

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**ОБОРУДОВАНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Часть 2

Методические указания
к выполнению лабораторных работ № 4 - 7
для студентов направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 658.52.011.56

Р е ц е н з е н т ы:

Ю.К. Новоселов - д-р техн. наук, профессор кафедры
«Технология машиностроения»

В.Я. Копп - д-р. техн. наук, профессор кафедры
«Приборостроения и автоматизации технологических процессов»

Составители: А.О. Харченко, Е.А. Владецкая

Оборудование машиностроительных производств: метод. указания. –
Ч. 2 / Сост. А.О. Харченко, Е.А. Владецкая. – Севастополь: СевГУ, 2018. –
57 с.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Оборудование машиностроительных производств». Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ. В методических указаниях изложена методика выполнения лабораторных работ, приведено описание устройства, кинематики и принципа действия металлорежущих станков, наладки и настройки оборудования.

УДК 658.52.011.56

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технология машиностроения», протокол № 8 от 30 января 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 4.	
ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ СТАНОК 5В12.....	4
1.1 Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5В12.....	4
1.2 Наладка станка 5В12 на выполнение зубодолбежной операции	10
2. Лабораторная работа № 5.	
ЗУБОФРЕЗЕРНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 5А308П.....	15
2.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5А308П.....	15
2.2. Наладка станка 5А308П на выполнение зубофрезерной операции.....	19
3. Лабораторная работа № 6.	
ЗУБОСТРОГАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 5П23БП.....	24
3.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5П23БП.....	24
3.2. Наладка станка 5П23БП на выполнение операции нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями.....	42
4. Лабораторная работа № 7.	
ГОРИЗОНТАЛЬНО ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК 6Р81Г.....	48
4.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 6Р81Г.....	48
4.2. Наладка станка 6Р81Г на выполнение фрезерной операции.....	54
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	57

1. Лабораторная работа № 4 ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ СТАНОК 5В12

Цель работы: изучение конструкции, кинематики и принципа действия узлов и механизмов станка, освоение приемов наладки станка на нарезание зубьев прямозубых цилиндрических колес внешнего и внутреннего зацепления.



1.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5В12

1.1.1. Назначение и устройство станка

Зубодолбежный полуавтомат мод. 5В12 предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес внешнего и внутреннего зацепления с прямыми зубьями.

В качестве режущего инструмента применяют долбяк. Схема нарезания зубьев ведется по методу обкатки (рис. 1.1).

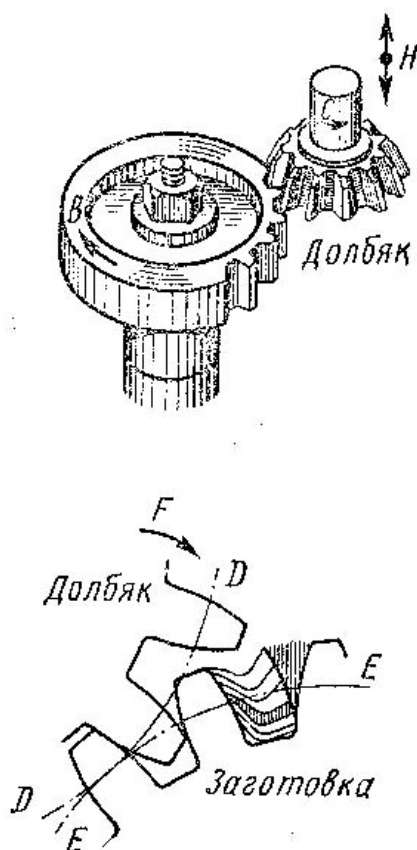


Рис. 1.1. Схема нарезания зубьев долбяком

Станок имеет вертикальную компоновку и состоит из 3-х станин (рис. 1.2). Все узлы компонуются на нижней станине 1, в которой монтируется электро- и гидроаппаратура станка, резервуары для масла и охлаждающей жидкости. Средняя станина 2 крепится к нижней станине 1 болтами. В ней установлен стол 4 со шпинделем и червячной парой, механизм реверсирования, качания и регулирования величины отвода стола при холостом ходе. Стол 4 установлен на 2-х скалках.

Верхняя станина 3 крепится к средней станине 2. В ней смонтированы: главный вал кривошипно-шатунного механизма, механизм радиальных и круговых подач, механизм реверсирования суппорта 12, механизм деления, механизм ручного поворота кулачков, механизм отката суппорта, конечный выключатель 19, кронштейн местного освещения и панель управления станком 16.

Суппорт 5 монтируется на направляющих верхней станины. В корпусе суппорта имеется штоссель, червячное колесо и червяк делительной пары, подвижная и неподвижная направляющие штосселя, механизм перемещения и установки суппорта, коромысло с сектором и масляный насос.

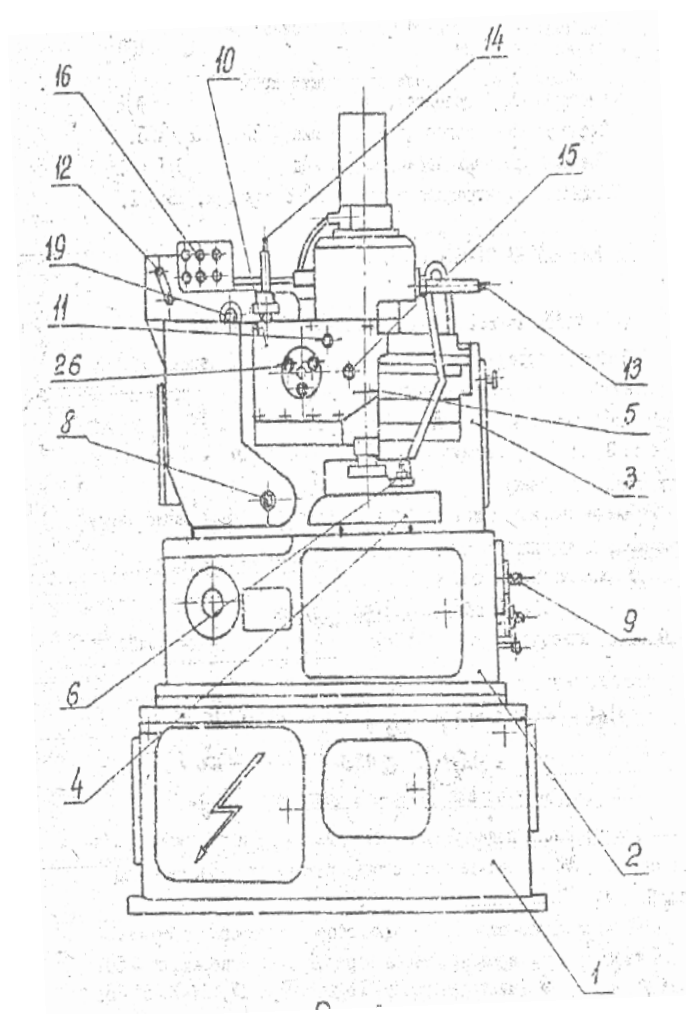


Рис. 1.2. Общий вид станка 5B12

1.1.2. Техническая характеристика станка

Модуль нарезаемых зубьев, мм	$m = 1 \dots 4$
Диаметр обрабатываемых колес наружного зацепления, мм	12...208
Наибольший диаметр колес внутреннего зацепления, мм	220
Наибольшая ширина нарезаемого зуба, мм	50
Наибольший ход штосселя, мм	5
Наибольшее продольное перемещение суппорта, (шпиндельной бабки), мм	250
Наибольшее расстояние от оси долбяка до оси стола, мм	150
Наибольший отход стола от режущей кромки инструмента, (долбяка), мм	0,5
Числа двойных ходов долбяка, дв. ход/мин	200; 315; 425; 600
Пределы круговых подач, мм/дв.ход	0,1...0,46
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,7

1.1.3. Кинематика станка

Структурная и кинематическая схемы станка 5В12 изображены на рис. 1.3 и 1.4.

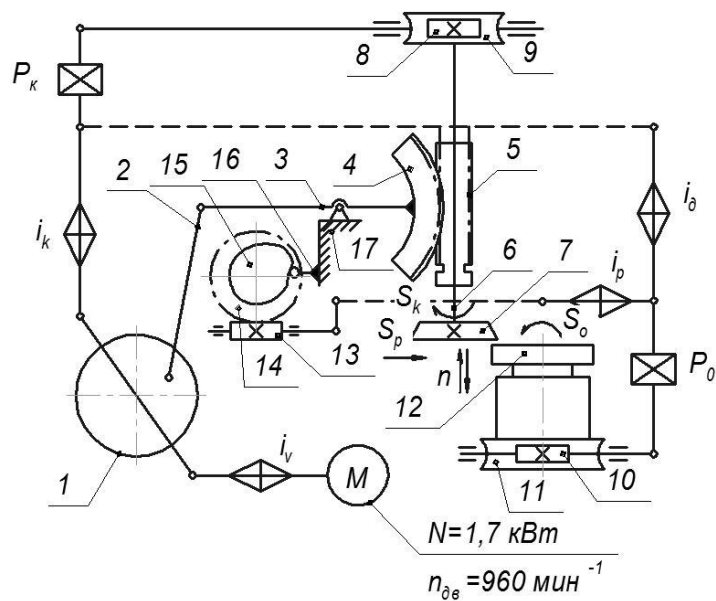


Рис. 1.3. Структурная схема станка 5В12

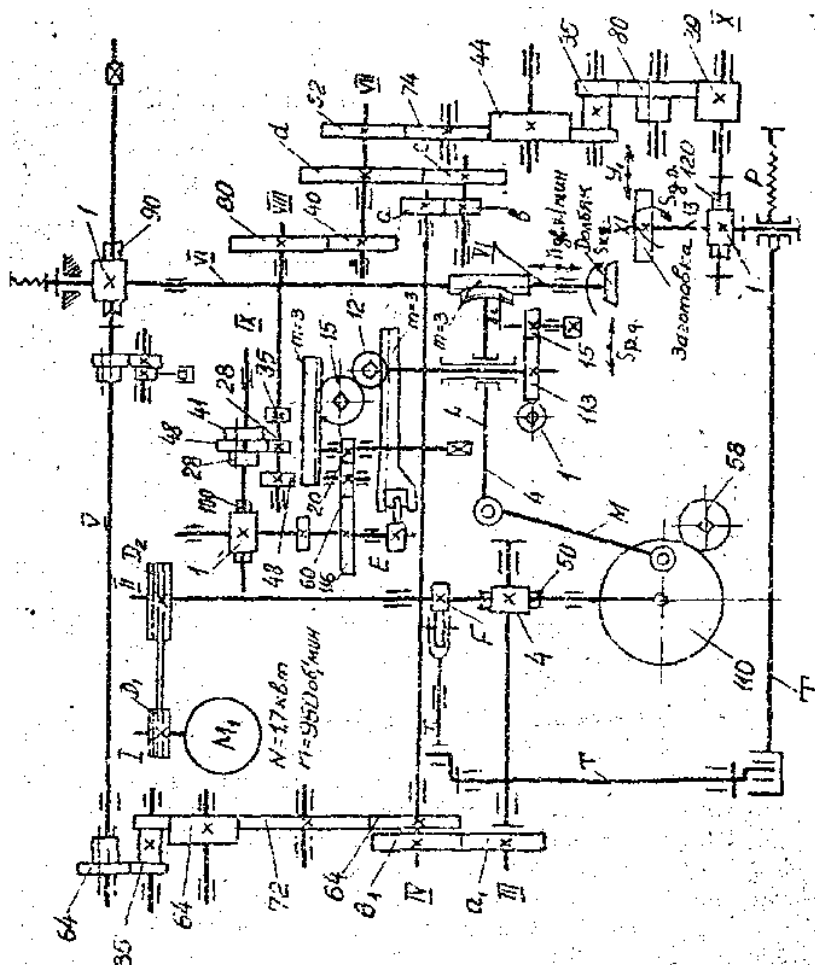


Рис. 1.4. Кинематическая схема станка 5В12

Главное движение. Главным движением является возвратно-поступательное перемещение долбяка.

Движение передается от электродвигателя M ($N = 1,7$ кВт, $n_{\text{дв}} = 960$ мин⁻¹) через орган настройки i_v (четырёхступенчатую клиноременную передачу D_1/D_2), кривошипно-шатунный механизм 1-2-3, зубчатый сектор 4 и цилиндрическую рейку 5 штосселя на вал 6 с долбяком 7.

Число двойных ходов долбяка в минуту n равно частоте вращения кривошипного диска 1.

Расчетные перемещения главного движения:

$$n_{\text{дв}}, \text{мин}^{-1} \rightarrow n, \text{ дв. ход/мин.}$$

Движение круговой подачи (S_k). Круговая подача – это движение поворота долбяка по дуге делительной окружности за его двойной ход.

Расчетные перемещения круговой подачи:

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

От кривошипного диска 1, за один оборот которого совершается один двойной ход долбяка, вращение через орган настройки i_k (гитару подач a_1/b_1), реверсивную группу P_k , червячную пару 8-9 передается на вал 6 долбяку 7.

Уравнение кинематического баланса круговой подачи:

$$1 \cdot (4/50) \cdot a_1/b_1 \cdot (64/72) \cdot 72/64 \cdot (64/35) \cdot 35/64(1/90) \pi d_d = S_k,$$

где d_d - диаметр делительной окружности долбяка.

Формула настройки гитары круговой подачи:

$$a_1/b_1 = (385 \cdot S_k) / d_d,$$

где $d_d = m \cdot z_d$ (m - модуль зуба долбяка, z_d - число зубьев долбяка).

Движение обката (S_0). Цепь этого движения связывает вращение заготовки и инструмента. Эта связь осуществляется через червячную передачу 9-8, гитару деления i_d (a_1/b_1) (c/d), реверсивную группу P_o , червячную передачу 10-11 на стол с заготовкой 12.

Расчетные перемещения движения обката:

$$1/Z_d, \text{ об. долбяка} \rightarrow 1/Z, \text{ об. заготовки},$$

где Z_d - число зубьев долбяка; Z - число зубьев нарезаемой заготовки.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1/Z_d \cdot (1/90) \cdot 64/35 \cdot (35/64) \cdot 72/64 \cdot (a_1/b_1) \cdot c/d \cdot (52/74) \cdot 44/35 \cdot (80/39) \cdot 1/120 = 1/Z.$$

Формула настройки гитары деления:

$$(a/b) \cdot c/d = Z_d/Z.$$

Движение радиальной подачи ($S_{\text{рад}}$). Радиальная подача осуществляется за счет врезания долбяка в заготовку перемещением шпиндельной бабки по направляющим станины под воздействием вращающегося кулач-

ка (рис. 1.4). При вращении кулачок E за счет кривой подъема действует на ролик рейки и через реечную передачу перемещает суппорт с долбяком на величину врезания, равную величине подъема кулачка. Реечное устройство и пружины позволяют уменьшить вибрации станка при откате суппорта.

Зубчатые колеса на станке могут обрабатываться за 1, 2 или 3 прохода. Для этого устанавливаются соответствующие кулачки (рис. 1.5). На участке ab (рис. 1.5, a) профиль кулачка имеет подъем. При вращении кулачка на этом участке суппорт шпиндельной головки перемещается вправо и происходит врезание.

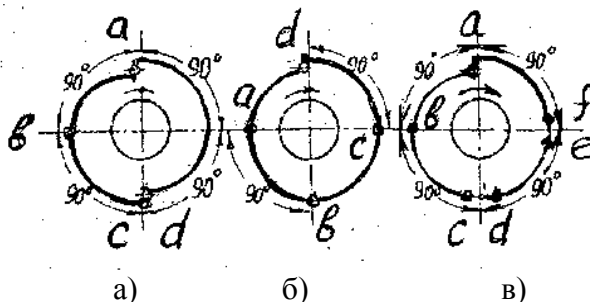


Рис. 1.5. Кулачки радиальной подачи: a - однопроходный; $б$ - двухпроходный; $в$ - трехпроходный

На участке bc , охваченном дугой 90° , профиль очерчен по окружности и шпиндельная головка остается неподвижной в радиальном направлении. За этот период стол с заготовкой совершает один полный оборот. От точки d цикл повторяется. Такой кулачок называется однопроходным, при этом включена зубчатая передача 28/48 (рис. 1.4).

Расчетные перемещения движения радиальной подачи:

$$1 \text{ об. заготовки} \rightarrow S_{pad}, \text{ мм.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1(120/1) \cdot 39/80 \cdot (80/35) \cdot 35/44 \cdot (44/74) \cdot 74/52 \cdot (40/80) \cdot 28/48 \cdot (1/100) = S_{pad}.$$

Двухпроходный кулачок (рис. 1.5, $б$) предназначен для обработки заготовки за два оборота, при этом включается передача 35/41 (рис. 1.4). Участки ab и cd обеспечивают врезание соответственно для первого и второго проходов.

Трехпроходный кулачок (рис. 1.5, $в$) применяется при обработке заготовки за три оборота с включением передачи 48/28 (рис. 1.4).

Участки ab , cd , ef соответствуют врезаниям при первом, втором и третьем проходах.

