



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

В.И. Глубокий
А.А. Бжезинский

ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Учебно-методическое пособие



Минск 2003

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Металлорежущие станки и инструменты"

В.И. Глубокий
А.А.Бжезинский

ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Учебно-методическое пособие
по дисциплине "Технологическое оборудование"
для студентов машиностроительных специальностей

Минск 2003

621.9

~~УДК 621.2.91.45 (075.8)~~

~~ББК 34.630.07 я 7~~

Г 55

Рецензент – д-р техн. наук, профессор Н.В.Спиридонов

Глубокий В.И.

Г 55 **Зубообрабатывающие станки: Учебно-метод. пособие по дисц. "Технологическое оборудование"** для студ. машиностроит. спец. / В.И. Глубокий, А.А. Бжезинский. – Мн.: БНТУ, 2003. – 56 с.

ISBN 985 – 479 – 008 – 8.

Учебно-методическое пособие по дисциплине "Технологическое оборудование" предназначено для студентов машиностроительных специальностей.

В пособии рассматриваются принципы работы и особенности кинематики зубообрабатывающих станков. Излагается методика проведения лабораторных работ по настройке зубодолбежных и зубофрезерных станков для нарезания цилиндрических зубчатых колес и зубострогальных станков для нарезания конических колес.

УДК 621.2.91.45 (075.8)

ББК 34.630.07 я 7

ISBN 985 – 479 – 008 – 8

© Глубокий В.И.,
Бжезинский А.А., 2003

Введение

Зубообрабатывающие станки широко используются в машиностроительном производстве. На этих станках могут обрабатываться различные зубчатые колеса. Для нарезания цилиндрических зубчатых колес обычно применяются зубодолбежные и зубофрезерные станки, для нарезания червячных колес – зубофрезерные станки и для обработки конических колес – зубострогальные станки, а также зуборезные станки с резовыми фрезерными головками.

Зубообрабатывающие станки имеют более сложный процесс формообразования и более сложную кинематическую структуру по сравнению с универсальными металлорежущими станками. Это связано с тем, что для нарезания зубчатых колес необходимы, кроме главного движения резания и движения подачи, еще движения обкатки, а также деления, дифференциальное и др., в зависимости от вида нарезаемого колеса. Поэтому кинематика зубообрабатывающих станков включает кинематические цепи главного движения резания, подач и обкатки, а также деления, дифференциала, угла обката, управления и др., в зависимости от типа станка. При наладке этих станков указанные кинематические цепи обычно настраиваются с помощью гитар сменных колес.

1. ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 5М14

1.1. Назначение и технологические возможности станка

Зубодолбежный станок модели 5М14 предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес внешнего и внутреннего зацепления методом обкатки. На станке можно обрабатывать колеса с винтовыми зубьями, для чего на ползун станка устанавливаются винтовые направляющие и косозубый долбяк.

Наиболее целесообразной областью применения станка является нарезание блоков зубчатых колес, колес с внутренним зацеплением и зубчатых секторов, обработка которых на зубофрезерных станках невозможна или нежелательна.

1.2. Компоновка и основные узлы станка

Станок имеет вертикальную компоновку. На общем виде станка (рис.1.1) указаны: 1 – станина, 2 – гитара обкатки, 3 – шпиндель с долбяком, 4 – стол с заготовкой, 5 – штоссель, 6 – стойка с направляющими суппорта, 7 – гитара круговой подачи, 8 – механизм настройки глубины врезания, 9 – долбежный суппорт, 10 – гитара радиальной подачи, 11 – механизм врезания, 12 – механизм ручного привода кулачка, 13 – кулачок врезания долбяка.

