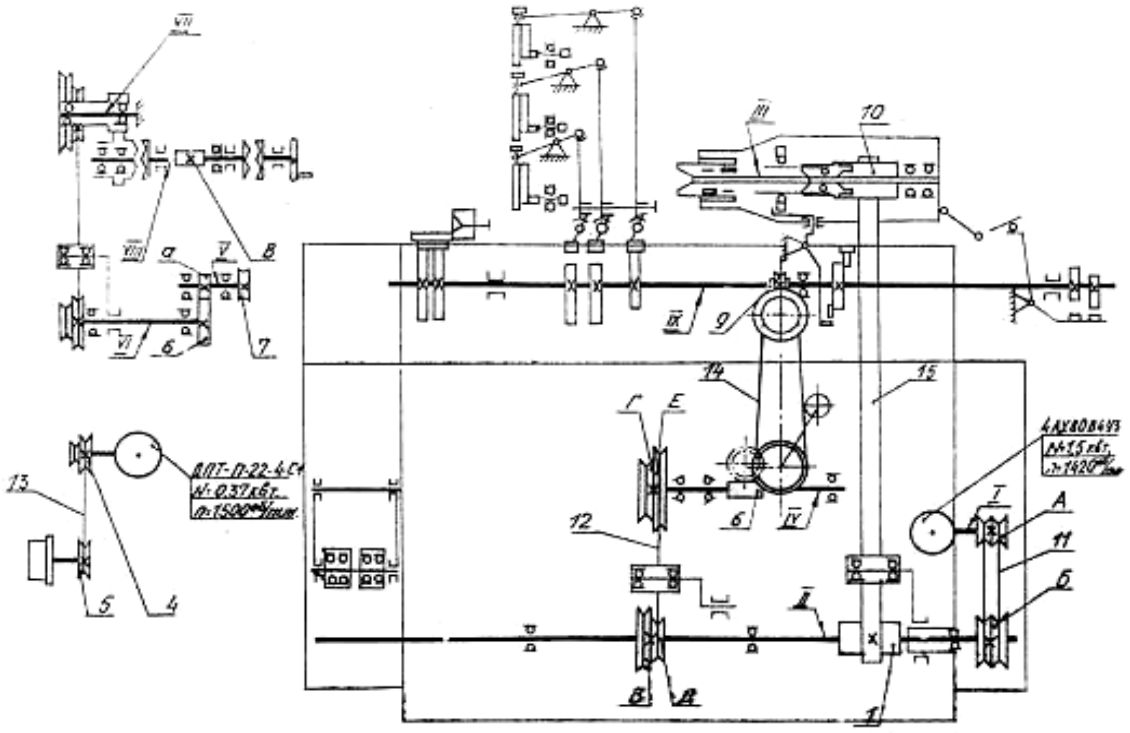


Рис. 9.2. Кинематическая схема

1.2.1. Тумба

Основанием тумбы служит литой коробкообразный корпус, внутри которого расположены передачи привода рабочих механизмов автомата.

Снаружи на задней стенке корпуса на кронштейне с подвижной плитой установлен электродвигатель. Перемещением плиты регулируется натяжение клинового ремня, который передает вращение на главный вал.

К задней стенке корпуса крепится бак охлаждающей жидкости, а также электродвигатель привода насоса и сменных приспособлений.

Внутри основания смонтирован главный вал, на котором монтируются сменные шкивы, шкив привода главного шпинделя и многоступенчатый шкив привода редуктора распределительного вала.

Для остановки автомата в момент обрыва ремня шпиндельной бабки установлен конечный выключатель, который срабатывает от рычага.

1.2.2. Станина

Станина 2 (рис. 9.1) предназначена для установки основных узлов станка, она установлена на тумбе.

В правой верхней части станины имеются направляющие, по которым перемещается шпиндельная бабка 3 (рис. 9.1).

В средней части станины установлена суппортная стойка. В левой части станины устанавливаются резьбонарезное и шлицефрезерное приспособления. С задней стороны в четырех опорах расположен распределительный вал (рис. 9.3).

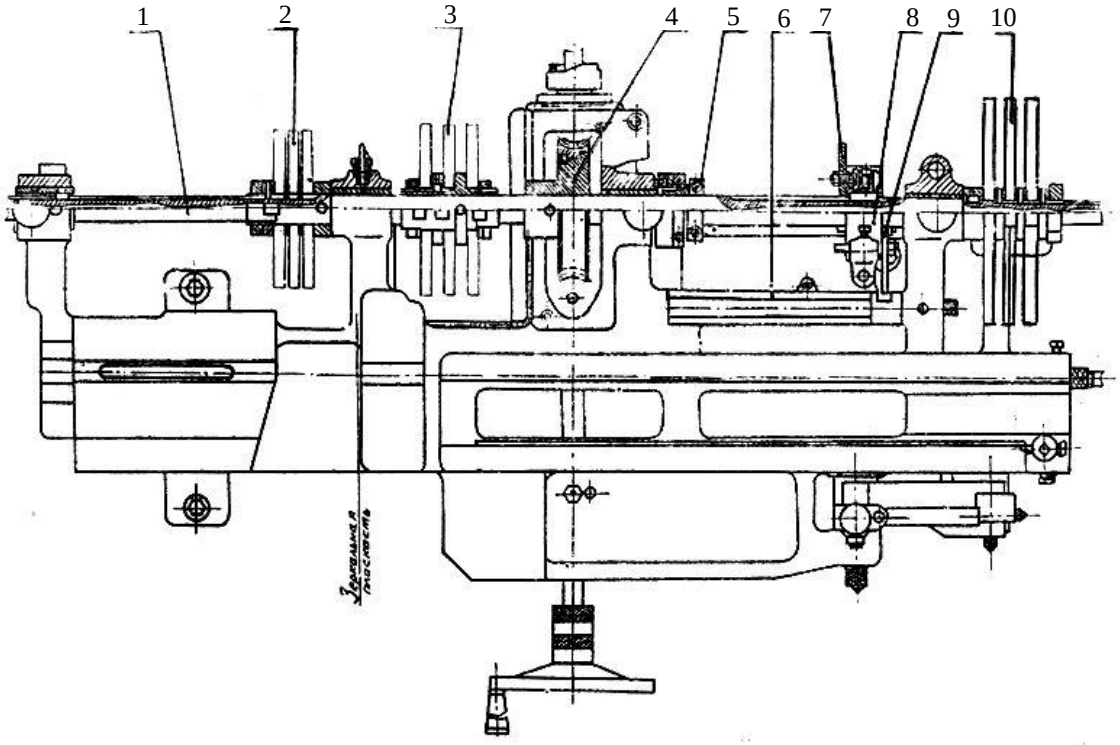


Рис. 9.3. Станина и распределительный вал

На правом конце распределительного вала устанавливаются кулачки 10 подачи шпиндельной бабки, за правым кронштейном станины устанавливается барабан 8 с кулачками 7 и 9, которыми управляется зажимная цанга. В средней части установлена червячная шестерня 4. Между левым кронштейном и червячным колесом устанавливаются кулачки 3 вертикальных суппортов. С другой стороны кронштейна располагаются кулачки балансира 2, у левого съемного кронштейна кулачки приспособлений.