Качательное движение стола. Осуществляется от кулачка F (рис. 1.4) через систему рычагов. Пружина в конечном звене привода качания стола обеспечивает плавную и безударную работу механизма за счет создания предварительного натяга в соединениях.

Вспомогательные движения станка. К вспомогательным движениям станка относятся следующие перемещения:

- 1) ручное возвратно-поступательное перемещение долбяка через зубчатые колеса 58-110 (рис. 1.4);
- 2) ручной поворот кулачка радиальной подачи *E* через зубчатые колеса 20-60-116 (рис. 1.4);
- 3) ручное продольное перемещение суппорта посредством червячной передачи 1-132 или зубчатых колес 17-132, 15-15, двух реек (при отсоединении червячной пары 1-132);
- 4) ручное вращение долбяка через червячную пару 1-90;
- 5) ручное вращение стола с заготовкой через передачи 80-39, 1-120.

1.2. Наладка станка 5В12 на выполнение зубодолбежной операции

Наладка станка выполняется в следующем порядке:

1) осуществляется крепление долбяка (необходимо убедиться в исправности его режущих кромок; опорное кольцо долбяка должно обеспечивать жесткое крепление инструмента; на шпинделе долбяк должен быть насажен плотно и без ударов);

2) производится крепление заготовки на оправке, вставленной в планшайбу стола (после установки оправки ее проверяют на биение, вращая стол при помощи съемной кривошипной рукоятки через квадрат 7 (рисунок 1.6), при этом рукоятка 17 должна находиться в нейтральном положении; биение оправки должно составлять не более 0,01 мм на расстоянии 200 мм от поверхности планшайбы стола; биение заготовки относительно оси оправки не более 0,02 ... 0,06 мм в зависимости от модуля, диаметра и класса точности колеса).

3) определяется скорость резания (*V*) и устанавливается число двойных ходов долбяка (*n*):

$$n = (1000 \cdot V) / (2L),$$

где $L = b + (5 \dots 7)$ мм – длина хода долбяка, *b* – ширина венца нарезаемого колеса.

Установка числа двойных ходов на станке производится путем переустановки ремней четырехступенчатой клиноременной передачи на соответствующую ступень. Длина хода долбяка регулируется путем изменения радиуса вращения оси кривошипного пальца при помощи винта 22 (рис. 1.7), смонтированного в кривошипном диске.

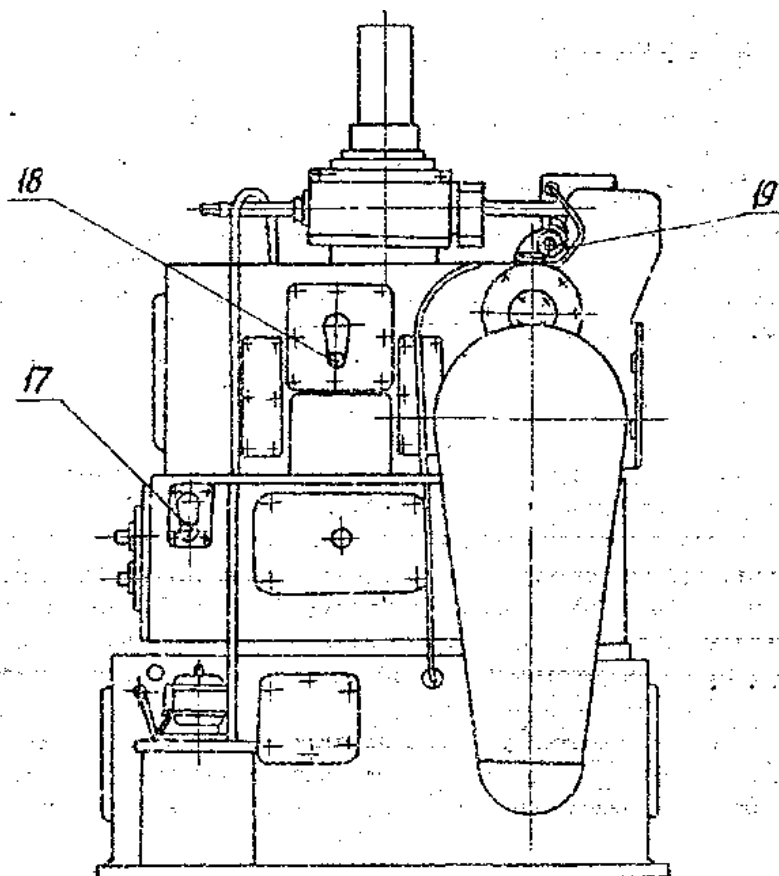


Рис. 1.6. Вид сзади на станок 5B12

При этом необходимо отпустить гайку 20. Крайнее положение долбяка регулируется изменением длины шатуна 24, состоящего из двух частей. Для этого отпускают гайки 28, 23, затем подтягивают или отпускают винт 21. Проверку правильности настройки хода можно провести, сообщая вручную возвратно-поступательное движение долбяку через вал 8 с квадратным наконечником (рис. 1.2).

4) производится настройка гитары круговых подач по формуле

$$a_1/b_1 = 385 S_{кр}/d_g,$$

причем необходимо выдерживать условие $a_1 + b_1 = 110$ для сменных зубчатых колес гитары 35, 40, 52, 58, 64, 70, 75.

Режимы резания при зубодолблении рекомендуется выбирать в зависимости от вида обработки, модуля и материала заготовки и инструмента (табл. 1.1).

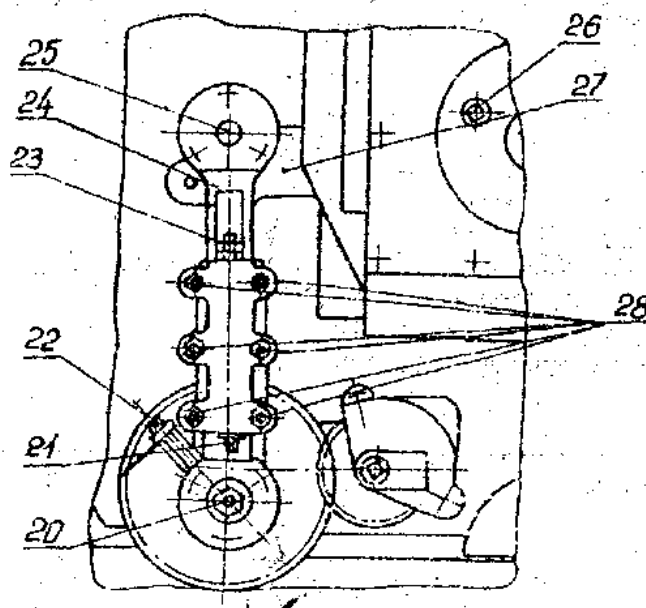


Рис. 1.7. Кривошипно-шатунный механизм главного привода

Таблица 1.1 - Рекомендуемые режимы резания при зубодолблении

Вид зубодолбления	Модуль m , мм	Подача круговая $S_{кр}$, мм/дв.ход	Скорость резания V , м/мм
Черновое	≤ 3	0,40...0,45	20...24
	3,5...4,5	0,35...0,40	18...22
Чистовое по сплошному металлу	≤ 3	0,20...0,25	22...25
	3,5...4,5	0,20...0,25	20...23
Чистовое предва- рительно прорезан- ных зубьев	≤ 3	0,20...0,25	25...30
	3,5...4,5	0,20...0,25	24...28

Примечания: 1. Режимы даны для нарезания долбьяками из стали Р18 в один проход. При нарезании в два прохода и более режимы могут быть увеличены на 20 %. 2. В зависимости от обрабатываемого материала величины подач и скоростей необходимо умножить на поправочный коэффициент k_s и k_v (табл. 1.2).

Таблица 1.2 - Поправочные коэффициенты при зубодолблении

Кэф- фициенты	Обрабатываемые материалы				Чугун
	Сталь				
	18ХГТ	30ХГТ	40Х	35, 45	
k_s	1,0	0,9	1,05	1,3	1,2
k_v	1,0	1,0	1,0	1,1	1,4

5) производится настройка механизма радиальной подачи при установке необходимого кулачка и переводе рукоятки 18 (рис. 1.6) в соответствующее положение (однопроходный кулачок применяется при модуле $m \leq 2 \text{ мм}$, двухпроходный – при $(2 \text{ мм} < m \leq 3 \text{ мм})$, трехпроходный – при $m > 3 \text{ мм}$);

6) выполняется установка долбяка на глубину врезания (равную высоте зуба нарезаемого зубчатого колеса с учетом длины врезания и перебега);

Вращением валика 9 (рис. 1.2) приводят кулачок врезания в положение, соответствующее близкому окончанию обработки, т.е. к участку, вслед за которым ролик рейки попадает во впадину кулачка. После этого режущую кромку долбяка выводят примерно на середину высоты заготовки, при этом палец кривошипа должен находиться по левую сторону от центра кривошипного вала. Освободить гайки 26 (рис. 1.7), вывести червяк рукояткой 10 (рис. 1.2) из зацепления с колесом и, вращая валик 11, подвести долбяк к заготовке на расстояние 1 мм, червяк ввести в зацепление.

Поставить рукоятку 12 (рис. 1.2) в нейтральное положение и, вращая валик 13, подвести зуб долбяка в положение, при котором линия симметрии зуба долбяка совпадает с прямой линией, соединяющей центр долбяка с центром заготовки.

Вращением ролика 14 подвести зуб долбяка до касания с заготовкой, затем – перевести долбяк в крайнее верхнее положение. Поставить кольцо с делением валика 14 на "0", вращая валик, установить глубину врезания, равную высоте зуба. Затянуть гайки 26 (рис. 1.7) и, вращая валик 9 (рис. 1.2), перевести ролик рейки в выемку кулака.

Рукоятки 12 (рис. 1.2), 17 (рис. 1.6) поставить обе вправо или влево при нарезании внешнего зацепления или одну – влево, другую – вправо при нарезании внутреннего зацепления;

7) производится настройка гитары обката (деления) путём подбора сменных колёс по формуле:

$$(a/b) \cdot (c/d) = z_d/z.$$

Межосевое расстояние колёс a и b и сумма зубьев постоянны ($a+b = 120$), кроме того при расчёте чисел зубьев сменных колёс a , b , c , d колесо (c) выбирается с числом зубьев, кратным числу зубьев долбяка.

Набор сменных зубчатых колёс гитары обката ($m = 1,5 \text{ мм}$, ширина $b = 18 \text{ мм}$, диаметр отверстия $\varnothing 22A$) включает следующие числа зубьев: 24, 25, 27, 28, 30, 31, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 92, 94, 96, 98.

1.2.1. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с устройством станка, принципом его работы и построения кинематической схемы.
- 2) Изобразить кинематическую цепь, расчётные перемещения и записать уравнение кинематического баланса для заданного преподавателем движения станка.
- 3) Изучить методику и произвести настройку гитары станка по заданию преподавателя.
- 4) Произвести обработку согласно заданным параметрам.

1.2.2. Содержание отчёта

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Кинематическая схема исполнительного движения, уравнение кинематического баланса.
- 4) Эскиз заготовки и технологической наладки.
- 5) Таблица данных о режущем инструменте:

Наименование	Материал	d_0 , мм	m , мм	z	Передний угол γ	Задний угол α
Долбяк						

6) Таблица наладки:

№ п/п	Наименование	Формула	Величина
1	Скорость резания	V	
2	Число двойных ходов	$n_{дв.х.} = (1000 V) / (2L)$	
3	Длина хода долбяка	$L = b + (5 \dots 7) \text{ мм}$	
4	Круговая подача	$S_{кр.}$	
5	Гитара круговых подач	$a_1/b_1 = (385 \cdot S_{кр.}) / d_0$	
6	Вид кулака радиальной подачи		
7	Гитара деления	$(a/b) \cdot (c/d) = z_0/z$	
8	Глубина врезания	$t = h = 2,25m$	

7) Выводы по работе.

1.2.3. Вопросы для самоконтроля

- 1) Принцип работы основных узлов станка 5В12.
- 2) Кинематические цепи и расчётные перемещения формообразующих движений станка.
- 3) Виды гитар сменных колёс, особенности их настройки.
- 4) Особенности нарезания зубьев по методу обката (деления) и последовательность наладки станка.

2.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ЗУБОФРЕЗЕРНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 5А308П

Цель работы: изучение конструкции, кинематики и принципа действия узлов и механизмов станка, освоение приемов наладки на нарезание зубьев прямозубых цилиндрических колес.



2.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5А308П

2.1.1. Назначение станка

Зубофрезерный станок повышенной точности модели 5А308П предназначен для фрезерования прямозубых цилиндрических колес из чугунов, сталей, легких сплавов и пластмасс в условиях мелкосерийного, серийного и крупносерийного производств машино- и приборостроения [6, 7].

Станок при чистовых режимах обеспечивает 6-ю степень точности обработанных зубчатых колес по ГОСТ 9178-79 при условии нарезания червячными модульными фрезами класса 3а.

Нарезание прямозубых цилиндрических колес производится червячной фрезой методом обкатки. Червячной фрезе и заготовке сообщается такое вращательное движение, которое выполнялось бы червячной передачей, состоящей из червяка и червячного колеса. Вследствие вращательного движения фрезы и заготовки профили режущих кромок зубьев фрезы занимают относительно профиля зубьев колеса ряд положений, изображен-

ных на рис. 2.1, эвольвентные профили зубьев колеса образуются при этом как огибающие точек кромок фрезы.

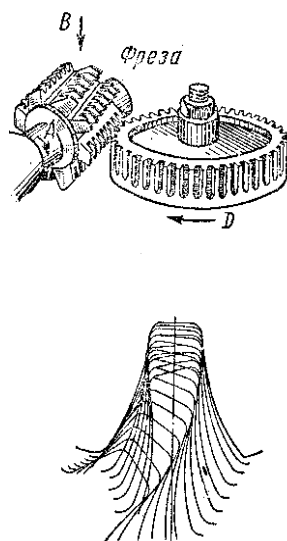


Рис. 2.1. Схема зубофрезерования
зубчатых колес методом обкатки

2.1.2. Техническая характеристика станка

Наибольший модуль нарезаемых колес, мм	1
Наружный диаметр нарезаемого колеса наибольший, мм	80
Наибольшая длина фрезерования, мм	72
Число нарезаемых зубьев	8...51
Число скоростей фрезерного шпинделя	6
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, мин ⁻¹	202...2040
Количество ступеней подач	7
Пределы подач на один оборот изделия, мм/об	0,1...1,42
Диаметр фрезы, мм	24...30
Максимальная допустимая частота вращения заготовки, мин ⁻¹	64
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	0,6

Комплект сменных зубчатых колес гитары деления, число зубьев.....24, 25 (2 шт.), 34, 40,48 (2 шт.), 50, 60 (3 шт.), 70, 72 (2 шт.), 74, 76, 78, 81, 82, 86 (2 шт.), 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98, 100, 102, 104, 110, 112, 116, 120, 124, 125, 126.

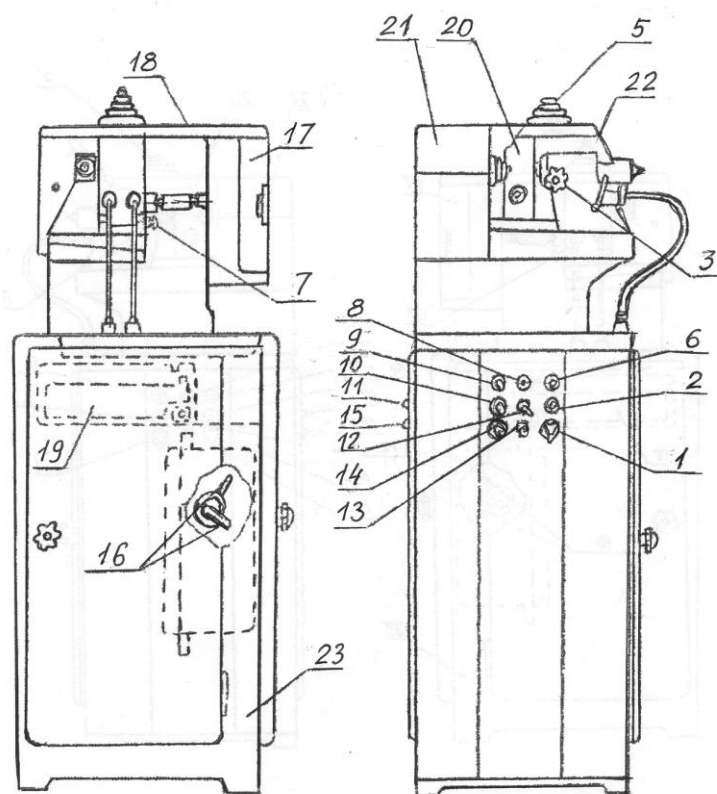


Рис. 2.2. Общий вид станка 5A308П

2.1.3. Основные узлы станка и органы управления

Общий вид станка 5A308П приведен на рис. 2.2.