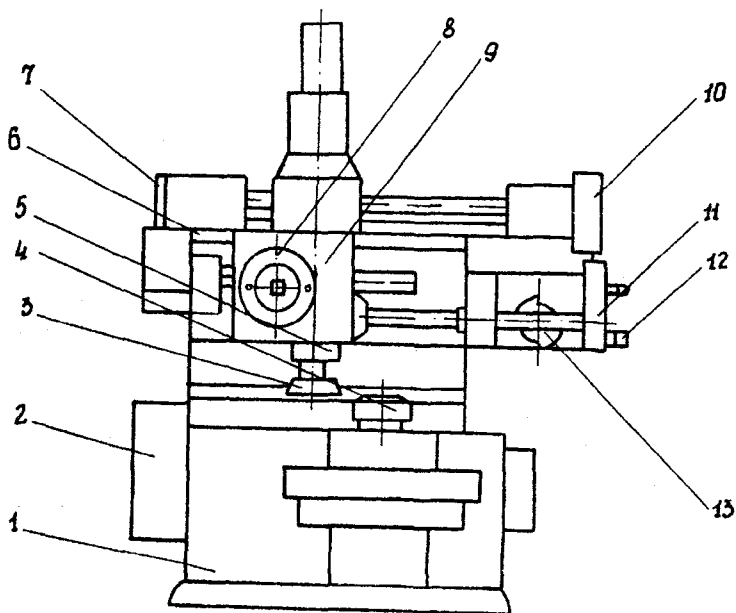


Рис. 1.1. Общий вид зубодолбежного станка

1.3. Техническая характеристика станка

1.3.1. Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	6
1.3.2. Наибольший диаметр вершин зубьев нарезаемого колеса, мм	400
1.3.3. Наибольший диаметр вершин зубьев нарезаемого колеса с внутренними зубьями, мм	550

1.3.4. Наибольшая ширина нарезаемого венца, мм	105
1.3.5. Номинальный делительный диаметр долбяка, мм	100
1.3.6. Количество ступеней двойных ходов долбяка	4
1.3.7. Пределы чисел двойных ходов долбяка в минуту	125...400
1.3.8. Число круговых подач	7
1.3.9. Пределы круговых подач долбяка (при делительном диаметре долбяка 100 мм), мм/двойной ход	0,1...051

1.4. Процесс нарезания зубчатого колеса

Нарезание колес на зубодолбежном станке ведется по методу обкатки. Имитируются движения передачи цилиндрических зубчатых колес, одно из которых – долбяк, другое – заготовка (рис.1.2).

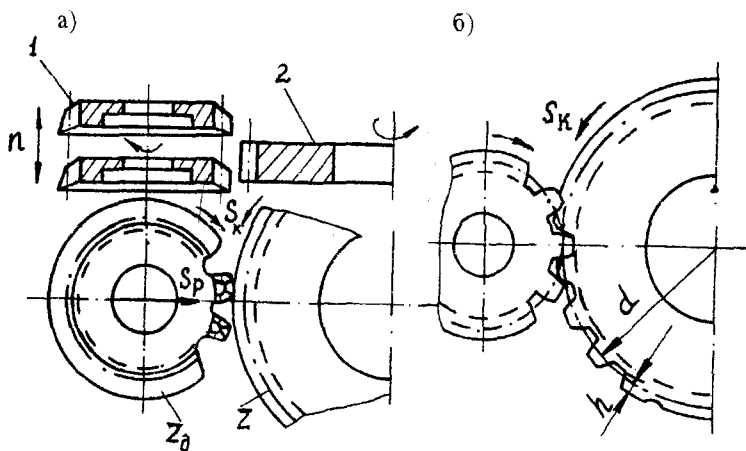


Рис. 1.2. Схема нарезания колес долбяком

На столе станка устанавливается заготовка 2, и ей сообщается вращательное движение (движение обкатки и деления). Долбяк 1 совершает возвратно-поступательное движение параллельно оси заготовки (движение резания или главное движение) и вращательное движение (движение обкатки и круговую подачу). Вращательное движение заготовки должно быть согласовано с вращательным движением долбяка как движения обкатки посредством передаточного отношения имитируемой пары зубчатых колес. Долбяк подводится до касания с заготовкой, после

чего он автоматически перемещается в направлении к заготовке (радиальная подача S_p) до врезания на полную глубину зуба h .

Процесс резания совершается только при рабочем ходе долбяка. При его обратном (холостом) ходе стол с заготовкой автоматически отводится от долбяка для предотвращения трения зубьев долбяка о заготовку и его износа по задней поверхности. К началу рабочего хода стол автоматически возвращается в исходное положение.

1.5. Кинематическая схема станка (рис.1.3)

1.5.1. Цепь главного движения

Конечные звенья цепи: электродвигатель М1 и штоссель, несущий шпиндель с долбяком.

Расчетные перемещения: n , мин⁻¹, электродвигателя $\rightarrow n$ двойных ходов штосселя с долбяком в минуту.

Уравнение кинематического баланса

$$1410 \times \frac{100}{280} \times i_{\text{кк}} = n,$$

где $i_{\text{кк}}$ – передаточное отношение коробки скоростей.

Формула настройки

$$i_{\text{кк}} = \frac{n \times 280}{1410 \times 100} = \frac{n}{504}.$$

Число двойных ходов долбяка определяется в зависимости от выбранной скорости резания V (м/мин) и величины хода долбяка L в мм по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \times V}{2 \times L},$$

где $L = b + 2k$;

b = ширина зубчатого венца, мм;

$k = 3 \dots 5$ мм – величина перебега долбяка.