Клиноременный шкив 11 закреплен на шестерне 12 (рис. 9.4) и приводится в движение от редуктора 11 (рис. 9.1). Валик 13 расположен внутри полого червяка 20 и вращается в опорах 14 и 19. На червяке 20 жестко закреплена кулачковая муфта 18.

При включении механической подачи рукоятку 27 с валиком 13 (рис. 9.4) перемещаем вправо, шестерня-муфта 23 сцепляется с муфтой 18, и распределительный вал получает механическое вращение.

Для включения ручной подачи рукоятку 27 (рис. 9.4) перемещаем влево. Валик 13 перемещается также влево. При этом с червяком 20 сцепляется муфта 21, и распределительный вал получает вращение от рукоятки.

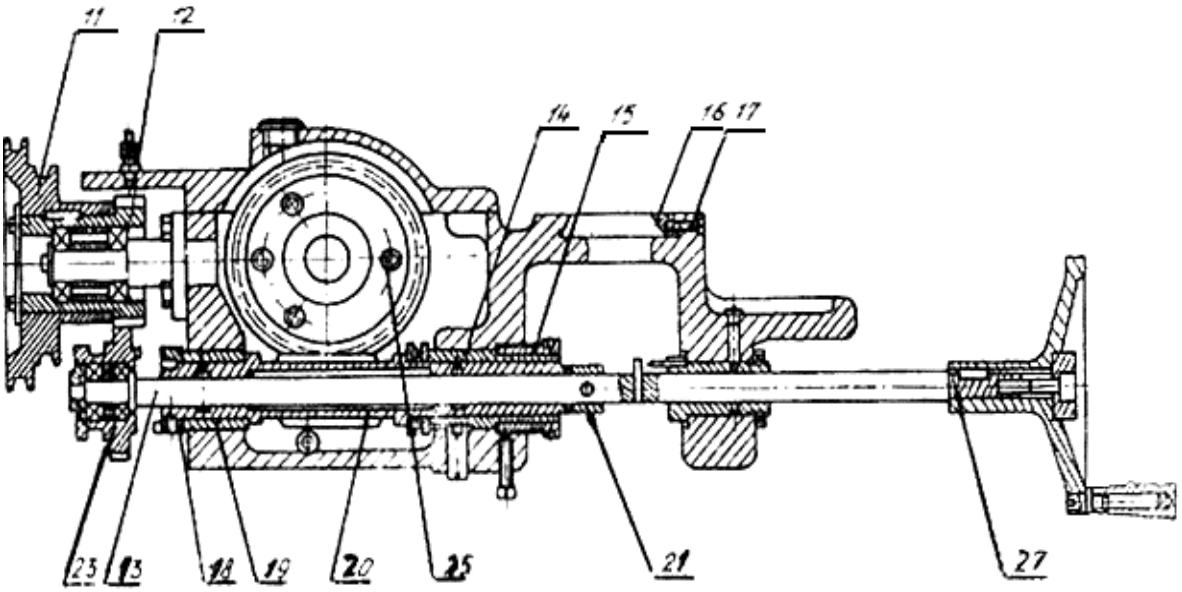


Рис. 9.4. Червяк станины

1.2.3. Шпиндельная бабка

Шпиндельная бабка предназначена для передачи обрабатываемому материалу вращательного движения, продольной подачи и его зажима.

Продольная подача бабки осуществляется от дискового кулачка через систему рычагов (рис. 9.5), а возврат в исходное положение – пру-

жиной. Вращательное движение передается плоскоременной передачей от главного вала автомата через шкив 8 (рис. 9.6).

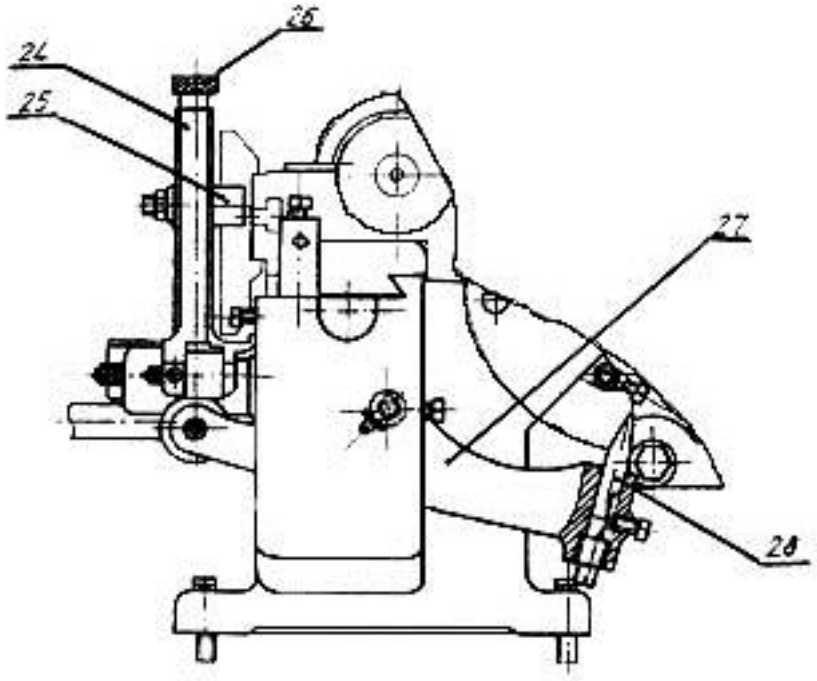


Рис. 9.5. Механизм подачи шпиндельной бабки

Шпиндель 7 установлен в двух опорах: на передней – игольчатый подшипник, на задней – два радиально-упорных подшипника.

Зажим и разжим материала производится цангой при помощи рычага. По продольному пазу рычага скользит сухарь, связанный с эксцентричной осью, установленной в рычаге.

От кулачка движение через рычаги передается вилке (рис. 9.6) и втулке 6, которая разводит собачки 16. Втулки 15; 14 и 13, перемещаясь внутри шпинделя, зажимают цангу 12.

1.2.4. Суппортная стойка

Суппортная стойка с тремя суппортами устанавливается перед шпиндельной бабкой на верхней площадке станины.