Станок состоит из следующих основных элементов:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- переключатель режима работы; | 12 - переключатель подъема суп- |
| 2- кнопка быстрого отвода каретки; | порта; |
| 3- рукоятка зажима пиноли задней | 13 - включение освещения; |
| бабки; | 14 - включение охлаждения; |
| 4- рукоятка зажима детали; | 15 - сигнальная лампа «станок под |
| 5- лимб установки межосевого рас- | напряжением»; |
| стояния; | 16 - рукоятка переключения короб- |
| 6- кнопка быстрого подвода карет- | ки скоростей; |
| ки; | 17 - гитара деления; |
| 7- кулачки для установки длины хо- | 18 - гитара подачи; |
| да каретки; | 19 - сменные шестерни; |
| 8- сигнальная лампа верхнего поло- | 20 - шпиндельная бабка; |
| жения суппорта каретки; | 21 - бабка изделия; |
| 9- кнопка «пуск» станка; | 22 - задняя бабка; |
| 10- кнопка «стоп» станка; | 23 - станина. |
| 11- главный выключатель; | |

2.1.2. Кинематика станка

Кинематическая схема станка 5А308П изображена на рис. 2.3.

Главное движение. Главным движением в станке является вращение червячной модульной фрезы, которое она получает от электродвигателя *М1* через зубчатые колеса 32-88, коробку скоростей, клиноременную передачу D_1-D_2 , шарнирно-телескопическое соединение на шпиндель *ХП* фрезы.

Расчетные перемещения главного движения:

$$n_{э/д}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{фр}, \text{ мин}^{-1}.$$

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{фр} = 2850 \cdot (32/88) \cdot i_{к.с.} \cdot (D_1/D_2) \cdot \eta,$$

где $i_{к.с.}$ - передаточное отношение коробки скоростей; η - коэффициент проскальзывания ременной передачи ($\eta = 0,985$).

Переключением блока шестерен 40, 67, 53 на валу *VIII* и блока 40, 80 на валу *X* на выходе коробки скоростей обеспечивается 6 различных частот вращения.

Движение деления. Связывает вращение фрезы через вал *XI*, гитару деления (a, b, c, d), валы *XIV*, *XV*, червячную пару 1-50, вал *V* с заготовкой зубчатого колеса.

Расчетные перемещения движения деления:

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow k/z \text{ об. заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи деления:

$$1 \text{ об. фрезы} \cdot (a/b) \cdot (c/d) \cdot (1/50) = k/z,$$

где k - число заходов фрезы; z - число зубьев заготовки.

Движение подачи. Связывает вращение заготовки через винтовую пару 20-67, вал *III*, сменные шестерни $e-f$ гитары подачи, через обгонную муфту M_0 , вал *II*, винтовую пару 23-25, вал *IV*, через пару винт-гайка ($t = 2 \text{ мм}$) с фрезерной кареткой.

Расчетные перемещения цепи подачи:

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

За один оборот заготовки величина подачи определится из уравнения кинематического баланса:

$$1 \text{ об. загот.} \cdot (67/20) \cdot e/f \cdot (23/35) \cdot 2 = S, \text{ мм/об.}$$

Ускоренное перемещение фрезерной каретки осуществляется от двигателя $N = 0,08 \text{ кВт}$, $n = 1390 \text{ мин}^{-1}$ через шестерни 40, 40, 76, вал *II*, винтовую пару 23, 35, винт и гайку с шагом $t = 2 \text{ мм}$.

Таблица 2.1 – Режимы резания при нарезании цилиндрических зубчатых колёс с прямым зубом червячной однозаходной модульной фрезой [2, 3]

Модуль m , мм	Высота зуба h , мм	Обрабатываемый материал					
		Латунь и бронза средней твёрдости за один проход		Сталь $\sigma_s=600...750$ H/mm^2 за два прохода		Нержавеющая сталь $\sigma_s=850$ H/mm^2 за один проход	
		Подача на обо- рот за- готовки S , мм	Ско- рость реза- ния V , м/мин	Подача на оборот заготовки S , мм	Ско- рость реза- ния V , м/мин	Подача на обо- рот за- готовки S , мм	Ско- рость реза- ния V , м/мин
0,15 0,20	0,33 0,44	0,60	100	0,25 0,34	45	—	—
0,25 0,30	0,55 0,66	0,55					
0,40 0,50	0,88 1,10	0,50				0,20 0,25	30
0,70 0,80	1,54 1,76	0,45	100	—	—	0,35 0,30	28
1,00 1,25	2,20 2,75	0,40	90 80			0,25 0,25	27

2.2.2. Настройка гитары деления

На основании уравнения кинематического баланса движения деления определяется формула настройки гитары деления:

$$(a/b) \cdot c/d = 50 \cdot k/z,$$

где a , b , c , d - соответственно шестерня и зубчатые колёса гитары, выбираемые из комплекта сменных зубчатых колёс, которыми укомплектован станок 5А308П; k - число заходов червячной модульной фрезы; z - число зубьев нарезаемой заготовки.

При подборе одним из известных методов (табличным, либо разложения на множители) определяют число зубьев шестерни и зубчатых колёс гитары, выдерживая при этом ограничения по условию сцепляемости:

$$\begin{cases} a + b \geq c + 20; \\ c + d \geq b + 20. \end{cases}$$

Пример. Подобрать двухпарную гитару сменных колёс для нарезания заготовки ($z = 48$) однозаходной ($k = 1$) червячной фрезой. Подставляя в формулу настройки заданные значения, получаем выражения:

$$(a/b) \cdot c/d = 50 \cdot (1/48).$$

Выбирая из комплекта зубчатые колёса, умножаем числитель и знаменатель на один и тот же сомножитель, учитывая наличие в комплекте

нескольких колёс с одинаковым числом зубьев, например, 60 (3 шт.). Отсюда

$$(a/b) \cdot (c/d) = (50/48) \cdot (60/60).$$

Проверив по условию сцепляемости,

$$\begin{cases} 50 + 48 \geq 60 + 20; \\ 60 + 60 \geq 48 + 20, \end{cases}$$

приходим к заключению о возможности установки двухпарной гитары деления для заданных условий с подобранными значениями чисел зубьев ($a = 50$; $b = 48$; $c = 60$; $d = 60$).

2.2.3. Настройка гитары подач

Величина подачи настраивается сменными зубчатыми колёсами (e , f), которые выбираются из общего станочного комплекта.

Формула настройки гитары подач:

$$e/f = S/0.30,$$

где e - шестерня; f - зубчатое колесо; S - подача, мм за 1 оборот заготовки.

Величина S берётся в зависимости от модуля по табл. 2.1. Далее, пользуясь табл. 2.2, определяем числа зубьев сменных зубчатых колёс гитары подач.

Таблица 2.2 - Настройка гитары подач

Подача S , мм на 1 оборот заготовки	Числа зубьев сменных зубчатых колес	
	e	f
0,1	25	95
0,152	34	86
0,253	48	72
0,38	60	60
0,57	72	48
0,96	86	34
1,42	95	25

2.2.4. Последовательность наладки станка на выполнение работы

1) Устанавливают, выверяют и закрепляют червячную фрезу. Фреза устанавливается на консольной конусной посадочной шейке шпинделя фрезы и зажимается гайкой. Торцевое биение фрезы не должно превышать 0,01 мм.

2) Устанавливают, выверяют и закрепляют заготовку. Заготовка должна быть надежно зафиксирована на оправке, а оправка – в центрах поводкового патрона и задней бабки. Далее, поворачивая заготовку вручную, проверяется радиальное биение с помощью индикатора часового типа. Допускается биение 0,01 ... 0,04 мм в зависимости от модуля, диаметра и степени точности нарезаемого колеса.

3) Устанавливают частоту вращения фрезы. Установка выбранной в соответствии с требуемой скоростью резания частоты вращения выполняется поворотом рукояток коробки скоростей в необходимое (по схеме) положение.

4) Настраивают гитару деления (см. 2.2.2).

5) Настраивают гитару подач (см. 2.2.3).

6) Устанавливают глубину и длину фрезерования. Для установки глубины фрезерования используется микрометрическая головка на фрезерной каретке. Отсчет установленного межосевого расстояния производится совмещением соответствующего деления на лимбе с риской на кольце. Длина хода фрезерной каретки регулируется упорами, расположенными на подкареточной плите.

7) Осуществляют пуск станка. Перед пуском необходимо убедиться в правильности наладки станка (п.п. 1...6), в заполненности системы смазки по уровню риски маслоуказателя (система смазки – принудительная).

8) Останавливают станок и снимают деталь. По окончании обработки заготовки зубчатого колеса каретка доходит до упора, гасится конечный выключатель. С помощью рукоятки на задней бабке освобождается изделие от зажима. Обработка заканчивается.

2.2.5. Порядок выполнения работы

1) Изучить общее устройство станка, технологические возможности, кинематическую схему, расположение и назначение органов настройки.

2) Изобразить кинематическую цепь, расчетные перемещения и записать уравнения кинематического баланса для заданного преподавателем вида движения станка.

3) Сравнить кинематическую схему станка 5А308П со схемой зубофрезерного станка с ЧПУ KS300NC фирмы “KASHIFUJI” (Япония) [5, 6, 7] на рис. 2.4 и охарактеризовать принципиальные отличия в их кинематике.

4) Произвести наладку станка по заданию преподавателя и нарезать зубья на заготовке зубчатого колеса, осуществить контроль обработанной детали.

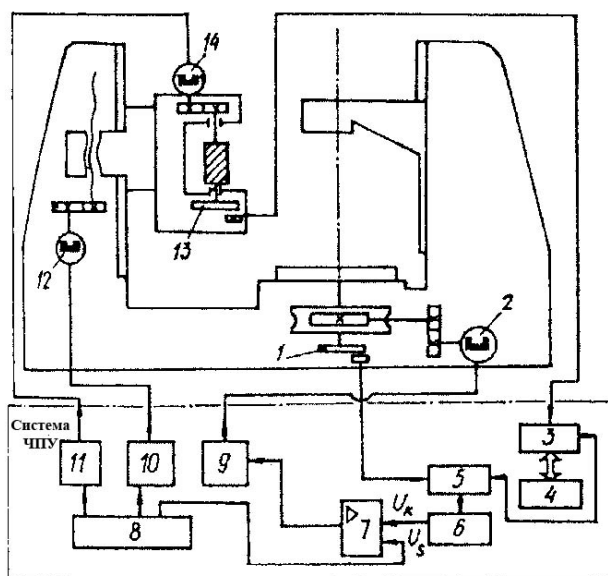


Рис. 2.4. Структурная схема зубофрезерного станка с ЧПУ и разомкнутой кинематикой

2.2.6. Содержание отчета

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Кинематическая схема исполнительного движения, уравнение кинематического баланса.
- 4) Эскиз технологической наладки на операцию зубофрезерования.
- 5) Таблица наладки:

Заготовка		Инструмент				Режимы обработки			
Материал	Диаметр	Тип, ГОСТ	Материал	Модуль	Кин. точн.	Скорость резания, м/мин.	Частота $n_{фр.}, мин^{-1}$	Глубина обработки, мм	Длина обработки, мм

- 6) Выводы по результатам контроля обработанной детали.

2.2.7. Вопросы для самоконтроля

- 1) Принципы работы основных узлов станка 5А308П.
- 2) Кинематические цепи и расчетные перемещения формообразующих движений станка.
- 3) Отличительные особенности кинематики станков 5А308П и станка с ЧПУ KS300NC.
- 4) Последовательность настройки и наладки станка 5А308П на операцию зубофрезерования.
- 5) Особенности контроля и проверки зубчатых колес.

3. Лабораторная работа № 6

ЗУБОСТРОГАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 5П23БП

Цель работы: изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка, освоение приемов наладки на нарезание зубьев конических зубчатых колес с прямыми зубьями.



3.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 5П23БП

3.1.1. Общие сведения

Нарезание прямозубых конических колес производится в основном по методу обкатки на специальных зубострогальных станках (мод. 5П23БП, 5А26, 526 и др.) [2, 3].

Сущность метода обкатки состоит в том, что на станке воспроизводится зацепление нарезаемого зубчатого колеса с воображаемым плоским "производящим" колесом (круговой рейкой).

В процессе нарезания зубьев конических колес производящее колесо является воображаемым, зубья его воспроизводятся в пространстве движущимися режущими кромками двух резцов, которые как бы находятся в зацеплении с нарезаемой заготовкой. Профили режущих кромок инструмента приняты прямолинейными, а профили зубьев нарезаемого колеса

получаются в процессе обработки как огибающие боковых поверхностей зубьев плоского колеса. Зубья плоского колеса имеют в поперечном сечении форму равнобокой трапеции. На станке роль плоского колеса выполняет люлька с движущимися резцами.

Производящее колесо может быть не только плоским, но и конусным. При конусном производящем колесе резцы движутся в плоскости 1-1 (рис. 3.1), перпендикулярной к оси производящего колеса $O-O_2$. Следовательно, заготовку нужно установить так, чтобы ее ось $O-O_1$, была наклонена к плоскости вершин зубьев производящего колеса на угол ψ :

$$\psi = \varphi - \gamma,$$

где φ – половина угла начального конуса нарезаемого колеса; γ – угол ножки его зуба.

Конусное производящее колесо отличается от плоского тем, что половина угла при вершине начального конуса составляет $(90^\circ - \gamma)$. Для каждого размера зубьев нарезаемых колес угол γ будет различным. Поэтому при плоском производящем колесе, у которого $\gamma = 90^\circ$, каждый раз приходилось бы изменять положение резцовых суппортов, что усложнило бы конструкцию станка. Использование же конусного производящего колеса приводит к ошибке профиля зуба (отклонение от эвольвенты). Однако, ошибка не выходит за пределы допуска на изготовление, так как число зубьев плоского колеса:

$$z_{nl} = z / \sin \varphi,$$

а число зубьев конусного производящего колеса:

$$z'_{nl} = (z / \sin \varphi) \cos \varphi.$$

Обычно $\gamma \leq 3^\circ$, тогда $\cos \gamma \geq 0,998$ и приближенно принимается:

$$z_{nl} \approx z'_{nl} = z / \sin \varphi,$$

где: z – число зубьев нарезаемой заготовки.

Такое производящее колесо иногда называют "условно плоским" производящим колесом.

На рис. 3.2 изображена схема нарезания конического колеса по методу обкатки. Люлька 2 вращается попеременно в одну и другую сторону вокруг оси $O-O_2$, а вокруг оси $O-O_1$ вращается также в обе стороны нарезаемое коническое колесо 5. Если на люльке 2 закрепить плоское производящее колесо 3 и ввести с ним в зацепление колесо 5, то зубья их при зацеплении будут обкатываться: зубья плоского колеса с прямолинейным профилем будут обкатывать эвольвентные профили зубьев конического колеса. Два резца образуют как бы профиль междузубой впадины плоского колеса. При поступательном движении они прорежут зубья на заготовке, а одновременное вращение их вокруг оси люльки выполняет обкатку зубьев, и резцы с прямолинейными профилями формируют эвольвентные профили нарезаемых зубьев.

Для осуществления обкатки вращение люльки согласовывается с вращением заготовки посредством гитары сменных колес 1 и цепи обкатки 6.

Правильное нарезание зубьев определяется установкой заготовки относительно центра станка O . Центром станка называется постоянная точка, в которой пересекаются:

- ось шпинделя заготовки $O-O_1$;
- ось люльки $O-O_2$;
- ось поворота стола $1-1$;
- линии движения острия резцов.

В зубострогальных станках применяются два вида обкатки: раздельная и комплексная.

При нарезании конических колес с раздельной обкаткой вращается люлька и нарезаемое зубчатое колесо (мод. 5П23БП, 5А26 и др.). При комплексной обкатке производящее колесо (люлька) неподвижно, а обрабатываемое зубчатое колесо воспроизводит сложное движение качения по неподвижному производящему колесу - коронной шестерне (мод. 523 и др.).

По способу деления, т.е. по способу осуществления перехода от обработки одного зуба к обработке следующего, станки можно разделить на работающие методом периодического деления и методом непрерывного деления. В станках с периодическим делением (мод. 5П23БП, 526 и др.) деление осуществляется в таком положении, когда инструмент выведен из соприкосновения с заготовкой, а движение резания кинематически не связано с вращением заготовок. Цикл обработки повторяется столько раз, сколько зубьев имеет нарезаемое колесо.

В станках с непрерывным делением (мод. 5284) режущая кромка инструмента после каждого его оборота (или двойного хода) попадает в другую впадину зубьев заготовки, как это имеет место при нарезании цилиндрических колес червячной фрезой или червячных колес летучим резцом. При этом кинематическая цепь инструмента и заготовки не нарушается в течение всего времени обработки, т.е. делительное движение происходит и во время резания. Метод непрерывного деления применяется в тихоходных зубострогальных станках для нарезания крупных конических колёс, работающих одним резцом.

Прямозубые конические колеса на станке 5П23БП нарезаются зубострогальными чистовыми резцами специальной конструкции или чистовыми резцами (рис. 3.3) из стали Р9К10.

Задние углы при резании образуются в результате того, что резцедержатель наклонён к линии движения резца на угол $\alpha_o = 12^\circ$. Режущая кромка резца AC перпендикулярна направлению его движения. Профильный угол α принимается равным номинальному углу зацепления ($\alpha = 20^\circ$).