По найденному числу двойных ходов подбирается ближайшее число из ряда, имеющегося на станке: 125, 179, 265, 400 дв.х./мин.

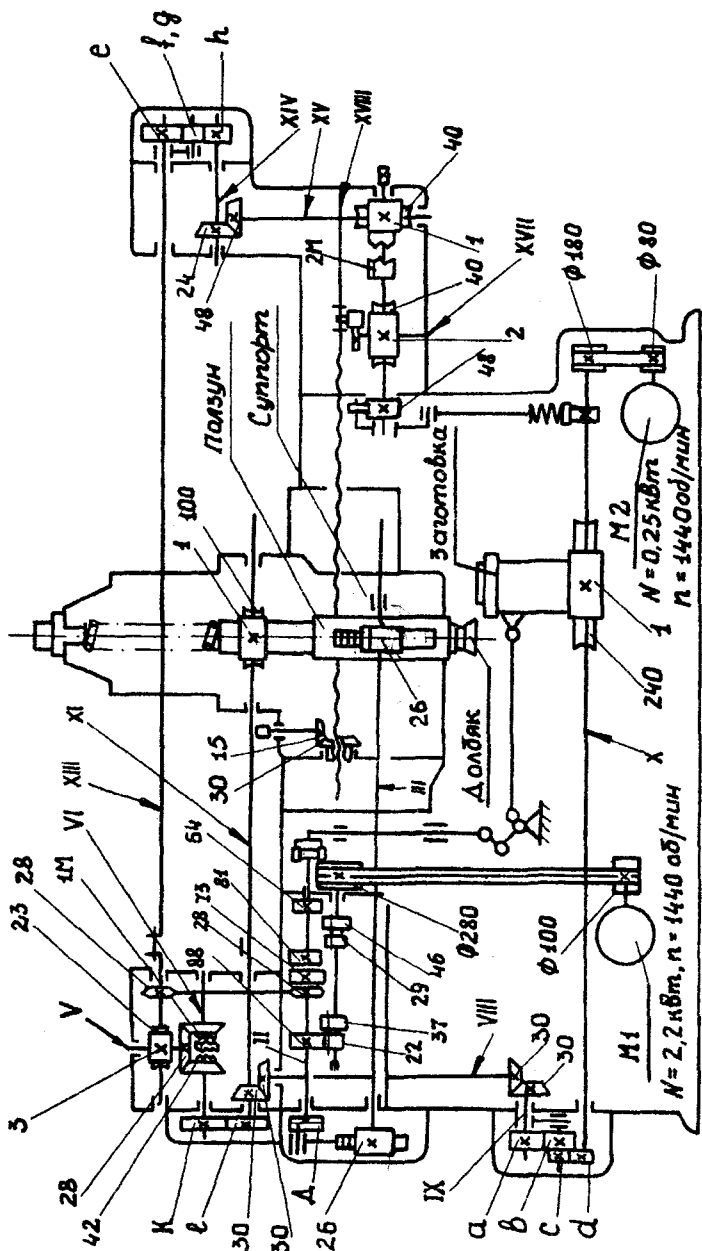


Рис. 1.3. Кинематическая схема станка

1.5.2. Цепь круговой подачи

Круговой подачей S_k называется длина дуги начальной окружности долбяка, на которую он поворачивается за время одного хода.

Конечные звенья цепи: штоссель, совершающий при одном обороте диска D один двойной ход, и шпиндель, получающий вращение от червячной передачи $1/100$.

Расчетные перемещения: 1 дв. ход штосселя $\rightarrow S_k$, мм, поворота шпинделя с долбяком, отсчитываемого по начальной окружности.

Ввиду того, что 1 двойной ход долбяка совершается за время одного оборота кривошипного диска D (см. рис. 1.3), уравнение кинематического баланса цепи круговой подачи имеет вид

$$1 \times \frac{28}{28} \times \frac{3}{23} \times \frac{28}{42} \times \frac{\kappa}{l} \times \frac{1}{100} \times \pi \times m \times Z_D = S_k,$$

где $\pi \times m \times Z_D$ — длина начальной окружности долбяка.

Формула настройки

$$i_k = \frac{\kappa}{l} = \frac{366 \times S_k}{m \times Z_D},$$

при этом должно быть $\kappa + l = 89$.

Имеющийся на станке комплект сменных колес позволяет подобрать семь различных круговых подач. В табл. 1.1 указаны сменные колеса κ и l в зависимости от требуемой величины круговой подачи.