Корпус стойки 15 (рис. 9.7) представляет собой фасонную отливку, на которой размещены три суппорта: 3, 4, 5.

Подача суппортов осуществляется рычажными системами от кулачков, установленных на распределительном валу, а возврат в исходное положение – пружинами.

В центре суппортной стойки по оси главного шпинделя в конусном отверстии установлен люнет.

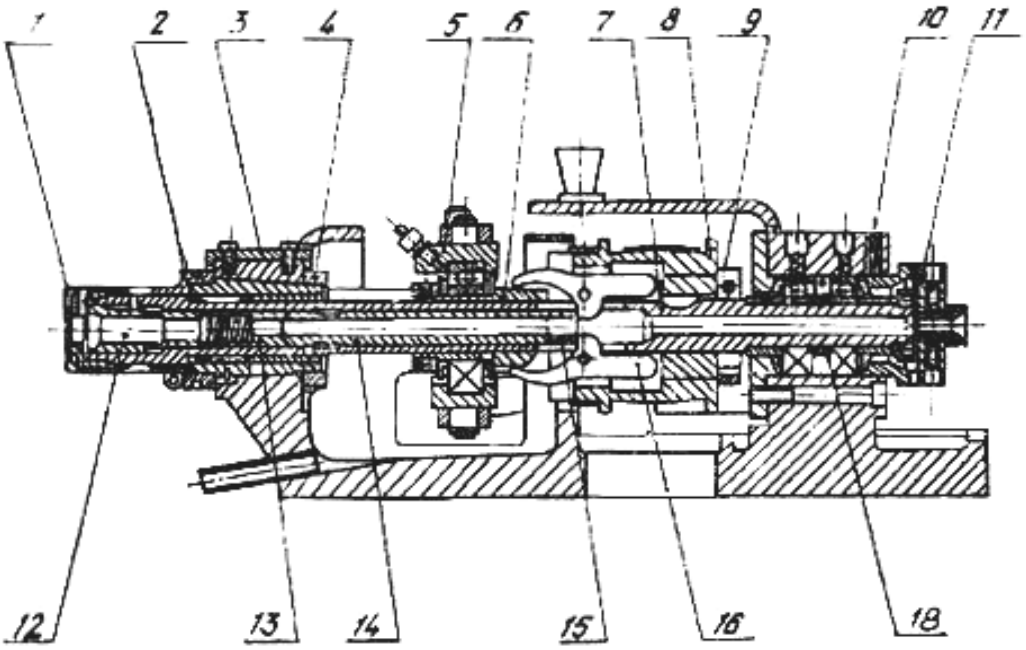


Рис. 9.6. Шпиндельная бабка

1.2.5. Балансир

В нижней части суппортной стойки на конической оси 13 (рис. 9.8) установлен балансир.

Корпус балансира представляет собой коромысло, на котором расположены суппорты 1 и 2 (рис. 9.9).

Каретки суппортов 12 и 14 установлены на направляющих и могут перемещаться вдоль балансира.

На каретках смонтированы резцедержатели 4 и 5 (рис. 9.8), имеющие возможность поворачиваться вокруг своих осей и перемещаться вдоль оси изделия.

На корпусе балансира установлен кронштейн 2 с призмами 1, которые прижимаются к кулачкам пружиной 8.

Подача резцов суппортов 1 и 2 осуществляется поворотом балансира.

Справа на корпусе балансира установлен упор, применение которого обеспечивает высокую точность при проточке резцом 1, т. к. влияние неточности профиля кулачка при этом исключается. При этом упор соприкасается с торцом микрометрического винта 23 (рис. 9.7).

Каретки суппортов 12 и 14 установлены на направляющих и могут перемещаться вдоль балансира.

На каретках смонтированы резцедержатели 4 и 5 (рис. 9.8), имеющие возможность поворачиваться вокруг своих осей и перемещаться вдоль оси изделия.

На корпусе балансира установлен кронштейн 2 с призмами 1, которые прижимаются к кулачкам пружиной 8.

Подача резцов суппортов 1 и 2 осуществляется поворотом балансира.

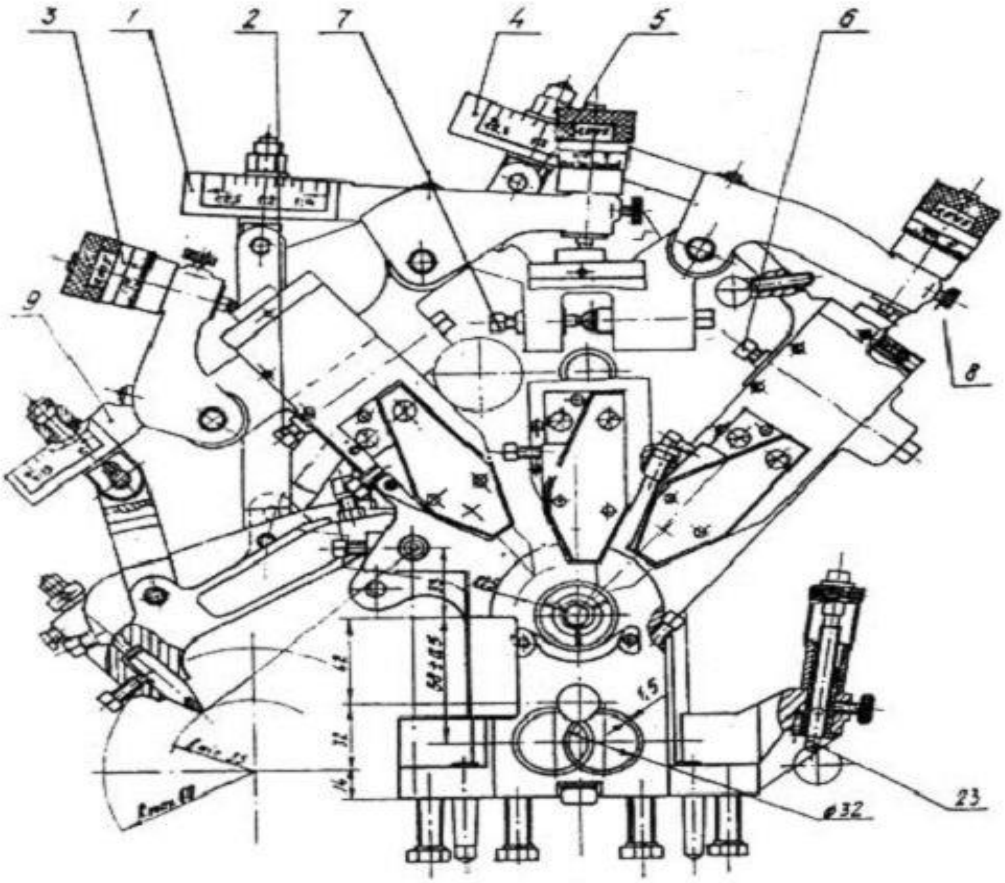


Рис. 9.7. Суппортная стойка

Справа на корпусе балансира установлен упор, применение которого обеспечивает высокую точность при проточке резцом 1, т. к. влияние неточности профиля кулачка при этом исключается. При этом упор соприкасается с торцом микрометрического винта 23 (рис. 9.7).