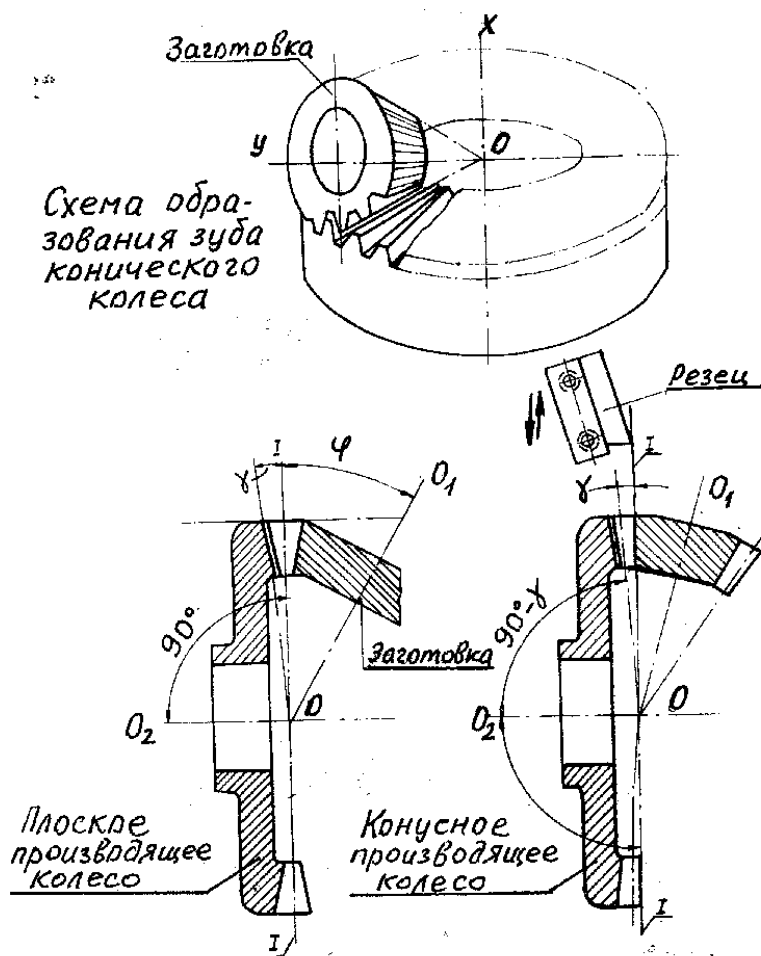


Рис. 3.1. Схема нарезания зубьев конических колёс

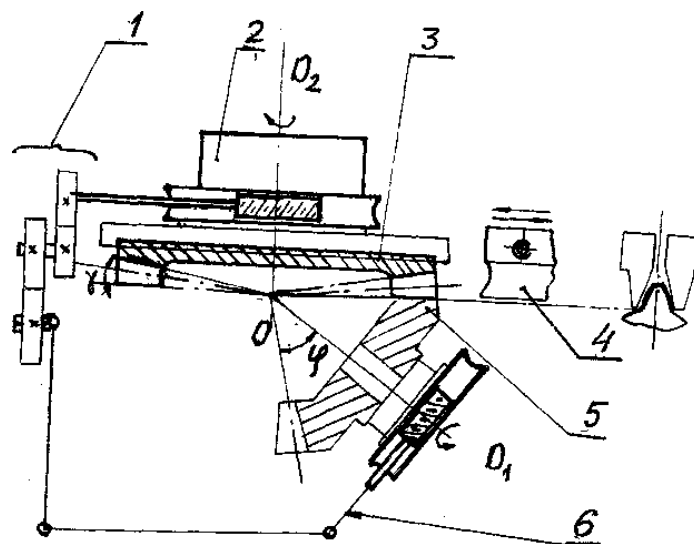


Рис. 3.2. Принципиальная схема нарезания конических колёс на зубострогальном станке по методу обкатки:
 1 - гитара обкатки; 2 - люлька, 3 - плоское производящее колесо;
 4 - зубострогальный резец; 5 - нарезаемое коническое колесо;
 6 - цепь обкатки

Угол передней заточки γ_n принимают:

- для обработки стали - 20° ;
- для обработки вязкой стали - до 25° ;
- для обработки бронзы и латуни - до 10° ;
- для обработки зубчатых колес мелкого модуля - 0° .

При нарезании зубчатых колес со средними и крупными модулями применяют черновые и чистовые резцы, которые отличаются геометрией заточки передней поверхности.

Правильность заточки резцов контролируется калибром.

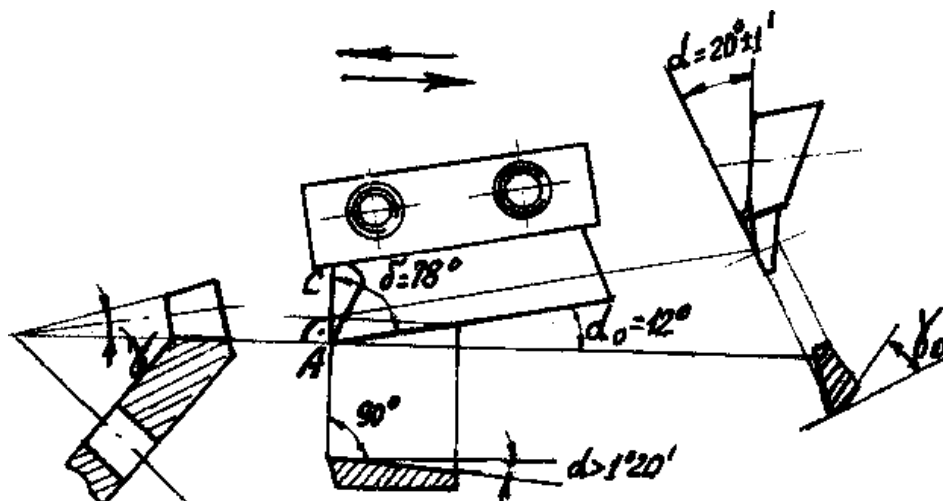


Рис. 3.3. Зубострогальный чистовой резец

3.1.2. Технические характеристики станка

Зубострогальный полуавтомат мод. 5П23БП повышенной точности предназначен для нарезания методом обкатки прямозубых конических колес в основном в условиях мелкосерийного и единичного производства в машиностроении и приборостроении. Нормальной является точность 6–7 степени. Зубчатые колеса модулем меньше 0,5 мм нарезать на станке не рекомендуется.

Машинное время обработки одного зуба

$$T_m = S + 4,7 \text{ с},$$

где $S = (3,5 + 112) \text{ с/зуб}$.

Сменные зубчатые колеса:

а) для настройки числа двойных ходов резца ($m = 2 \text{ мм}$): 29; 34; 39; 45; 50; 56; 61; 66;

б) гитары подачи, обкатки и деления ($m = 1,5 \text{ мм}$): 24; 30; 31; 33; 34; 36; 37; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 46; 47; 48; 50; 52; 54; 56; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 79; 80; 82; 83; 86; 89; 90; 91; 93; 94; 97; 100; 104; 109; 116.

Техническая характеристика

Наибольший модуль, мм	$m = 1,5$
Наибольшая длина нарезаемого зуба, мм	$l_z = 20$
Длина образующей делительного конуса, мм	7...63
Наибольший диаметр делительной окружности нарезаемого колеса, мм	при $i=10$: 1...125
	при $i=2$: 1...110
	при $i=1$: 1...90
Наибольшее передаточное отношение нарезаемой пары при угле между осями 90°	10 : 1
Диапазон нарезаемых чисел зубьев	10...200
Установочный угол бабки изделия, град	4...90°
Пределы чисел двойных ходов резцов, мин	160...800
Число скоростей	8
Наибольший угол качания люльки от нуля, град	35
Наибольший угол установки суппортов, град	8
Наибольший ход резца, мм	28
Необходимый выход резца из изделия	с тонкого конца зуба, 3 мм
	с толстого 5 мм
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1

3.1.3. Основные узлы и органы управления

Станок состоит из следующих основных узлов (рис. 3.4):

- | | |
|---|--|
| <p>1 - электродвигатель гидропривода;</p> <p>2 - электродвигатель главного движения;</p> <p>3 - реверсивный механизм (под крышкой);</p> <p>4 - станина;</p> <p>5 - гитара обкатки;</p> <p>6 - кран охлаждения;</p> <p>7 - передняя бабка;</p> <p>8 - пульт управления;</p> <p>9 - люлька;</p> <p>10 - резцовые суппорты;</p> <p>11 - стол;</p> <p>12 - бабка изделия;</p> <p>13 - лимб вертикального смещения шпинделя изделия относительно</p> | <p>оси вращения люльки (лимб гипотидного смещения);</p> <p>14 - механизм зажима заготовки;</p> <p>15 - лимб смещения стола;</p> <p>16 - лимб установки припуска двухпроходным механизмом;</p> <p>17 - квадрат для ручной установки бабки с заготовкой на базовое расстояние "K";</p> <p>18 - квадрат ручного перемещения стола;</p> <p>19 - рукоятка подвода-отвода стола и зажима заготовки;</p> <p>20 - лимб установки поворотного сегмента винтового механизма;</p> <p>21 - вентиль регулирования охлаждения масла.</p> |
|---|--|

Резцы крепятся в резцедержателях суппортов и устанавливаются в определенном положении при помощи специального прибора и шкал. Заготовка крепится на оправке посредством гидравлического зажимного патрона.

При необходимости смещения стола при отключенной гидросистеме в конструкции предусмотрен механизм ручного подвода и отвода стола 18.

По окончании обкатки зуба бабка с заготовкой отводится назад, а люлька начинает быстро поворачиваться в обратную сторону. При этом заготовка продолжает вращаться в ту же сторону, что и при рабочем ходе. К моменту начала следующего цикла будет пропущено определенное число зубьев, не имеющее общего множителя с числом зубьев нарезаемого колеса.

При нарезании конических колес с $\varphi = 4...70^\circ$ стол быстро подходит к жесткому упору станины и в течение всего рабочего цикла остается в неподвижном состоянии. А врезание инструмента осуществляется в процессе обкатки.

При нарезании плоских конических колес с углом $\varphi = 70...85^\circ$ в начале рабочего цикла до определенного момента стол медленно подается вперед одновременно с обкаткой и происходит врезание инструмента (комплексная подача). Достигнув определенной глубины зуба, врезание прекращается, и происходит профилирование зуба (обкатка) при неподвижном положении стола.

На станке установлен электродвигатель главного движения $N = 1 \text{ кВт}$ и электродвигатель гидропривода $N_1 = 1 \text{ кВт}$. От токов короткого замыкания в электроцепи предусмотрены плавкие предохранители, а от перегрузки – тепловые реле. Станок должен быть надежно заземлен.

По окончании нарезки зубьев станок выключается при помощи счетного устройства с микропереключателем.

Станок имеет водяной теплообменник, встроенный в станину для охлаждения масла гидросистемы; тип – трубчатый радиаторный (расход воды 1200 л/ч при $P = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}^2$). Слив воды из теплообменника осуществляется в канализацию. Вода подключается к присоединительным штуцерам бака теплообменника. Температурный перепад масла после охладителя не ниже 10°C . В бак гидросистемы заливается 50 л масла - Индустриальное – 20 (ГОСТ 1707-71).

Смазка станка автоматическая, за исключением осей резцедержателей, которые смазываются с помощью ручной масленки.

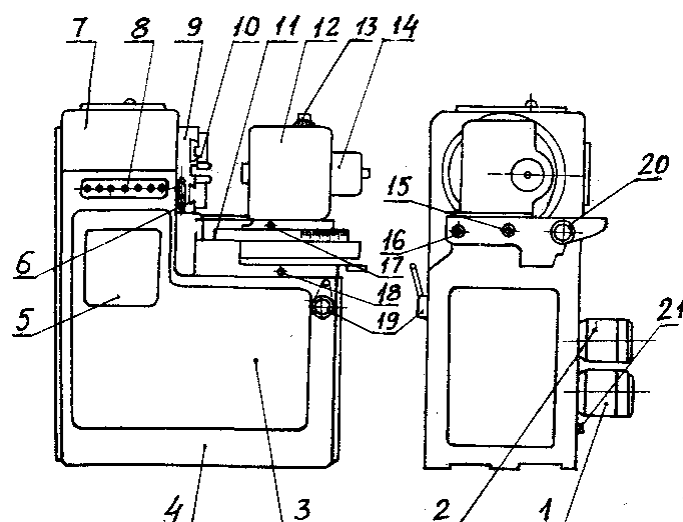


Рис. 3.4. Общий вид станка 5П23БП

3.1.4. Кинематика станка

Кинематическая схема станка 5П23БП изображена на рис. 3.5.

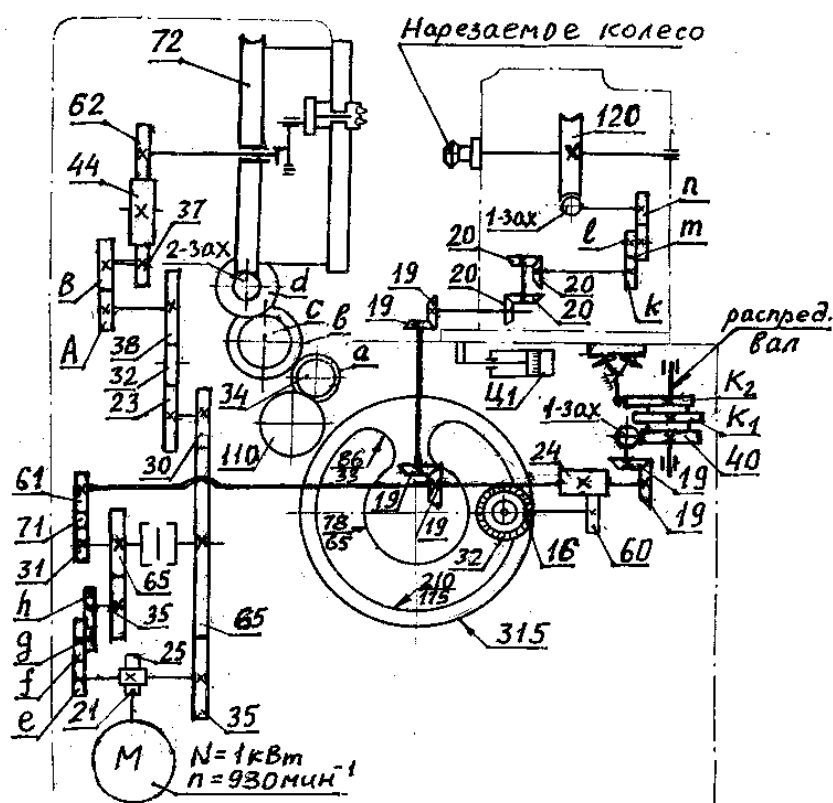


Рис. 3.5. Кинематическая схема полуавтомата модели 5П23БП:
(для составного колеса в числителе - число зубьев в полной окружности,
в знаменателе - число зубьев соответственно в части окружности)

Главное движение. Главным движением в станке является возвратно-поступательное перемещение резцов, которое они получают от электродвигателя M ($N = 1 \text{ кВт}$, $n_{90} = 930 \text{ мин}^{-1}$) через винтовую пару (21-25), зуб-

чатые колёса (35-65-30-23-32-38), гитару сменных колёс ($A-B$), зубчатые колёса (37-44-62) на кривошипно-шатунный механизм движения зубострогальных резцов.

Расчётные перемещения:

$$n_{з/д}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{дв.х./мин}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$930 \cdot (21/25) \cdot (35/65) \cdot 65/30 \cdot (23/52) \cdot 52/36 \cdot (A/B) \cdot 37/44 \cdot (44/62) = n_{дв.х.}$$

Формула настройки числа двойных ходов резцов:

$$A/B = (3/100) \cdot n_{дв.х.}$$

Число двойных ходов определяется по формуле

$$n_{дв.х.} = 1000 \cdot V / [2 \cdot (b+l)],$$

где b – длина нарезаемого зуба, мм; $l = (l_1 + l_2)$ – длина выхода резца из заготовки с тонкой и широкой сторон.

Таблица 3.1 - Выбор зубчатых колёс однопарной гитары A/B

$n_{дв.х.} / \text{мин}$	160	200	250	315	400	500	630	800
A	29	34	39	45	50	56	61	66
B	66	61	56	50	45	39	34	29

Скорость резания V для чистового зубострогания стальных колёс (сталь 45, 35X, 40X) рекомендуется принять равной 36 м/мин, при черновой обработке – 28 м/мин.

Движение подачи. Подачу станка определяют временем обработки (t_p) одного зуба в секунду. От приводного электродвигателя M посредством колёс 21-25, гитары сменных колёс $e-f-g-h$ движение через колёса 35-65-31-71-61, конические зубчатые колёса 19-19 и червячную передачу 1-40 передается на распределительный вал с кулачками K_1 и K_2 .