Т а б л и ц а 1.1

Сменные зубчатые колеса гитары круговых подач

Подача, мм/дв.х.	0,51	0,44	0,35	0,3	0,24	0,21	0,17
Число зубьев κ	58	55	50	47	42	39	34
Число зубьев l	31	34	39	42	47	50	55
Число дв.х./оборот	628	729	897	1028	1287	1475	1860

1.5.3. Цепь обкатки (деления)

Цепь обкатки служит для согласования вращения долбяка с числом зубьев Z_d и обрабатываемого колеса с числом зубьев Z .

Конечные звенья цепи: шпиндель с долбяком и стол с заготовкой.

Расчетные перемещения: 1 об. шпинделя с долбяком $\rightarrow Z_d/Z$ оборотов стола с заготовкой.

Уравнение кинематического баланса

$$1 \times \frac{100}{1} \times \frac{30}{30} \times \frac{30}{30} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{1}{240} = \frac{Z_d}{Z}.$$

Формула настройки

$$i_o = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{2,4 \times Z_d}{Z}.$$

Для настройки станка имеется набор сменных колес гитары обкатки с числами зубьев: 20, 23, 24, 25, 26, 30, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 55, 58, 60, 62, 65, 70, 74, 80, 85, 90, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 120.

1.5.4. Цепь радиальной подачи (врезания)

Радиальной подачей называется перемещение долбяка к заготовке в радиальном направлении за один двойной ход долбяка. Радиальная подача измеряется в мм/дв.ход.

Конечные звенья: штоссель, получающий возвратно-поступательное движение от диска D , и долбежный суппорт, получающий перемещение от кулачка радиальной подачи.

Расчетные перемещения: 1 дв. ход штосселя с долбяком $\rightarrow S_p$, мм, перемещение долбежного суппорта.

Уравнение кинематического баланса

$$1 \times \frac{28}{28} \times \frac{e}{f} \times \frac{g}{h} \times \frac{24}{48} \times \frac{1}{40} \times \frac{2}{40} \times H = S_p.$$

Формула настройки

$$i_p = \frac{e}{f} \times \frac{g}{h} = \frac{1600 \times S_p}{H},$$

где H – подъем кулачка в пересчете на 360° , мм.

Радиальная подача обеспечивается сменными кулачками (рис.1.4), которые могут быть одно-, двух- и трехпроходными.

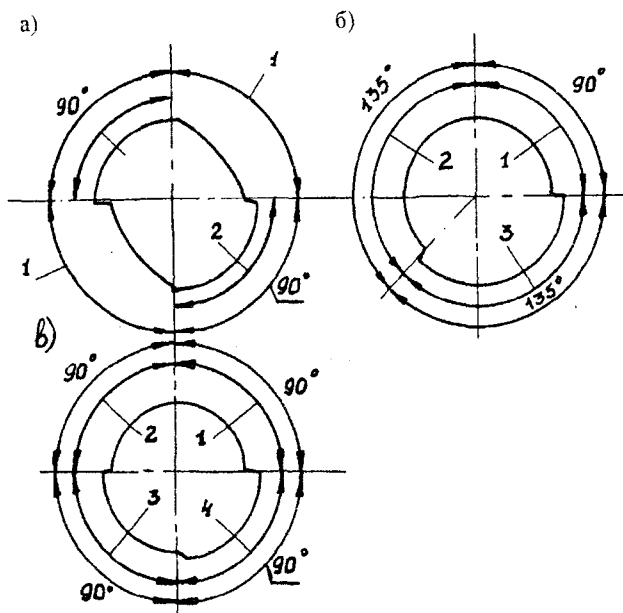


Рис. 1.4. Кулачки:

1 – участок врезания; 2,3,4, – участки обкатки

При однопроходном кулачке обработка осуществляется за один оборот заготовки, при двухпроходном – за два оборота, при трехпроходном – за три оборота, а кулачок поворачивается на 90° или 270° без учета врезания.

Однопроходной кулачок применяется при нарезании колес из мягкой стали модулем до 2 мм, а также большим значением модуля после черного нарезания. Двухпроходной кулачок применяется

при нарезании колес модулем до 5 мм из сталей средней твердости. Трехпроходной кулачок применяется при нарезании колес модулем свыше 5 мм, а также с меньшим модулем из твердых сталей с повышенной точностью профиля нарезаемых колес.

1.5.5. Механизм врезания

Радиальная подача осуществляется только в процессе врезания долбяка в заготовку. При достижении требуемой глубины врезание автоматически выключается и одновременно включается счетный механизм станка, контролирующий число полных оборотов заготовки.