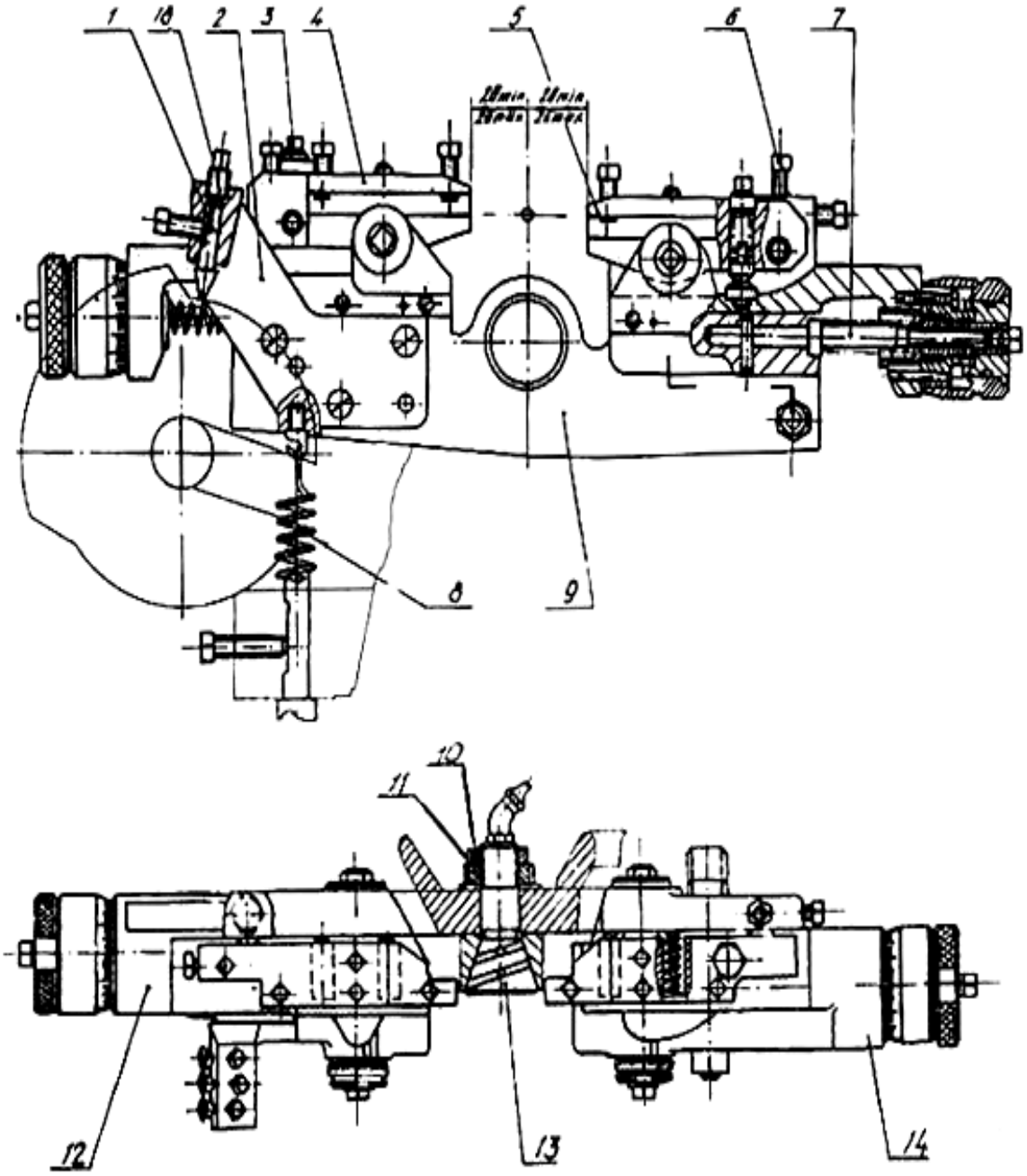


Рис. 9.8. Балансир

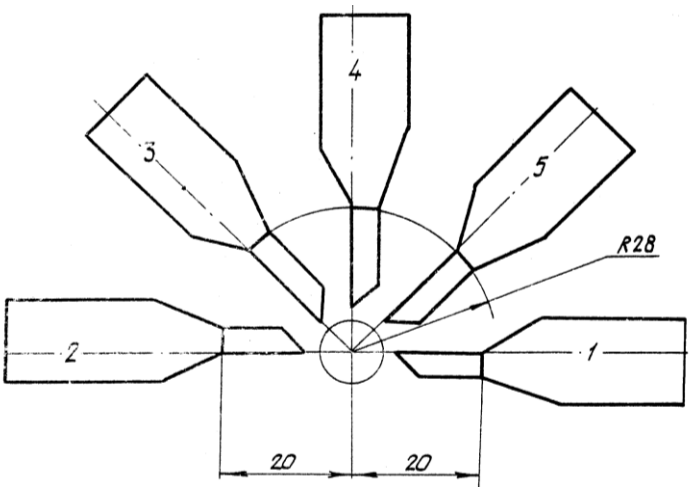


Рис. 9.9. Расположение суппортов

1.2.6. Загрузочное устройство

Загрузочное устройство располагается с правой стороны автомата. Оно предназначено для поддерживания, направления и прижима прутка к упору (отрезному резцу) в момент отхода шпиндельной бабки в крайнее заднее положение.

1.2.7. Редуктор

Редуктор привода подач устанавливается на задней стенке корпуса тумбы. Он предназначен для передачи вращения распределительному валу автомата и является основным звеном в цепи регулирования частот вращения распределительного вала.

1.2.8. Выключающий механизм

Механизм выключения распределительного вала служит в случаях:

- обрыва ремня привода шпиндельной бабки;
- поломки резьбонарезного инструмента;
- израсходования обрабатываемого прутка.

Механизм состоит из 2-х частей. Одна часть крепится на задней стенке корпуса тумбы и является тяговым механизмом.

При аварийной ситуации сигнал поступает в катушку электромагнита, который отключает поперечный вал.

1.2.9. Счетчик циклов и отключатель израсходования материала

Механизм служит для подсчета обработанных деталей. Одновременно механизм дает команду для остановки станка в конце цикла при полном расходе материала или при поломке резьборезного инструмента.