Расчетные перемещения:

$$t_p, \text{ с} \rightarrow 1 \text{ об. распред. вала.}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$t_p \cdot n_{з/д} / 60 \cdot (21/25) \cdot e/f \cdot (g/h) \cdot 35/65 \cdot (31/71) \cdot 71/61 \cdot (19/19) \cdot 1/40 = 1 \text{ об. распред. вала.}$$

Формула настройки:

$$e/f \cdot (g/h) = 11,2/t_p.$$

На распределительном валу находятся два кулачка: верхний K_2 служит для отвода и подвода стола в соответствующие моменты цикла, нижний K_1 предназначен для врезания при комбинированной подаче с использованием винтового механизма. На барабане распределительного вала снизу имеются переставные кулачки, которые действуют на золотник гидросистемы, переключающий фрикционную муфту с рабочего хода на ускоренный. Кроме этого на диске имеется кулачок, управляющей через золотник работой счетчика циклов.

Таблица 3.2 - Выбор зубчатых колес двухпарной гитары

Время рабочего хода, с/зуб	3,5	4,9	7	9,9	13,6	18,9
(e/f) (q/h)	(86/54) (76/64)	(86/54) (64/76)	(62/78) (76/64)	(86/54) (76/64)	(61/79) (54/86)	(50/90) (54/86)

Время рабочего хода, с/зуб	26,7	37,2	52,4	79,8	112
(e/f) (q/h)	(46/94) (47/93)	(40/100) (43/97)	(31/109) (43/97)	(24/116) (40/100)	(24/116) (31/109)

Машинное время обработки всех зубьев

$$T_M = (t_p + t_x)z$$

где $t_x = 4,7$ с - время холостого хода; z - число зубьев нарезаемого колеса.

Движение деления. Эта цепь кинематически связывает вращение распределительного вала с вращением нарезаемого колеса.

Нарезаемое колесо непрерывно вращается в одном направлении. На станке деление происходит через несколько зубьев, а не последовательно зуб за зубом, но так, чтобы при каждом цикле заготовка поворачивалась на целое число зубьев Z_i , не имеющее общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса.

Расчетные перемещения делительного движения:

$$1 \text{ об. распред. вала} \rightarrow Z_i/Z \text{ об. заготовки,}$$

где Z – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса делительной цепи:

$$1 \cdot 40/1 \cdot (19/19) \cdot 19/19 \cdot (19/19) \cdot 20/20 \cdot (20/20) \cdot k/l \cdot (m/n) \cdot 1/120 = Z_i/Z.$$

Формула настройки гитары деления:

$$k/l \cdot (m/n) = 3Z_i/Z.$$

Движение обкатки. Эта цепь кинематически связывает вращение люльки с вращением нарезаемого колеса.

Расчетные перемещения движения обкатки :

$$1/Z \text{ оборота нарезаемого колеса} \rightarrow 1/Z_o \text{ оборота люльки,}$$

где Z_o – число зубьев плоского производящего колеса.

Уравнение кинематического баланса цепи обкатки:

$$1/Z \cdot (120/1) \cdot n/m \cdot (l/k) \cdot 20/20 \cdot (20/20) \cdot 19/19 \cdot (19/19) \cdot 24/60 \cdot (16/32) \cdot 32/210 \cdot (315/110) \cdot 110/34 \cdot (a/b) \cdot c/d \cdot 2/72 = 1/Z_o.$$

Формула настройки гитары обкатки:

$$a/b \cdot (c/d) = 3Z/Z_o.$$

3.1.5. Механизмы станка 5П23БП

Механизм подачи стола с заготовкой. При нарезании на станке мод. 5П23БП конических колес с углом $\varphi = 70^\circ$ осуществляется круговая подача, при которой стол стоит на жестком упоре в левом положении, а резцы врезаются в заготовку при качании люльки. При этом величина подачи зависит в основном от скорости обкатки, а также от времени одного оборота распределительного вала (рис. 3.5), который дает команду посредством кулачка 3 (рис. 3.6), рычага 8 с рейкой 9 на подвод и отвод стола с заготовкой от резцов. Кулачок 3 с перепадом 12 мм для данного станка не меняется, так как обеспечивает отвод стола от резцов на величину, гарантирующую вывод резцов из впадины заготовки для всего диапазона нарезаемых на станке модулей (высот зубьев).

Для нарезания конических колес с большим углом начального конуса (от 70° и выше) необходимо иметь угол качания люльки больше 70° , что не рекомендуется для работы станка. В этом случае применяется комбинированный способ подачи (нарезания), который состоит из двух этапов:

1) Стол перемещается вперед, обеспечивая врезание резцов в заготовку. Для этого в станке предусмотрен винтовой механизм. При вращении кулачка 4 рычаг 10 будет воздействовать на стол через наклоненный на угол λ сегмент, осуществляя подачу стола на врезание $S_{вр}$, величина которого зависит от угла λ , устанавливаемого через червячную пару 13-14 с помощью лимба 1.

За один оборот лимба сегмент наклоняется на 4° . Угол поворота лимба определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \lambda = (0,2h + 1)/30,$$

где h - полная высота зуба.

2) После врезания стол стоит на упоре и при этом происходит только круговая подача (профилирование зуба посредством обкатки).

При раздельном черновом и чистовом нарезании зубьев используется двухпроходный механизм (ограничительный упор) 16 (рис. 3.4). Установка припуска производится рукояткой на величину требуемого припуска, оставляемого на второй проход. При чистовом нарезании рукоятка 16 устанавливается на нуль. На лимбе указана величина припуска в мм.

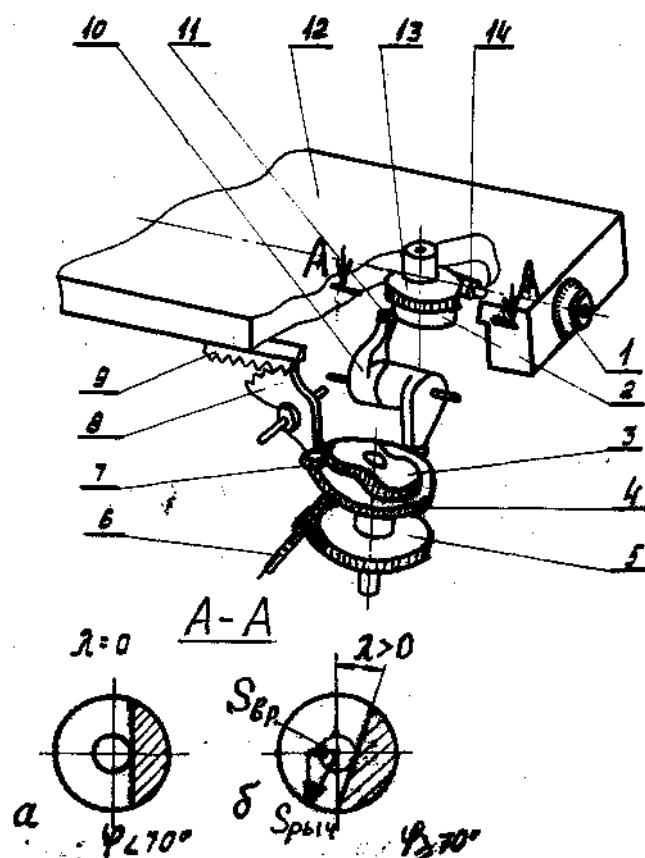


Рис. 3.6. Механизм подачи стола с заготовкой:

- | | |
|--|--|
| 1 - лимб угла поворота сегмента; | 9 - рейка; |
| 2 - сегмент поворотный для комбинированной подачи; | 10 - двуплечий рычаг комбинированной подачи; |
| 3 - кулак врезания заготовки; | 11 - ролик; |
| 4 - кулак комбинированной подачи; | 12 - стол изделия; |
| 5, 6 - червячная пара механизма подачи; | 13, 14 - червячная пара (винтовой механизм) |
| 7 - ролик; | |
| 8 - рычаг с зубчатым сектором для подачи стола; | |

Таблица 3.3 - Рекомендуемые припуски на второй проход

Модуль, мм	1,5	1,0	0,8	0,5	0,4	0,3
Припуск, мм	0,4	0,3	0,25	0,2	0,1	0,1

Для равномерного распределения припуска на обе стороны зуба при установке нарезаемых колёс используется специальный калибр 8 (рис. 3.7), который крепится к бабке изделия возле торца шпинделя и при чистовом нарезании партии заготовок не снимается. Установочный щуп калибра после установки зубчатого колеса откидывается под действием пружины.

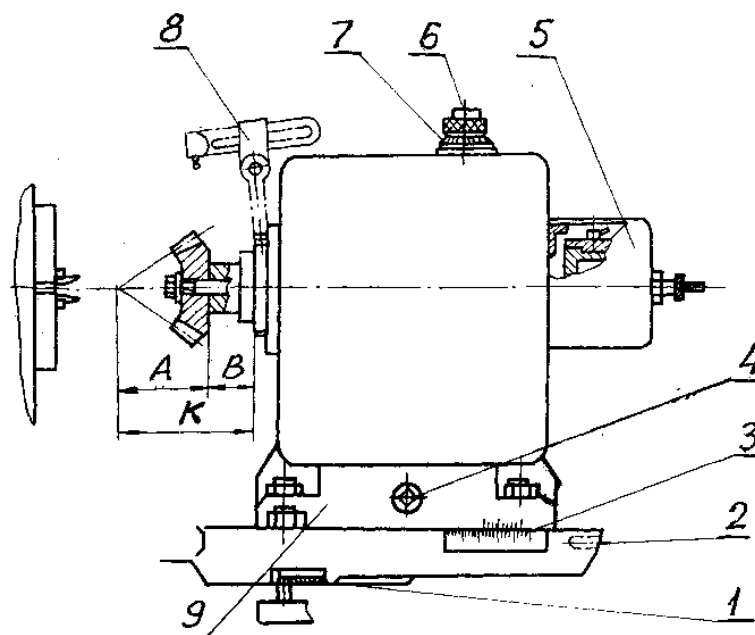


Рис. 3.7. Бабка изделия:

- 1 - нониус шкалы поворота бабки изделия на угол начального конуса;
- 2 - отверстие для рукоятки ручного поворота бабки; 3 - шкала с нониусом для установки бабки на размер; 4 - квадрат для осевого перемещения бабки вручную; 5 - цилиндр зажима; 6 - квадрат гипоидного смещения шпинделя изделия; 7 - лимб смещения шпинделя; 8 - калибр для разделения припуска при чистовой обработке после чернового нарезания;
- 9 - стержневой калибр для нулевой установки оси шпинделя по высоте

Механизм крепления заготовки. На рис. 3.8 изображен механизм крепления заготовки, который жестко соединен со шпинделем изделия. Шпиндель смонтирован на прецизионных радиально-упорных шарикоподшипниках класса "СА". Справа на шпиндель навинчен гидроцилиндр зажима, на диске которого находится шкала с нониусом, необходимые при наладке станка для проверки правильности набора сменных шестерен гитар деления и обкатки.

В цилиндре зажима 11 перемещается поршень со штоком 8; при перемещении поршня влево под давлением масла шток через кольцо-указатель 13 и гайку 14 передвигает зажимную струну 7 и стяжной стержень 1 влево. При этом освобождается заготовка. При снятии давления масла в правой части цилиндра поршень со штоком под действием пружин 10 смещается вправо и через зажимную струну и шайбу 3 с гайкой 2 прижимает заготовку к базовому торцу оправки 4. Усилие зажима можно регулировать гайкой 14, на которой имеются деления, показывающие усилие зажима.

Таблица 3.4 - Наибольшее усилие пружины, допускаемое прочностью струны

Резьба на концах струны	M3	M4	M5	M6	M7
Усилие P_{max} , Н	950	1650	2750	3850	7000

В зависимости от габаритов и конфигурации заготовка может крепиться винтами непосредственно к шпинделю изделия или к сменной оправке 6.

Радиальное биение посадочной шейки оправки 4 и биение ее опорного торца – не более 0,003 мм. Резьбовое кольцо 5 предназначено для съема оправки.

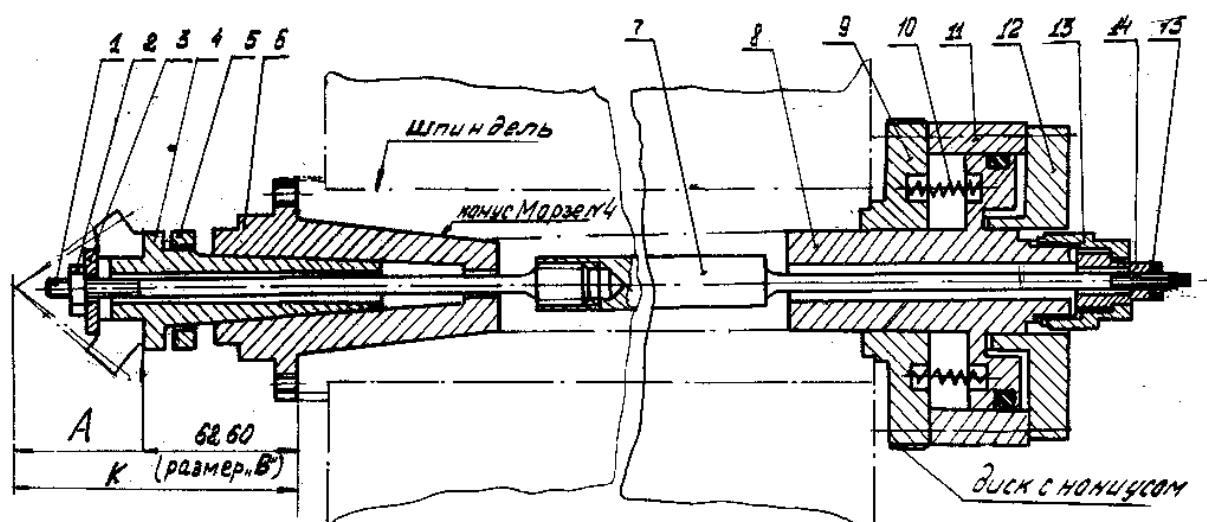


Рис. 3.8. Механизм крепления нарезаемого зубчатого колеса:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1 - стяжной стержень; | 9 - крышка; |
| 2 - гайка; | 10 -жимные пружины; |
| 3 - шайба; | 11 - цилиндр; |
| 4 - оправка; | 12 - крышка; |
| 5 - резьбовое кольцо; | 13 - кольцо-указатель усилия зажима; |
| 6 - базовая оправка шпинделя; | 14 - гайка; |
| 7 -жимная струна; | 15 - контргайка |
| 8 - шток с поршнем; | |

Гидропривод. Гидропривод предназначен для осуществления подвода и отвода стола, отжима изделия, включения муфты ускоренного хода, приведения в действие счетчика циклов и создания необходимого давления в буферном устройстве отвода стола. Избыток масла используется для смазки и охлаждения режущего инструмента.

Очистка масла осуществляется пластинчатым и войлочным фильтрами, а удаление мелких металлических частиц достигается магнитным сепаратором, установленным в сборнике стружки сзади станка. Магнитный

сепаратор представляет собой ящик, с уложенными 12-ю кольцевыми постоянными магнитами.

Гидравлическая схема станка изображена на рис. 3.9. Гидропривод работает по следующему циклу: зажим изделия, подвод стола; отвод стола и отжим изделия.

После включения насоса в положении "1" рукоятки золотника управления изделие отжато и стол находится в крайнем правом положении. Переводом рукоятки в положение "2" изделие зажимается посредством пружины, а масло из поршневой части сливается в бак. В положении "3" рукоятки осуществляется подвод стола, скорость которого регулируется дросселем. Стол движется до жесткого упора, прижимая зубчатый сектор к кулачку *A*. Затем включается главный электродвигатель.

После рабочего хода (нарезание одного зуба) кулачок *A* через зубчатый сектор отводит стол на 12 мм, а кулачок *B* включает золотник муфты холостого хода, стол подходит к люльке и начинается обработка следующего зуба.

После нарезания всех зубьев необходимо перевести рукоятку золотника управления последовательно в положение "2" (стол отведен) и "1" (изделие отжато).

В гидроприводе применяется масло "Турбинное" и "Индустриальное-20" (50 л). При включении насоса необходимо проверить направление вращения вала насоса в соответствии со стрелкой на его корпусе.

Автоматический счетчик циклов. Счетчик циклов предназначен для отсчета числа нарезанных зубьев (или числа оборотов распределительного вала), сообщаемых ему гидравлически, и остановки станка после отсчета установленного числа импульсов.

Механизм счетчика собран в корпусе 1 (рис. 3.10). Он состоит из лимба 3 с храповиком 10, посаженных на одном валу. Храповое колесо приводится в движение от гидроцилиндра 7 через плунжер 8, рычаг 9 и собачку 11. Команда на возвратно-поступательное перемещение плунжера 8 подается от кулачка распределительного вала через золотник Г74-21 (рис. 3.9). Храповое колесо в повернутом положении удерживается фиксирующей собачкой 12, хвостовик которой соединен с якорем электромагнита.