2. Основные указания по расчету наладки

Наладка автомата проектируется в строгой последовательности. Расчет наладки станка должен производиться по заранее разработанной форме операционной карты наладки. В карте должны быть указаны номер и название детали, эскиз детали после обработки на автомате с указанием допусков на размеры и знаков чистоты обработки, размер и профиль заготовки, наименование и марка материала, схема наладки по переходам, расположение и назначение режущего инструмента и вспомогательного инструмента, порядок обработки, расчет режимов резания и производительность станка. Операционная карта является основным технологическим документом для наладчика. При составлении плана обработки необходимо соблюдать следующие правила:

1) стремиться к тому, чтобы в процессе обработки детали участвовало (совмещалось) одновременно возможно большее количество инструментов;

2) при совмещении работы инструментов, во избежание получения уступов на детали, следует совмещать начало и конец работы инструментов;

3) совместно работающие резцы расставляются так, чтобы усилие резания одного резца по возможности уравновешивало усилие другого резца;

4) точные работы выполнять резцами балансира;

5) фасонную обточку производить резцами балансира;

6) во избежание увода сверла производить предварительную зацентровку детали;

7) сверление отверстий глубиной свыше трех диаметров производить за несколько выводов сверла;

8) при сверлении отверстия диаметр тонкостенных изделий увеличивается, поэтому чистовую наружную обточку надо выполнять после сверления;

9) при точных работах не следует совмещать сверление с чистовой обточкой;

10) конструктивные особенности балансира не позволяют совмещать работу резцов 1 и 2. Поэтому при составлении технологического процесса обработки детали необходимо предусматривать поочередную их работу;

11) совмещение работы инструментов вертикальных суппортов и балансира производить в соответствии с рис. 9.10. Номера резцов согласно рис. 9.9;

12) значения минимальных углов поворота кулачков, необходимые для отвода и подвода смежно-расположенных резцов, выбирать из таблицы 9.1;

13) весь цикл обработки детали на автомате делится на рабочие, холостые ходы и паузы. Рабочим ходом считается ход, при котором происходит процесс резания. Холостые ходы включают отвод и подвод режущего инструмента, отвод и подвод шпиндельной бабки, зажим и разжим цанги;

14) величина углового поворота кулачков холостых ходов указана в таблице 9.2.

Таблица 9.1

Значения минимальных углов поворота кулачков, необходимые для отвода и подвода смежно расположенных резцов

Производительность шт/мин	Отвод резца	Угол η° для подвода резца				
		1	2	3	4	5
До 20	1					8
	2			12		
	3		15		18	
	4			12		18
	5	8			12	
Свыше 20	1					12
	2			18		
	3		20		20	
	4					26
	5	12			20	

Таблица 9.2

Величина углового поворота кулачков при холостом ходе

№	Наименование холостого хода	Угловая величина поворота кулачков в градусах
1	Разжим цанги	10°
2	Зажим цанги	15°
3	Пауза	2–3°
4	Подвод и отвод суппортов №1, №2	2–3°
5	Подвод и отвод суппортов №3,№4, №5	2–3°

	1	2	3	4	5
1	■		x	x	
2		■		x	x
3	x		■		x
4	x	x		■	
5		x	x		■

Примечание: х – совмещение возможно

Рис. 9.10. Схема совмещения работы инструментов и суппортов

2.1. Расчет наладки автомата

Расчет наладки автомата проведем на примере обработки детали – ось (рис. 9.11).

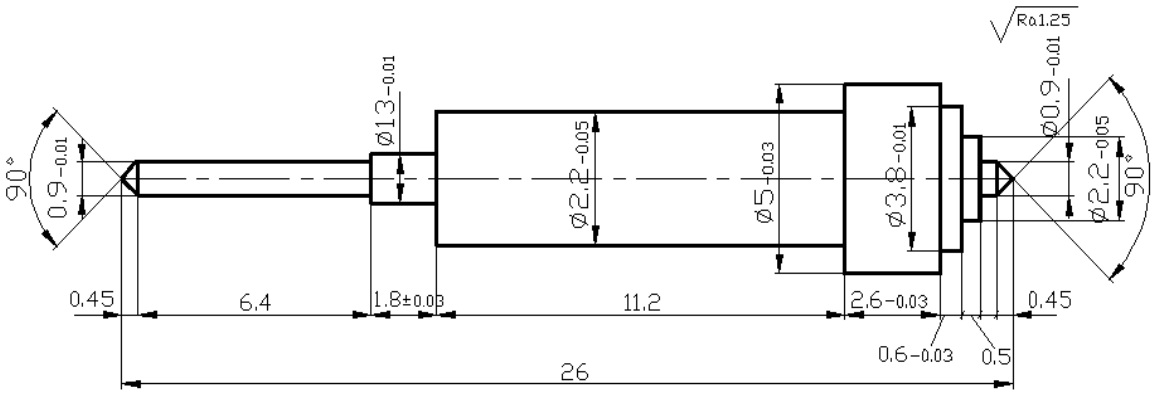


Рис. 9.11. Деталь

Принимаем следующую технологическую последовательность обработки:

- резец 1 – обтачивание ∅ 0,9 мм, ∅ 1,3 мм, ∅ 2,2 мм;

резец 2 – обтачивание правой стороны детали ∅ 3,8 мм, ∅ 2,2 мм, ∅ 0,9 мм;

- резец 3 – отрезка детали.

Рабочие переходы в порядке выбранной последовательности обработки оси (рис. 9.11), величина подачи инструмента и соотношение плеч рычагов приведены в приложении 1, сюда же заносятся полученные расчетные данные, необходимые для построения профиля кулачков.

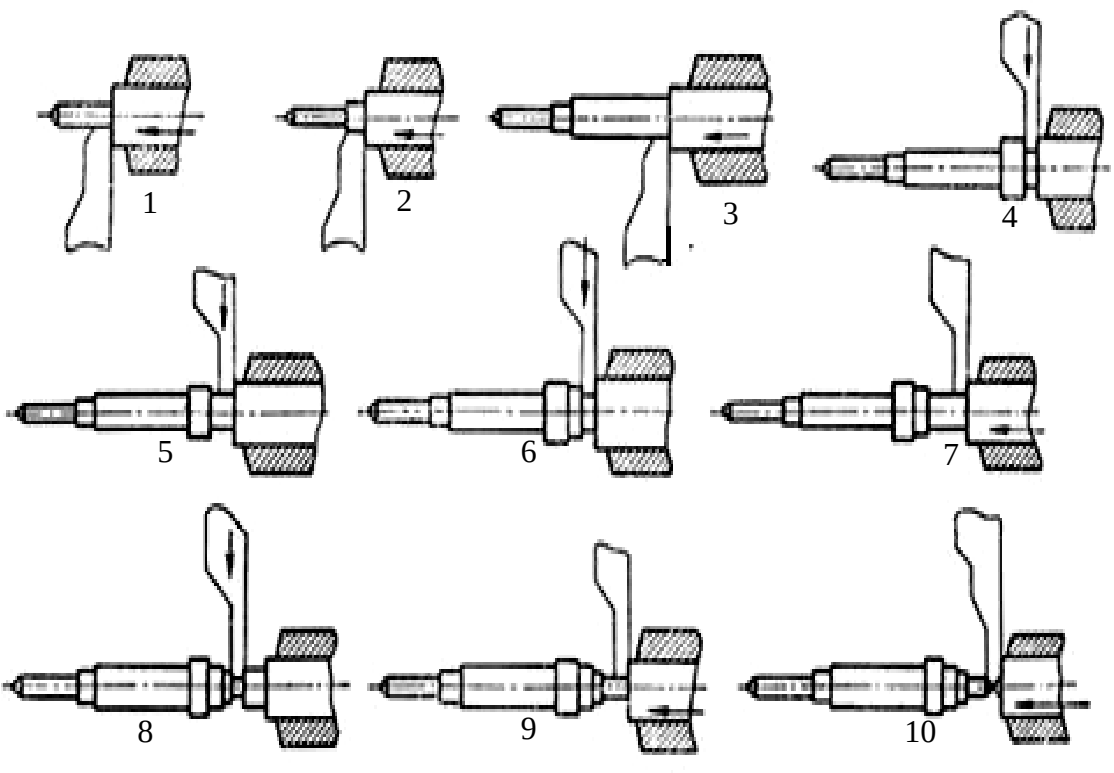


Рис. 9.12. Последовательность рабочих переходов при обработке оси

2.2.1. Определение длины перемещения режущего инструмента и шпиндельной бабки

Для определения величины перемещения режущего инструмента и шпиндельной бабки необходимо знать расположение режущего инструмента относительно обрабатываемой детали и возможности его регулировки.

Положение резцов балансира в поперечном направлении по отношению к обрабатываемой детали надо выбирать так, чтобы их вершины в нейтральном положении находились на расстоянии 0,5 мм от заготовки, что обеспечит беспрепятственное прохождение заготовки между инструментами.

Исходное положение резцов, закрепленных в суппортах 3, 4 и 5, несущественно, т. к. для автоматического подвода и отвода выделяется определенное количество градусов поворота распределительного вала. При расчете величины ходов режущего инструмента и шпиндельной бабки все размеры на обрабатываемой детали берутся с учетом половины поля допуска на них, кроме диаметра заготовки.

При обтачивании цилиндрических поверхностей методом продольной подачи (рис. 9.13) подвод резца $l_и$ и длину рабочего хода шпиндельной бабки $l_ш$ определяют соответственно по формулам:

$$l_и = (D - D_1) / 2;$$

$$l_ш = l_1 + \Delta,$$

где D – диаметр, определяющий исходное положение резца, мм; D_1 –обрабатываемый диаметр, мм; l_1 – длина обтачиваемой поверхности по чертежу, мм; Δ – подвод резца, мм (при точении, подрезании, зенкеровании и развертывании длина подвода принимается равной 0,1–0,5 мм; при отрезке с образованием конусов на обоих концах детали – 0,03–0,2 мм).

Длина отвода резца из одного рабочего положения в другое при обтачивании ступенчатых деталей одним резцом определяется по формуле:

$$l_и = (D_2 - D_1) / 2,$$

где $l_и$ – длина отвода резца, мм; D_1 – диаметр детали, обрабатываемый в предыдущем переходе, мм; D_2 – обтачиваемый диаметр, мм.

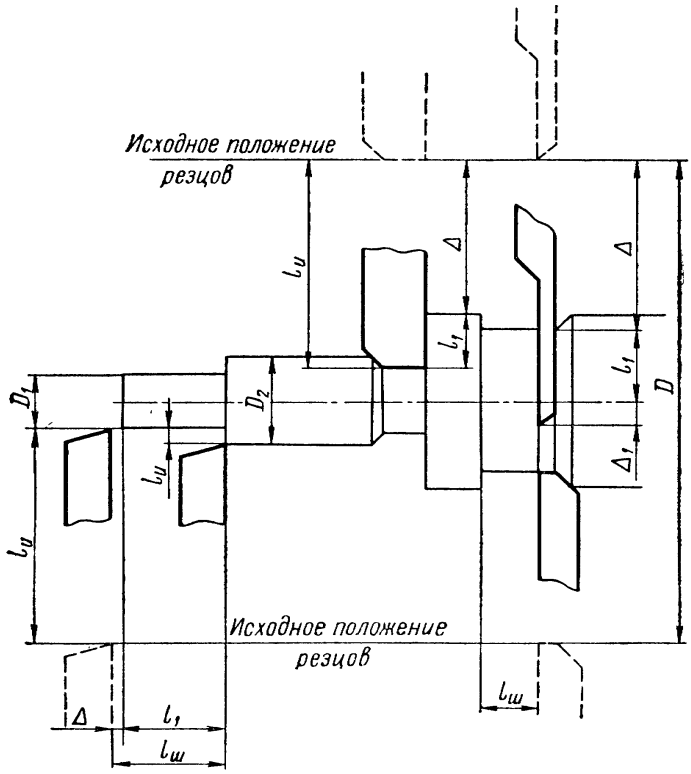


Рис. 9.13. Схема к определению рабочего хода инструмента и шпиндельной бабки

При определении длины рабочих ходов резцов в расчет принимаются обрабатываемые диаметры с учетом половины поля допуска.

При отрезке с образованием конусов с обоих концов детали длина рабочего хода резца определяется по формуле:

$$l_и = D / 2 + \Delta + \Delta_1,$$

где D – диаметр конуса, мм; Δ – длина подвода резца, мм; Δ_1 – перебег резца, мм.

Длина рабочего хода шпиндельной бабки в этом случае определяется по формуле: $l_ш = l_2 + \Delta_2 + \Delta_3$,

где l_2 – длина конуса, мм; Δ_2 – длина подвода резца, мм; Δ_3 – перебег резца, мм ($\Delta_2 = \Delta / \operatorname{tg} \alpha/2$; $\Delta_3 = \Delta_1 / \operatorname{tg} \alpha/2$, где α – угол конуса, град.).

По приведенным выше формулам необходимо рассчитать длины рабочих и холостых перемещений и занести их в операционную технологическую карту в графу «Ход инструмента или шпиндельной бабки».