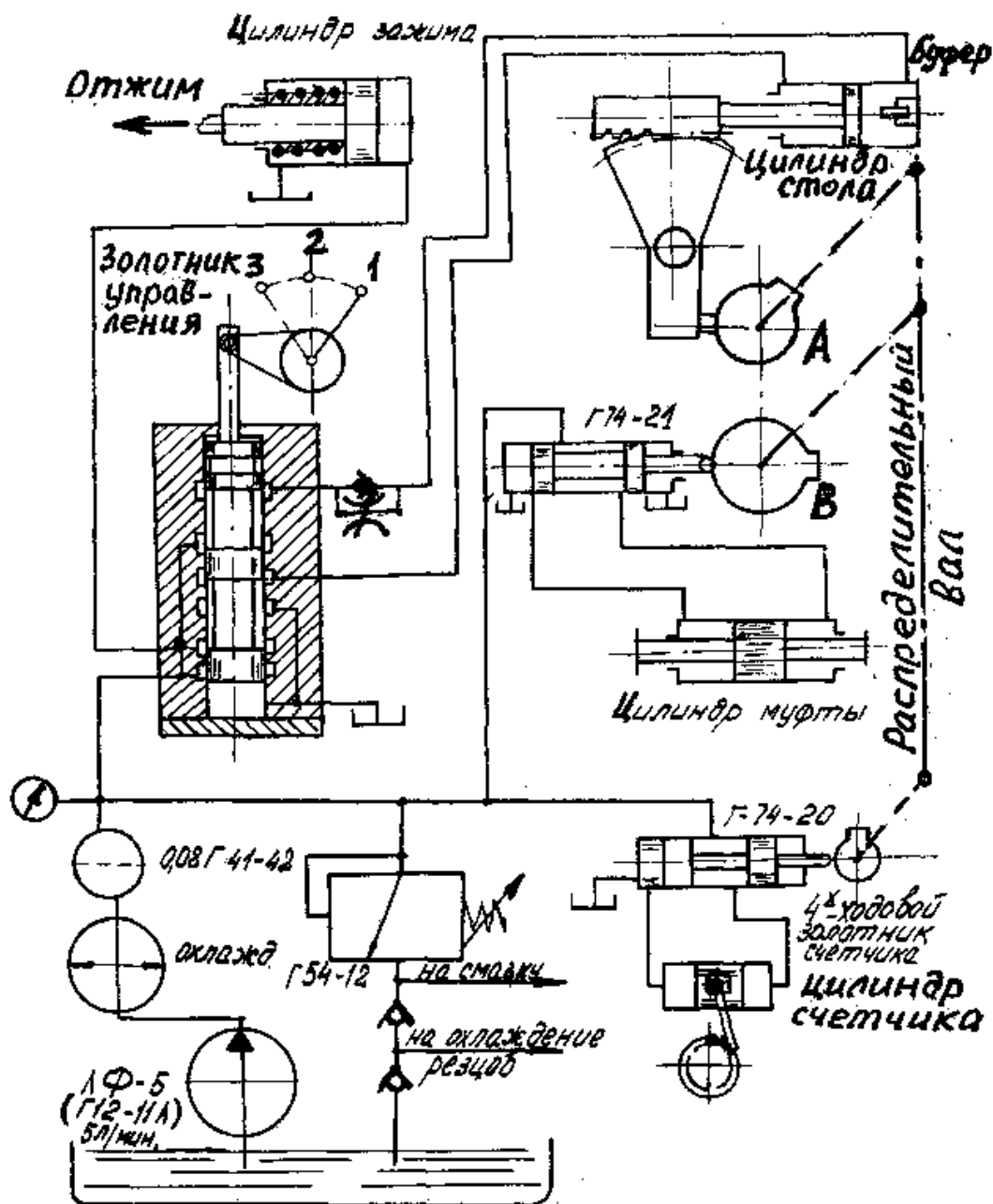


Рис. 3.9. Гидравлическая схема станка модели 5П23БП

В конце счёта импульсов упор 15 нажимает через собачку 14 на кнопку микропереключателя 16, благодаря чему происходит остановка станка.

Для наладки счетчика необходимо:

- 1) отпустить стопорный винт 5 и, нажимая на рычаг 6 книзу, расцепить мелкозубую муфту 4;
- 2) нажать рычаг 6 кверху, при этом стрелка на торце валика муфты должна занять вертикальное положение острием кверху;
- 3) установить счетный диск лимба 3 на требуемое число циклов против указателя 2;
- 4) сцепить мелкозубую муфту и затянуть стопор 5.

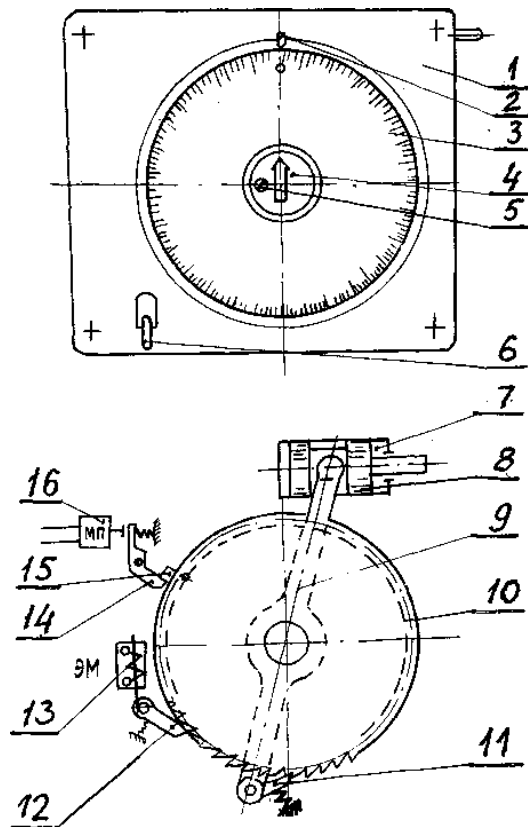


Рис. 3.10. Счетчик циклов:

- 1 - корпус; 2 - указатель; 3 - лимб; 4 - мелкозубая муфта;
 5 - стопор; 6 - рычаг; 7 - цилиндр счетчика; 8 - плунжер;
 9 - рычаг; 10 - храповик; 11 - рабочая собачка;
 12 - фиксирующая собачка; 13 - электромагнит;
 14 - ограничительная собачка; 15 - упор; 16 - микропереключатель

Механизм привода резцов. Через приводную шестерню 4, установленную на центральном валу люльки (рис. 3.11), осуществляется вращение пальца эксцентрика 3. Далее движение преобразуется через шатунно-кривошипный механизм (шатун 2 и диск 1) в возвратно-поступательное движение резцов.

Для регулирования длины хода резцов необходимо свинтить гайку 7, расцепить мелкозубую муфту 6, легким ударом по торцу подать валик 3 вперед, провернуть валик с помощью шлицевой муфты 6, установив длину хода в мм, соответствующую делениям на муфте, сцепить муфту и затянуть гайку 7.

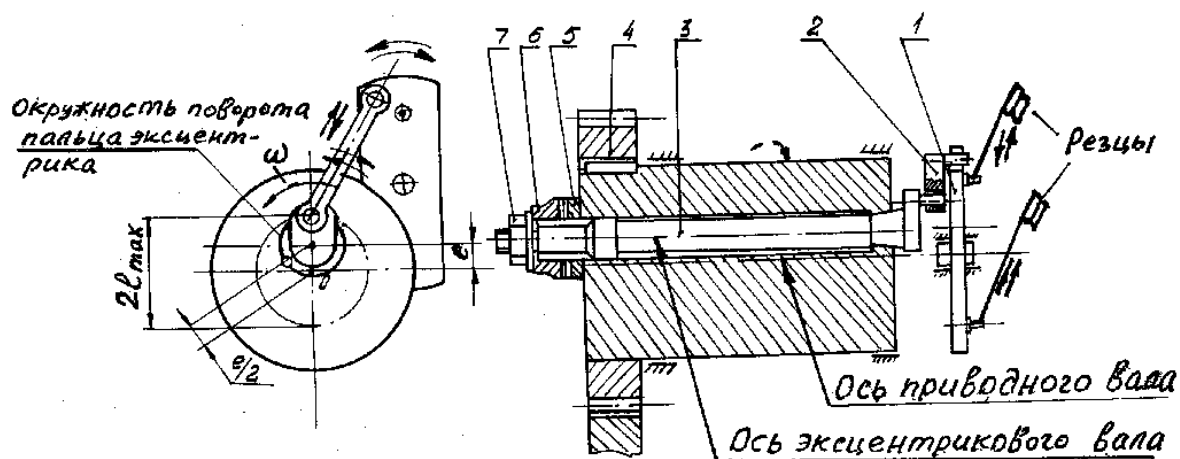


Рис. 3.11. Схема работы механизма привода резцов:
 1 - приводной диск; 2 - шатун; 3 - эксцентриковый вал регулирования
 длины хода резцов; 4 - приводная шестерня; 5 - мелкозубая муфта;
 6 - шлицевая втулка со шкалой; 7 - гайка

Калибры и приборы для наладки станка. При наладке станка 5П23БП применяются калибры, изображенные на рис. 3.12.

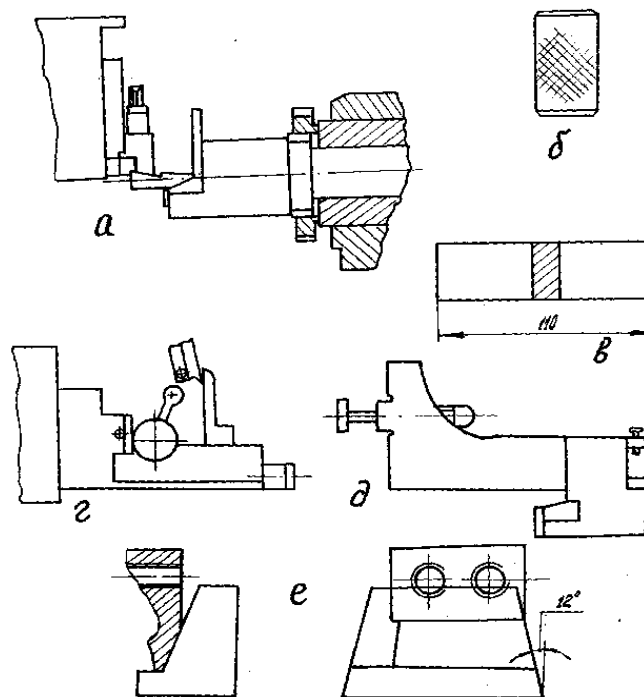


Рис. 3.12. Калибры для наладки станка модели 5П23БП:
 а - контркалибр для проверки установки резцов; б - стержневой калибр;
 в - калибр для проверки установки "О" шкалы подвода бабки изделия;
 г - калибр для установки строгальных резцов или резцов резцовой головки по высоте;
 д - калибр для установки резцов; е - калибр для проверки заточки резцов

3.2. Наладка станка 5П23БП на выполнение операции нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями

3.2.1. Установка резцов на угол зуба (в минутах)

$$\omega = 3436 \cdot (S/2 + h_n \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \gamma / L_e,$$

где S - толщина зуба по начальной окружности;

h_n - высота ножки зуба;

α - профильный угол исходного контура;

L_e - длина образующей делительного конуса;

γ - угол ножки зуба;

ω - угол конусности зуба при нарезании резцами.

Установка производится после ослабления гаек на торце люльки поворотом за квадрат соответственно верхнего и нижнего резцового суппорта на требуемый угол по шкале с нониусом. Затем необходимо затянуть гайки.

В случае двухпроходной нарезки на чистовую обработку оставляется припуск добавочным углом установки суппортов.

3.2.2. Установка резцов по калибру

Производится в целях совмещения линий перемещения режущей кромки резца с плоскостью, проходящей через центр станка. Для верхнего и нижнего резцов предназначены свои калибры.

Проверку прилегания режущей кромки и вершины резца к плоскости установочного калибра рекомендуется производить на краску или на просвет.

3.2.4. Установка угла люльки

Повернуть вручную станок до совмещения риски на диске распределительного вала с риской "центр обкатки". Если люлька не стоит против деления "0", то, сняв ведомую шестерню гитары обкатки и надев вместо нее на вал специальную рукоятку, установить нуль люльки. Затем установить сменную шестерню на место.

3.2.5. Установка сменных зубчатых колес гитар обкатки, деления, подачи и скорости резания

После установки необходимо проверить правильность набора сменных колес гитар деления и обкатки. Для этого повернуть станок вручную до положения, когда при рабочем ходе люлька повернется на какое-либо целое значение. Освободить зажим на диске гидрозажима изделия (рис. 3.7) и поставить диск на нуль. Повернуть снова станок так, чтобы люлька повернулась от замеченного положения на поверочный угол обкатки

люльки. Показание на диске цилиндра зажима должно быть равно поворочному углу обкатки изделия. Величины поворочных углов указываются в наладочной карте. Если нет совпадения, то надо проверить наборы сменных шестерен гитар деления и обкатки.

3.2.6. Установка бабки изделия на угол внутреннего конуса

Осевая установка бабки изделия производится по шкале 3 (рис. 3.7) на величину "к", указанную в наладочной карте, предварительно установив заготовку на оправку. При черновом нарезании к величине осевой установки добавляется величина припуска.

а) При нарезании в один проход (чистовой) двухпроходный механизм установить на нуль. Если нарезание производится в два прохода (черновой и чистовой), то при черновом проходе механизм установить на величину припуска по лимбу.

б) При нарезании зубчатых колес с $\varphi < 70^\circ$ необходимо установить угол сегмента на нуль посредством винтового механизма (механизм для комбинированного нарезания выключен). При $\varphi \geq 70^\circ$ повернуть лимб на угол наклона сегмента, указанный в наладочной карте и установить соответствующий кулачок для комбинированного способа нарезания на распределительный вал.

в) Проверить правильность вертикальной установки шпинделя изделия по стержневому калибру.

г) Если угол качания люльки недостаточен (стол отходит раньше, чем окончится снятие стружки) или очень велик, то необходимо пересчитать сменные шестерни гитар деления и обкатки, взяв другое число z_i (при малом угле φ число z_i надо увеличить, и наоборот).

3.2.7. Включение станка

После включения гидропривода переводом рукоятки осуществляется зажим заготовки и подвод стола, затем включают главный двигатель.

3.2.8. Пример заполнения наладочной карты

Линейные величины (определяемые с точностью до 5 знака) при внесении в наладочную карту следует округлять до второго знака, а угловые величины (определяемые с точностью до секунды) – до одной минуты.

Угол зацепления α рекомендуется принимать равным 20° .

Ширина зубчатого венца выбирается равной не более $0,3 \cdot L_e$.

Для обеспечения постоянного радиального зазора в конической подаче вершина наружного конуса " O_1 " не должна совпадать с общей вершиной начального и внутреннего конусов " O " (рис. 3.13).

Установка на глубину резания, равную высоте зуба ($h = 2,2m$), производится посредством лимба и отводом стола при угле качания люльки $\theta \approx 0$ (среднее положение люльки).

Заполнение карты наладки (табл. 3.5) производится на основании данных чертежа зубчатого колеса (шестерни) (рис. 3.14).