2.2.2. Определение радиусов кулачков

В таблице 9.5 в графе «Отношение плеч рычагов» для каждого перехода задано отношение плеч рычагов соответствующих механизмов автомата. По этим значениям определяют величину перепада кулачков с учетом отношений плеч рычагов. Полученные данные позволяют попереходно заполнить графу «Радиус (высота)», т. е. определить радиусы для вычерчивания кулачков.

Максимальный радиус кулачка шпиндельной бабки автомата модели 1В06А равен 80 мм и 60 мм для кулачков вертикальных суппортов и балансира. Наибольшее перемещение в направлении подачи шпиндельная бабка имеет в переходах 25 и 10, поэтому в этих переходах в графе «Радиус (высота)» – «До» проставляется максимальный радиус кулачка шпиндельной бабки, т. е. 80 мм. После этого заполняются графы «От» и «До» рабочих и холостых перемещений шпиндельной бабки, определяя последовательно начальный радиус перехода (графа «От») путем вычитания значений перемещения из конечного радиуса (графа «До»).

2.2.3. Выбор режимов резания

При выборе режимов резания следует учитывать экономический фактор – стойкость режущих инструментов. Поэтому режимы резания следует выбирать с таким расчетом, чтобы переналадка инструмента производилась только через 4 или 8 часов работы автомата.

Основными критериями выбора режимов резания являются: точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей, припуск на обработку, обрабатываемый материал, материал режущего инструмента и т. д. Режимы резания назначают по нормативам [9].

2.2.4. Определение углов поворота кулачка, необходимых для холостых перемещений механизмов автомата

Угол поворота кулачка, необходимый для холостых перемещений механизмов и срабатывания механизмов зажима и разжима прутка, выбирают из таблицы 9.2, количество градусов для подвода и отвода шпиндельной бабки – из таблицы 9.3, суппортов 3, 4 и 5 – из таблицы 9.4.

Кроме того, для точного координирования отдельных переходов в технологическом процессе обработки детали рекомендуется предусматривать гарантийные паузы, равные 1º–2º, компенсирующие возможные неточности изготовления кулачков. Такие паузы нужны также и для зачистки отдельных участков детали.

Выбранные углы поворота кулачка, необходимые для выполнения холостых перемещений станка, и паузы вносят в технологическую карту в графу «Угол на холостые ходы». Затем просматривают переходы на возможность их совмещения, используя данные рисунков 9.9 и 9.11.

Таблица 9.3

Количество градусов для подвода и отвода шпиндельной бабки

R кулачка в начале падения	Угол (… º) на участке падения (мм)											R кулачка в начале подъема
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
80	6	9	12	16	19	22	25	28	30	32	6	75
75	6	9	12	16	19	22	25	27	29	10	6	70
70	6	9	13	16	19	22	24	26	14	10	6	65
65	7	10	13	16	19	22	24	19	14	11	6	60
60	7	10	14	17	19	21	24	20	15	12	7	55
55	7	10	14	17	19	28	25	21	17	13	8	50
50	7	11	14	16	33	29	26	21	17	13	8	45
45	7	11	13	38	34	30	27	22	17	14	9	40
40	8	11	44	40	36	32	28	23	19	15	10	35
35	9	50	46	42	38	34	29	25	21	16	11	30
		50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	
	Угол (… º) на участке подъема (мм)											

При обработке данной детали совмещают: отвод резца 3 (переход 4) с подводом резца 1 (переход 5); подвод резца 2 (переход 18) с ходом шпиндельной бабки (переход 17); подвод резца 2 (переход 28) с отводом шпиндельной бабки.

Таблица 9.4

Количество градусов для подвода и отвода суппортов 3, 4, 5

R кулачка в начале падения	Угол (… º) на участке падения (мм)									R кулачка в начале подъема
	3	6	9	12	15	18	21	25		
60	3	5	7	9	11	13	16	20	6	56
57	3	5	7	9	11	14	18	9	5	53
54	4	6	8	10	13	17	12	8	5	50
51	4	6	8	11	15	14	10	7	5	47
48	5	7	9	13	17	13	10	8	6	44
45	6	8	12	19	15	12	10	8	6	41
42	6	10	23	19	16	13	11	9	6	38
39	8	26	22	19	17	14	12	10	7	35
		25	21	18	15	12	9	6	3	
	Угол (… º) на участке подъема (мм)									

На автоматах продольного точения деталь обрабатывается за один оборот распределительного вала. В этом случае кулачки, расположенные на распределительном валу, поворачиваются на 360º. Сумму углов на рабочие переходы определяют как разность полного поворота (360º) и сумму углов на холостые переходы.

2.2.5. Определение углов рабочих перемещений

Зная число оборотов шпинделя, затрачиваемое на выполнение учитываемых рабочих перемещений и число оборотов шпинделя на каждый рабочий переход, определяют угол поворота кулачка, необходимый для выполнения отдельных рабочих переходов, по формуле:

$$\alpha_p = \sum\alpha_p / \sum n_{p.} \bullet n_{p.},$$

где $\sum\alpha_p$ – сумма углов на рабочие перемещения;

$\sum n_p$ – число оборотов, затрачиваемое на рабочие перемещения;

$n_{p.}$ – число оборотов шпинделя на рабочий переход.

2.2.6 Определение производительности автомата

Для определения производительности автомата рассчитывают продолжительность всех несовмещенных рабочих переходов по формуле:

$$t_p = \frac{n_p}{n_{шп.}} \cdot 60,$$

где $n_р$ – сумма чисел оборотов шпинделя, необходимых на выполнение рабочих переходов;
$n_{шп.}$ – частота вращения шпинделя в минуту.

Ориентировочно время на холостые перемещения определяют в зависимости от сложности изготовления и конфигурации детали. Это время в большинстве случаев составляет 20–40% от рабочего времени.

Ориентировочное время изготовления детали определяется по формуле:

$$T_ц = t_р + t_х.$$

Производительность автомата определяется по формуле:

$$П = T_ц / 60, \text{ шт./мин.}$$

2.3. Построение профиля кулачков

2.3.1. Построение циклограммы перемещений рабочих органов автомата

Циклограмма дает графическое изображение всего цикла обработки детали, позволяет установить последовательность работы каждого суппорта или механизма, проверить рациональность проведенных совмещений рабочих и холостых ходов, а также выявить все ошибки, которые могли быть допущены при разработке технологического процесса и расчете цифровой информации карты наладки.

Циклограммы могут строиться в прямоугольных или полярных координатах. Наиболее удобной является циклограмма, построенная в координатах: угол поворота распределительного вала – перемещение суппорта или механизма.