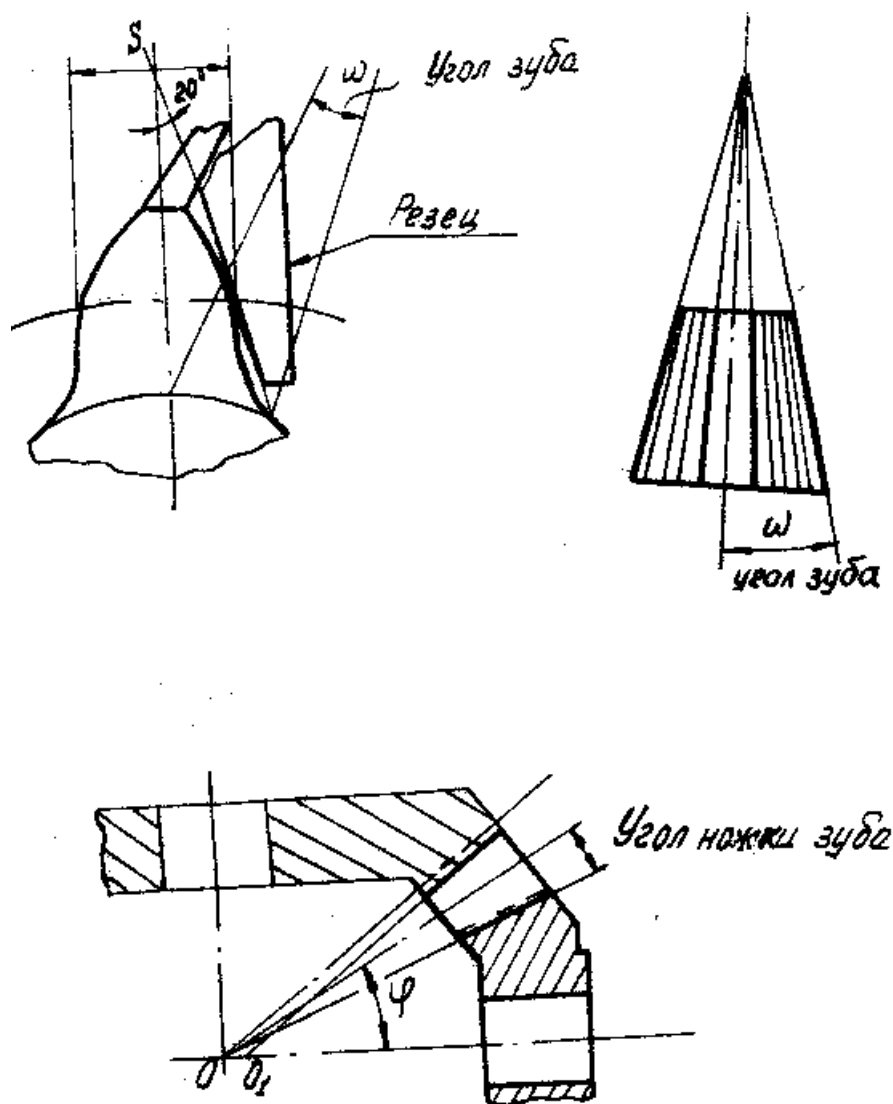


Рис. 3.13. Обозначение параметров нарезаемых зубьев

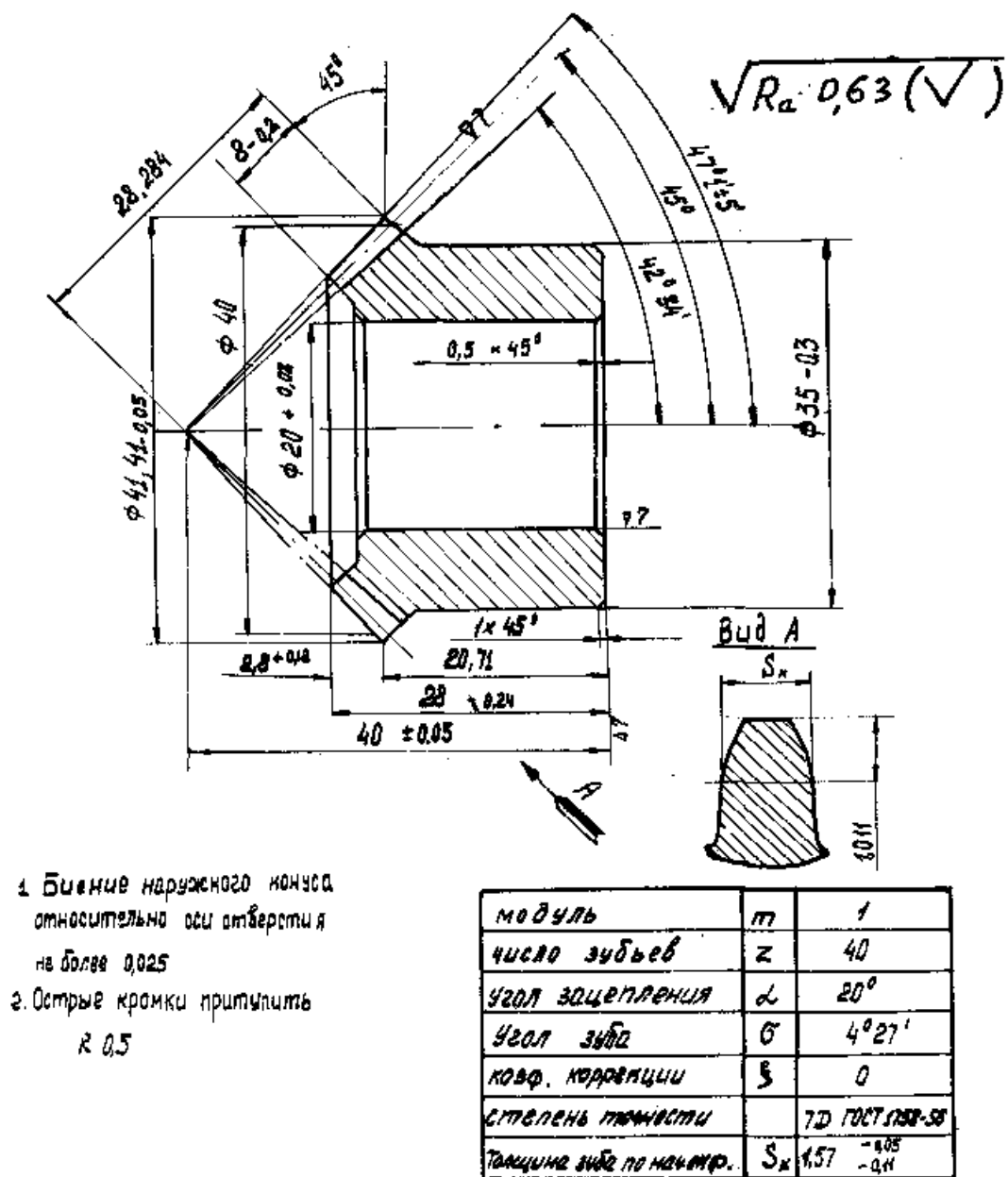


Рис. 3.14. Чертёж конического зубчатого колеса
(материал - латунь ЛС59-1)

Таблица 3.5 - Пример карты наладки станка

№ п/п	Наименование	Формула	Значения
1.	Модуль, мм	по чертежу m	1
2.	Число нарезаемых зубьев	по чертежу z	40
3.	Угол профиля исходного контура	по чертежу α	20°
4.	Угол начального конуса	по чертежу φ	45°
5.	Высота головки зуба, мм	по чертежу h_g	1,011
6.	Высота ножки зуба, мм	по чертежу h_n	1,189
7.	Полная высота зуба, мм	по чертежу h	2,2
8.	Толщина зуба, мм	по чертежу S	$1,57^{-0.05} = 1,49^{-0.11}$
9.	Число зубьев плоского колеса	$z_{пл} = z/\sin\varphi$	56,5685
10.	Длина образующего конуса, мм	по чертежу Le	28,284
11.	Длина хода резцов, мм	$b + l$	$8 + 8 = 16$
12.	Число проходов	-	один
13.	Угол конусности зуба, минут	$\omega = (3436(S/2 + h_n \cdot \operatorname{tg} \alpha))/Le$	$143.081' = 2^\circ 23'$
14.	Угол внутреннего конуса		
15.	Размер оправки, мм	размер "B"	68,6
16.	Осевая установка, мм	$K = A + B$	$40 + 68,6 = 108,6$
17.	Угол качания люльки при нарезании шестерни	$Q_{ш} = \arccos(\cos\varphi_{нар}/\cos\varphi_{вн}) + 600/z_{пл};$ $Q_{ш} = 30^0$	
	при нарезании колеса, при $\varphi < 70^\circ$	$Q_k = \arccos(\cos\varphi_{нар}/\cos\varphi_{вн}) + 600/z_{пл};$ $Q_k = 30^0$	
	при нарезании колеса при $\varphi \geq 70^\circ$	$Q_k = 0,8 \arccos(\cos\varphi_{нар}/\cos\varphi_{вн}) + 720/z_{пл};$	
18.	Винтовой механизм	номер кулака $\operatorname{tg} \lambda = (0.2h + 1)/30$	5П23А 42057 0°
19.	Число пропускаемых при делении зубьев	$z_1 = (\theta z_{пл}/210) + 2$	$((30.56.5685)/210)$ $+2=10$ приним. $z = 11$
20.	Сменные шестерни обкатки	$(a/b) \cdot (c/d) = (3z_i)/z$	$(a/b) \cdot (c/d) = (73/56) \cdot (34/76)$
	деление	$(k/l) \cdot (m/n) = (3z_i)/z$	$(k/l) \cdot (m/n) = 33/40$
	скорости	$A/B = (3/100)n_{двх}$	A/B=61/31
	подачи	$(e/f) \cdot (q/h) = 6,6/t_p$	$(e/f) \cdot (q/h) = (61/79) \cdot (54/86)$
21.	Поверочный угол обкатки	$Q_{ппр} = 20^\circ$	
	для люльки принято	$Q = (20^0 z_{пл})/L$	$28^\circ 17'$
	Изменение S (мм) при изменении φ на $10'$	$\Delta S_\omega = 0,0058 \operatorname{tg} \alpha Le$	0,0597
	Изменение S (мм) при изменении угла конусности зуба на $10'$	$\Delta S_\omega = 0,003 Le$	0,0848

3.3. Порядок выполнения работы

1) Изучить схемы и методы нарезания конических зубчатых колес, особенности конструкций зубострогальных резцов.

2) Изучить общее устройство станка, технологические возможности, кинематическую схему, расположение и назначение органов настройки.

3) Изобразить кинематическую цепь, расчетные перемещения и записать уравнение кинематического баланса для заданного преподавателем вида движения станка.

4) Произвести наладку станка (с заполнением карты наладки) по заданию преподавателя, нарезать зубья на заготовке конического зубчатого колеса, осуществить контроль обработанной детали.

5) Заполнить таблицу режимов резания

№ п/п	Обрабатываемый материал	Скорость резания V , м/мин	Число двойных ходов $n=1000 \cdot V/[2 \cdot (b+l)]$	Время обработки одного зуба t_p , с
1.	Латунь ЛС59-1	28	$875 \approx 800$	13,6
2.	...	...	...	...

6) Определить время обработки

- машинное:

$$T_m = (t_p + 4,7) \cdot z;$$

- штучное:

$$T_{шт} = T_m + T_{всп}.$$

3.4. Содержание отчета

1) Наименование работы.

2) Цель работы.

3) Кинематическая схема исполнительного движения, уравнение кинематического баланса.

4) Эскиз нарезаемого конического зубчатого колеса.

5) Таблица наладки.

6) Выводы по результатам контроля обработанной детали.

3.5. Вопросы для самоконтроля

1) Схемы и методы нарезания конических зубчатых колес.

2) Принципы работы основных узлов станка 5П23БП.

3) Кинематические цепи и расчетные перемещения формообразующих движений станка 5П23БП.

4) Последовательность настройки и наладки станка 5П23БП на операцию зубострогания.

5) Особенности контроля и проверки зубчатых колес.

4. Лабораторная работа № 7

ГОРИЗОНТАЛЬНО ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК 6Р81Г

Цель работы: изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка, освоение приемов наладки и настройки станка, получение практических навыков работы на станке.



4.1. Изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка 6Р81Г

4.1.1. Назначение станка

Горизонтальные консольно-фрезерные станки предназначены для фрезерования различных деталей сравнительно небольших размеров в основном цилиндрическими, дисковыми, угловыми, фасонными и модульными фрезами в условиях индивидуального и серийного производства, наличие поворотного стола позволяет нарезать на валах винтовые канавки. С применением в качестве приспособления делительной головки возможно нарезание прямозубых и косозубых зубчатых колес, используя в качестве режущего инструмента дисковые модульные фрезы.

4.1.2. Техническая характеристика станка

Габаритные размеры, мм.....	1470x1975x1610
Масса, кг.....	3200
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола, мм:	
наименьшее.....	50
наибольшее.....	410
Расстояние от оси шпинделя до хобота ползуна, мм.....	142
Размеры рабочей поверхности стола, мм.....	1000 x 250
Наибольшее угловое перемещение стола.....	$\pm 45^\circ$
Цена одного деления шкалы поворота.....	1°
Перемещение стола на одно деление лимба, мм:	
продольное.....	0,05
поперечное.....	0,05
вертикальное.....	0,025
Посадочный конус шпинделя.....	7:24
Мощность электродвигателей, кВт:	
шпинделя.....	5,8
подачи.....	1,5
Количество частот вращения шпинделя.....	16
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	63...2000
Количество величин подач стола.....	16
Пределы величин подач стола, мм/мин:	
продольных (ускоренных)...	35...1200 (2900)
поперечных (ускоренных)....	28...790 (2300)

4.1.3. Основные узлы и органы управления

Общий вид станка 6Р81Г изображен на рис. 4.1 - 4.3. Станок состоит из следующих основных узлов:

1 - станина;	6 - стол;
2 - электродвигатель главного привода;	7 - шпиндель;
3 - коробка скоростей;	8 - хобот ползуна;
4 - коробка подач;	9 - оправка шпинделя;
5 - консоль;	10 - кронштейн.

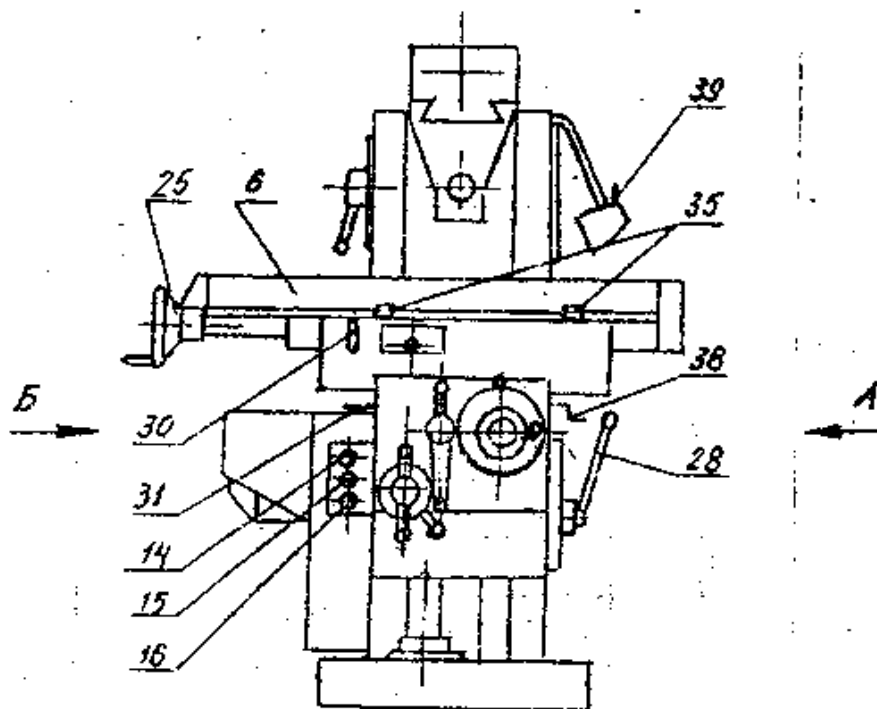


Рис. 4.1. Общий вид станка 6Р81Г

вид А

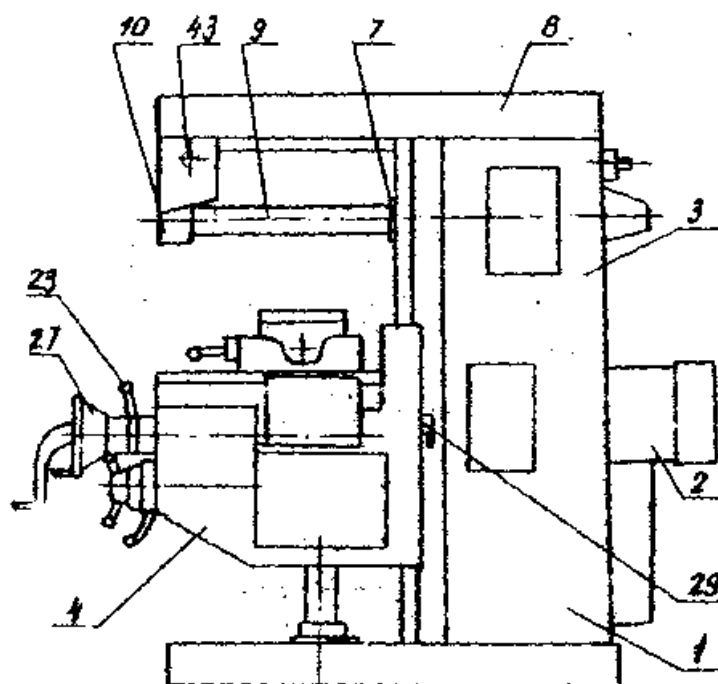


Рис. 4.2. Общий вид станка 6Р81Г (продолжение)

Вид Б

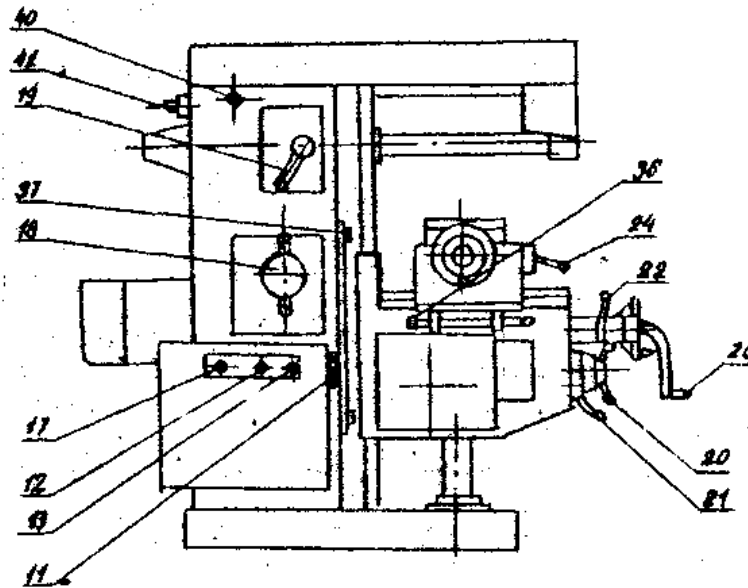


Рис. 4.3. Общий вид станка 6P81Г (окончание)

Органы управления показаны на рис. 4.1-4.3:

- 11 - автоматический выключатель электроэнергии;
- 12 - выключатель электронасоса охлаждения;
- 13 - переключатель направления вращения шпинделя;
- 14 - кнопка "Пуск шпинделя";
- 15 - кнопка "Пуск подачи";
- 16 - кнопка "Общий стоп";
- 17 - кнопка "Толчок шпинделя";
- 18 - рукоятка переключения скоростей шпинделя;
- 19 - рукоятка переключения перебора шпинделя;
- 20 - рукоятка переключения перебора коробки подач;
- 21 - рукоятка переключения подач стола;
- 22 - рукоятка включения механической вертикальной подачи;
- 23 - то же – поперечной;
- 24 - то же – продольной;
- 25 - маховик ручного продольного перемещения;
- 26 - рукоятка ручного вертикального перемещения стола;
- 27 - маховик ручного поперечного перемещения стола;
- 28 - рукоятка включения ускоренной подачи стола во всех направлениях;
- 29 - рукоятка закрепления стола от вертикального перемещения;
- 30 - то же – от продольного перемещения;
- 31 - то же – от поперечного перемещения;
- 35 - упоры выключения продольного механического перемещения стола;

- 36 - то же – поперечного перемещения;
37 - то же – вертикального перемещения;
38 - рукоятка привода ручного насоса смазки;
39 - выключатель местного освещения;
40 - шестигранник перемещения хобота;
41 - то же – для закрепления хобота;
43 - гайка закрепления серьги.

4.1.4. Кинематика станка

Кинематическая схема станка 6Р81Г изображена на рис. 4.4

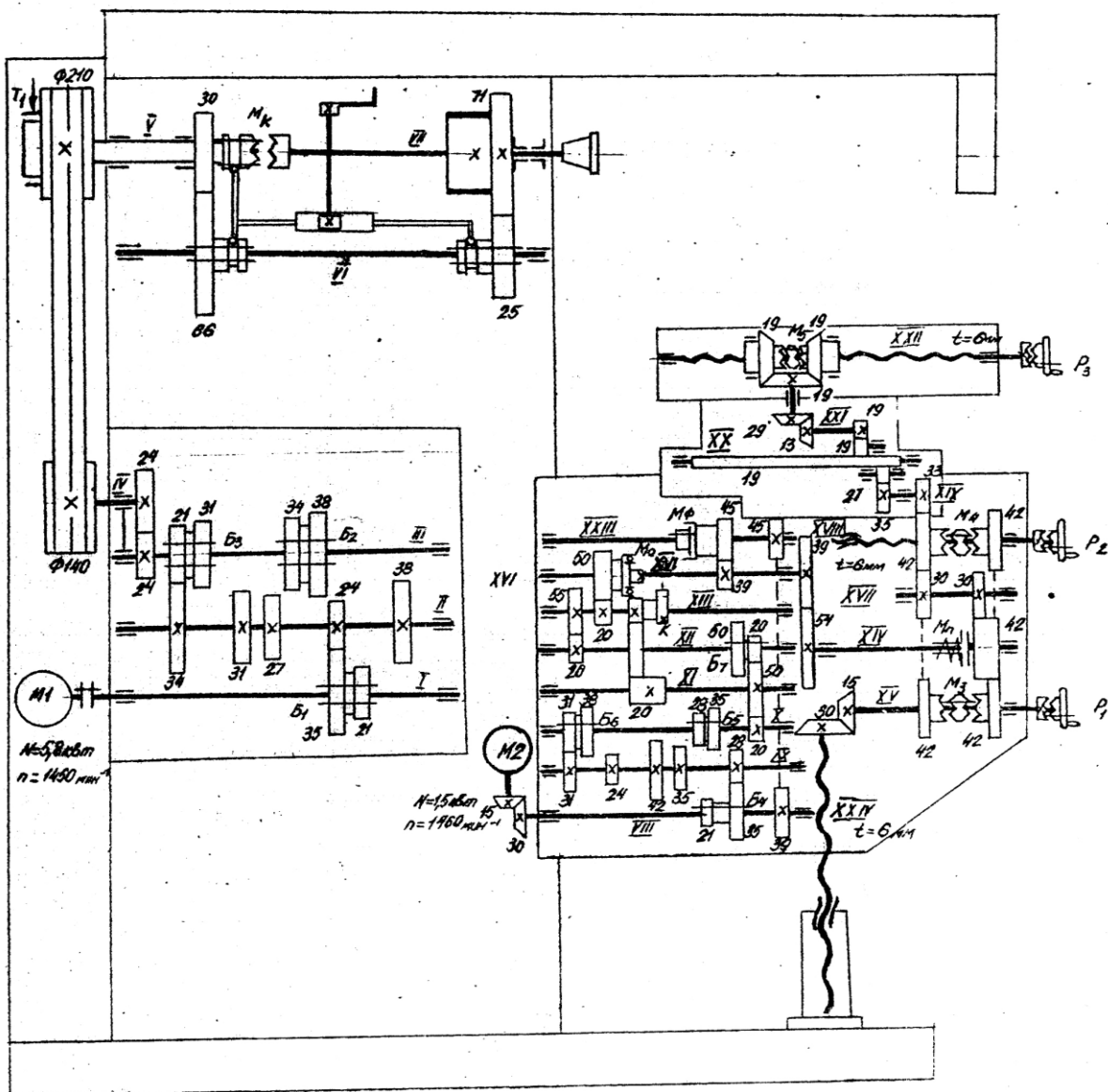


Рис. 4.4. Кинематическая схема станка 6Р81Г

Главное движение. Главным движением в станке является вращение шпинделя, которое он получает от электродвигателя $M1$ ($N = 5,8 \text{ кВт}$; $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$) через двойной блок $B1$ (зубчатые колеса 35, 21) вала I, вал II посредством зубчатых колес 24 или 38, вал III посредством колес 34, 31, 27, 24 и двух блоков $B2$ (27, 31) и $B3$ (34, 38). Затем вращение передается через зубчатую передачу 24 – 24 на вал IV, ременную передачу 140 – 210, вал V. От вала V на шпиндель VI вращение может передаваться либо напрямую включением муфты M_K , либо переборный вал VII и зубчатые передачи 30 – 60 и 25 – 71. Таким образом, на шпинделе обеспечивается 16 ступеней частот вращения.

Расчетные перемещения главного движения:

$$n_{эд, \text{ мин}^{-1}} \rightarrow n_{шп, \text{ мин}^{-1}}.$$

Уравнение кинематического баланса для максимальной частоты вращения шпинделя:

$$n_{шп \text{ max}} = 1450 \cdot 35/24 \cdot (34/27) \cdot 24/24 \cdot (140/210) \cdot 0,985 = 1830,6 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

Движение подач. Движение подач осуществляется от электродвигателя $M2$ ($N' = 1,5 \text{ кВт}$; $n' = 1450 \text{ мин}^{-1}$), через коническую передачу 15 – 30 передается валу VIII коробки подач, и далее – через зубчатые колеса и блоки $B4$, $B5$, $B6$, $B7$ и валы IX, X, XI, XII, XIII через обгонную муфту M_o валу 14 на выход коробки подач, обеспечивая 16 различных величин подачи, и через передачу 39 – 45 – на вал XIV с предохранительной муфтой $M_{п.}$. Включением соответствующих муфт $M3$, $M4$ или $M5$ обеспечивается механическое перемещение стола соответственно в вертикальном (S_v), поперечном ($S_{поп}$), и продольном ($S_{пр}$), направлениях. При этом вращение передается на ходовые винты XVIII, XXII или XXIV, посредством которых вращательные движения преобразуются в поступательные перемещения в соответствующих направлениях.

Расчетные перемещения:

$$n'_{эд, \text{ мин}^{-1}} \rightarrow S_v, \text{ мм/мин};$$

$$n'_{эд, \text{ мин}^{-1}} \rightarrow S_{поп}, \text{ мм/мин};$$

$$n'_{эд, \text{ мин}^{-1}} \rightarrow S_{пр}, \text{ мм/мин}.$$

Уравнение кинематического баланса для максимальной величины вертикальной подачи:

$$S_v \text{ max} = 1450 \cdot 15/30 \cdot (35/28) \cdot 35/28 \cdot (20/50) \cdot 50/20 \cdot (20/55) \cdot 20/50 \cdot (39/54) \cdot 42/42 \cdot (15/30) \cdot 6 = 367 \text{ (мм/мин)}.$$

Ускоренное перемещение осуществляется от вала VIII через зубчатые колеса 39 – 45, муфту M_{ϕ} и передачу 45 – 39 – далее на одну из соответствующих подач (вертикальную, поперечную или продольную).

Ручные установочные перемещения осуществляются от маховиков P_1 , P_2 либо P_3 .

4.2. Наладка станка 6Р81Г на выполнение фрезерной операции

4.2.1. Общие сведения

Наладка станка для фрезерования поверхностей включает следующие мероприятия:

- 1) закрепляют инструмент (фрезу) на оправке 9 (рис. 4.2), которую, в свою очередь устанавливают на шпинделе 7 или непосредственно в конусе Морзе шпинделя; свободный конец оправки размещают в кронштейне 10;
- 2) заготовку устанавливают и закрепляют в зажимном приспособлении, либо непосредственно на столе;
- 3) последовательно кнопками 12, 13, и 14 (рис. 4.1 - 4.3) включают шпиндель;
- 4) вращением маховиков 25, 26, 27 подводят стол до касания обрабатываемой поверхности детали с вращающейся фрезой;
- 5) посредством маховика 25 стол отводят в сторону, в зависимости от выбранного направления рабочего движения при помощи маховиков 25, 26, 27 и закрепленных на них лимбов устанавливают глубину резания и величину хода подачи;
- 6) включением механической подачи в выбранном направлении с заданными режимами производят обработку.

4.2.2. Расчет режимов резания при фрезеровании

Необходимая частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле

$$N = (1000 \cdot V) / (\pi D_{фр}),$$

где V - скорость резания; $D_{фр}$ - диаметр фрезы.

Режимы резания для различных материалов приведены в справочной литературе [3].

После определения расчетной частоты вращения шпинделя на станке устанавливают ближайшее меньшее значение частоты вращения, имеющееся в таблице положения рукояток 18, 19 на коробке скоростей (рис. 4.2, 4.3).

Величины подач определяются из справочной литературы [3] и устанавливаются на станке переключением соответствующих рукояток 20, 21 (рис. 4.3) коробки подач. Данные о величинах подач и соответствующих им положениях рукояток приведены в таблице на станке.

4.2.3. Порядок выполнения работы

- 1) Изучить общее устройство станка, технологические возможности, кинематическую схему, расположение и назначение органов настройки.
- 2) Изобразить кинематическую цепь, расчетные перемещения и записать уравнения кинематического баланса для заданного преподавателем движения станка.

3) Сравнить кинематическую схему станка 6Р81Г со схемой вертикально-фрезерного станка с ЧПУ 6Р13ФЗ (рис. 4.5) и охарактеризовать принципиальные отличия в их кинематике [5, 6, 7].

4) Произвести наладку станка по заданию преподавателя, выполнить обработку поверхности заготовки, осуществить контроль полученных размеров детали.

4.2.4. Содержание отчета

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Кинематическая схема исполнительного движения, уравнение кинематического баланса.
- 4) Эскиз обрабатываемой детали и наладки на фрезерную операцию.
- 5) Данные для настройки станка.

Таблица 4.1 - Режимы резания и данные по инструменту

Вид обработки	Инструмент			Материал детали	Глубина резания t , мм	Подача S , мм	Скорость резания V , м/мм	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹
	Тип	Диаметр, мм	Материал					

- 6) Выводы по работе.

4.2.5. Вопросы для самопроверки

- 1) Принципы работы основных узлов станка 6Р81Г и его технологические возможности.
- 2) Кинематические цепи и расчетные перемещения формообразующих движений станка.
- 3) Отличительные особенности кинематики станков 6Р81Г и станка с ЧПУ 6Р13ФЗ.
- 4) Виды и особенности режущих инструментов для фрезерования.

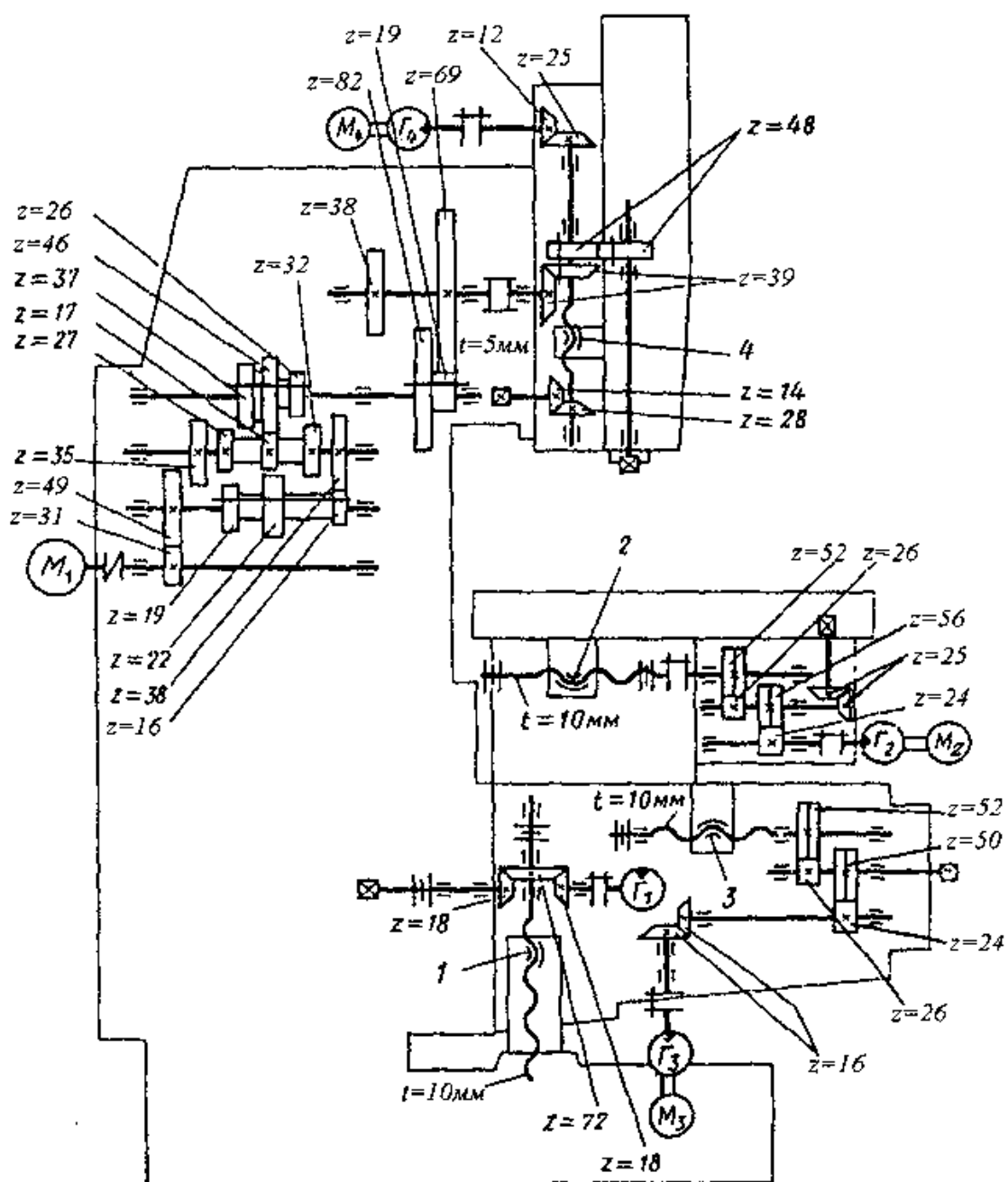


Рис. 4.5. Кинематическая схема станка с ЧПУ 6P13Φ3

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Колев Н.С. Металлорежущие станки / Н.С. Колев, Л.В. Красниченко, Н.С. Никулин. - М.: Высш. шк., 1980. – 500 с.
2. Лоскутов В.В. Зубообрабатывающие станки / В.В. Лоскутов, А.Г. Ничков. - М.: Машиностроение, 1978. - 192 с.
3. Панов А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /Под ред. А.А. Панова. - М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
4. Зубострогальный полуавтомат для нарезания конических колес с прямыми зубьями мод. 5П23БП повышенной точности. Руководство по эксплуатации, ЦБТИ. - Саратов, 1974. - 146 с.
5. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: учеб. пособие для студ. вузов /А.О. Харченко. - К.: ВД "Професіонал", 2004. – 304 с.
6. Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учеб. пособие / А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 260 с.
7. Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учеб. пособие ISBN-online: 975-5-16-102790-5 (размещение в ЭБС Znaniium.com: 17.03.2015) <http://www.znaniium.com/catalog.php?bookinfo=502151>
8. Charchenko A. Obrabiarki i urzadzenia technologiczne w produkcji elastycznej/ A.Charchenko, Swic A., Taranenko W. - Lublin, Polska: Politechnirf Lubelska, 2011. - 299 p.

**ОБОРУДОВАНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Часть 2

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Составители: **Харченко** Александр Олегович,
Владецкая Екатерина Александровна

Редактор – О.В. Дмитриева

Изд. № 45/18. Объем 3,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»