2.3.2. Вычерчивание профиля кулачка

Кулачки вычерчиваются по рассчитанным радиусам и углам. На бумаге в масштабе 1:1 проводят оси симметрии и вычерчивают концентрические окружности, соответствующие минимальному r_{min} (там, где это необходимо) и максимальному r_{max} радиусам кулачка, диаметру отверстия кулачка d для установки его на распределительный вал. Далее проводят вспомогательную окружность радиусом r_1, равным расстоянию от оси распределительного вала до оси поворота рычага подачи. Через точку пересечения вертикальной оси заготовки с ее максимальным диаметром проводят дугу радиуса r, характеризующую траекторию движения рычага подачи суппорта. Эта дуга обозначается цифрой «0» и называется нулевой. От этой дуги ведется отчет угловых делений кулачка.

Кулачки должны вычерчиваться таким образом, чтобы на изготовленных кулачках при установке их на распределительном валу станка нулевая риска была бы видна. Расчетные значения углов откладывают

на чертеже заготовки кулачка и проводят через них дуги радиусом r. На дугах от центра заготовки откладывают линейные величины начальных и конечных радиусов рабочих участков профиля кулачка. Имея координаты начальной и конечной точек, вычерчивают координаты рабочего профиля кулачка по спирали Архимеда или, упрощенно, радиусом, равным среднему арифметическому начального и конечного радиусов. Участки отводов и подводов инструментов выполняют по шаблонам холостых перемещений. Далее вычерчивают размерные выносные линии и наносят их значения. На разрезе показывают отверстие d для установки кулачка на распределительный вал и толщину кулачка B.

В рабочем чертеже кулачка приводят также требования, предъявляемые к шероховатости поверхности элементов кулачка, его точности. Условия выполнения отдельных элементов кулачка, его термообработки, предельные отклонения размеров, условия выполнения шрифта маркировки оговариваются техническими условиями на изготовление, которые записывают в рабочем чертеже кулачка.

3. Содержание отчета

1. Титульный лист, цель работы.
2. Материальное оснащение.
3. Назначение и область применения станка.
4. Кинематическая схема.
5. Чертеж детали.
6. Последовательность проведения расчетов в соответствии с п. 9.3.
7. Заполнить таблицу 9.5 с результатами расчетов.
8. Циклограмма перемещений рабочих органов автомата.
9. Эскиз профиля кулачка заданного преподавателем индивидуально каждому студенту.
10. Выводы по работе.

Таблица 9.5

Таблица для записи расчетных значений

Номер перехода	Наименование перехода	Ход инструмента или шпиндельной бабки, мм	Подача, мм/об	Число оборотов шпинделя		Угол, …		Отношения плеч рычагов	Перепады на кулачках	Кулачковый диск			
										Угол, …		Радиус (или высота), мм	
				на данный переход	для расчета	на рабочие ходы	на холостые ходы			От	До	От	До
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Разжим цанги												
2	Отвод шпиндельной бабки							1:2					
3	Зажим цанги												
4	Отвод резца 3												
5	Подвод резца 1							1:3					
6	Обточка 0,9 мм		0,0153					1:2					
7	Пауза												
8	Отвод резца 1до 1,3 мм							1:3					
9	Пауза												
10	Обточка 1,3 мм		0,0153					1:2					
11	Пауза												
12	Отвод резца 1до 2,2 мм							1:3					
13	Пауза												
14	Обточка 2,2 мм		0,0167					1:2					

Продолжение таблицы 9.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	Пауза												
16	Отвод резца 1							1:3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17	Ход шпиндельной бабки							1:2					
18	Подвод резца 2							1:3					
19	Врезание резца 2 до 3,8 мм		0,0055					1:3					
20	Пауза												
21	Обточка 3,8 мм		0,019					1:2					
22	Пауза												
23	Врезание резца 2 до 2,2 мм		0,0055					1:3					
24	Пауза												
25	Обточка 2,2 мм		0,0165					1:2					
26	Пауза												
27	Отвод резца 2							1:3					
28	Подвод резца 2							1:3					
29	Врезание резца 2 до 0,9 мм		0,0055					1:3					
30	Пауза												
31	Обточка 0,9 мм		0,0153					1:2					
32	Пауза												
33	Отвод резца 2							1:3					
34	Отвод шпиндельной бабки							1:2					
35	Подвод резца 3												
36	Отрезка. Ход резца 3		0,0044					1:1					
37	Ход шпиндельной бабки							1:2					
	ИТОГО:												

4. Контрольные вопросы

1. Принцип работы автомата продольного точения.
2. Область применения автомата продольного точения.
3. Основные узлы автомата.
4. Какой системой управления оснащен данный станок?
5. За сколько оборотов распределительного вала обрабатывается одна деталь?
6. Как закрепляется заготовка при обработке на данном станке?
7. Какие виды кулачков применяются в системе управления данного станка?
8. Как происходит смена заготовки?
9. Для чего в конце рабочих ходов делают гарантийную паузу?
10. Принцип расчета профиля кулачков.
11. Назовите достоинства и недостатки кулачковой системы управления.

Список литературы

1. Чурбанов А.П. Оборудование машиностроительных производств. – Томск: Изд. ТПУ 2007. – 406 с.
2. Ачеркан Н.С. и др. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1965, т. 2, – 628 с.
3. Кучер А.М. и др. Металлорежущие станки (Альбом). – М.: Машиностроение,1972. – 308 с.
4. Колев Н.С., Красниченко Л.В., Никулин Н.С. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
5. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1978. – 389 с.
5. Голофтеев С.А. Лабораторный практикум по курсу «Металлорежущие станки». – М.: Высш. Шк., 1991. – 240 с.
6. Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных втузов / под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1981. – 479с.: ил.
7. Камышный Н.И., Стародубов В.С. Конструкции и наладка токарных автоматов и полуавтоматов. Учебник для средних проф.-техн. училищ. – М., Высшая школа, 1975. – 392 с.
8. Наладка одношпиндельных токарных автоматов: Справочное пособие. Пожитков А.Я., Сафро Е.С. и др. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 192 с.: ил.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
10. Кучер А.М. и др. Металлорежущие станки (Альбом). – М.: Машиностроение, 1972. – 308 с.
11. Фещенко В.Н. Обработка на токарно-револьверных станках. – М.: Машиностроение, 1989. – 252 с.
12. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1978. – 368 с.

Учебное издание

ПРОСКОКОВ Андрей Владимирович
ЧУРБАНОВ Александр Павлович

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМ СТАНКАМ

Учебное пособие

Научный редактор
кандидат технических наук, доцент
А.А. Моховиков

Редактор *Т.В. Казанцева*
Компьютерная верстка и дизайн обложки *А.В. Проскоков*

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати __.__.__. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX . Усл.-печ. л.10,05. Уч. -изд. л. 9,10.
Заказ . Тираж 100 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел/факс: 8(3822) 56-35-35 www.tpu.ru