Автоматическое управление механизмом врезания (рис.1.5) происходит следующим образом. В начале врезания ролик 11 находится во впадине кулачка 12. При вращении кулачка, в связи с увеличением радиуса точек его профиля, ролик 11 перемещает вправо вал 13 и суппорт, благодаря чему происходит врезание долбяка в заготовку. Вращение кулачка 12 происходит от вала 1 через сменные зубчатые колеса *e, f, g, h*, коническую передачу 2, червяк 3, червячное колесо 4 (свободно сидящее на валу 15) с зубчатой полумуфтой 16 на торце. 16 на торце.

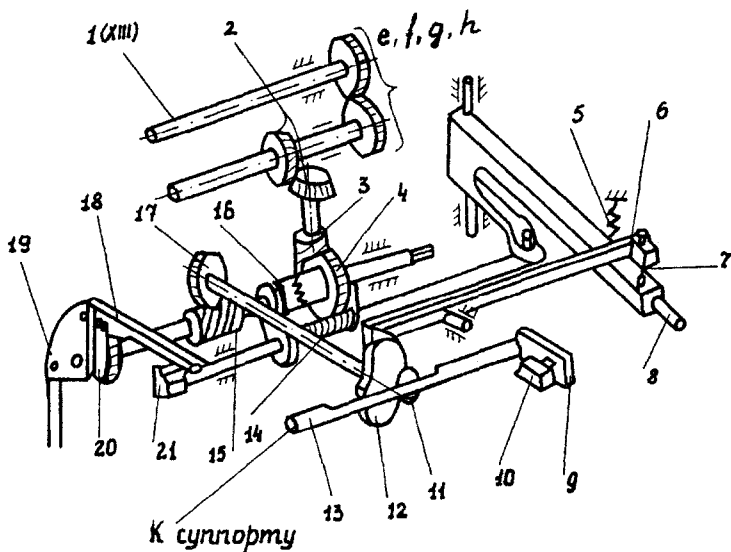


Рис. 1.5. Механизм врезания

При перемещении полумуфты 16 вправо вращение передается червячной передаче 17 и кулачку 12. Перед началом врезания рычаг 8 переводится вправо под выступ фиксатора 7, и включается муфта 16. Одновременно с этим сухарь 21 поднимает собачку 18 и удерживает ее от соприкосновения с храповым колесом 20. Рычаг 6, несущий фиксатор, покоится на выступе, который находится на торцовой поверхности кулачка 12.

По окончании врезания рычаг 6 соскакивает с этого выступа, а поднятый пружиной 5 фиксатор 7 освобождает рычаг 8. Под действием пружины 14 он перемещается влево, выключает муфту 16 и отводит влево сухарь 21. Собачка 18 опускается на храповое колесо 20 и начинает его поворачивать благодаря качательному движению сектора 19.

При каждом качании собачки храповое колесо поворачивается на один зуб и через вал 15 и червячную передачу 17 передает вращение кулачку 12. Качательное движение сектору 19 сообщается от эксцентрика на валу привода вращения заготовки. По окончании врезания вал 13 не будет иметь осевого перемещения, так как радиус-вектор кривой кулачка будет постоянным. В конце цикла обработки ролик опускается во впадину кулачка, а вал 13 под действием своей пружины переместится вместе с суппортом влево и, нажав упором 9 на конечный выключатель 10, остановит станок.

1.6. Содержание лабораторной работы

1.6.1. Изучить метод нарезания зубчатых колес на станке модели 5M14.

1.6.2. Изучить кинематическую схему станка.

1.6.3. Ознакомиться с основными узлами и органами управления станка.

1.6.4. Выполнить расчет настройки на нарезание колеса с заданными параметрами.

1.6.5. Установить инструмент, заготовку, сменные колеса.

1.6.6. Нарезать зубчатое колесо.

1.6.7. Составить отчет о выполненной работе,

1.7. Порядок настройки станка

1.7.1. По заданному числу зубьев Z и модулю m определить начальный диаметр, диаметр вершин зубьев и высоту зубьев нарезаемого колеса.

1.7.2. Определить число двойных ходов в минуту долбяка.

1.7.3. Рассчитать передаточные отношения гитар сменных колес кинематических цепей, подобрать сменные колеса и установить их в станке.

1.7.4. Установить заготовку и долбяк.

1.7.5. Установить величину хода долбяка (рис.1.6), для чего отпустить гайку 4 кривошипного пальца, винтом 1 переместить кривошипный палец по радиусу диска 3 с отсчетом по шкале 2 и затянуть гайку.

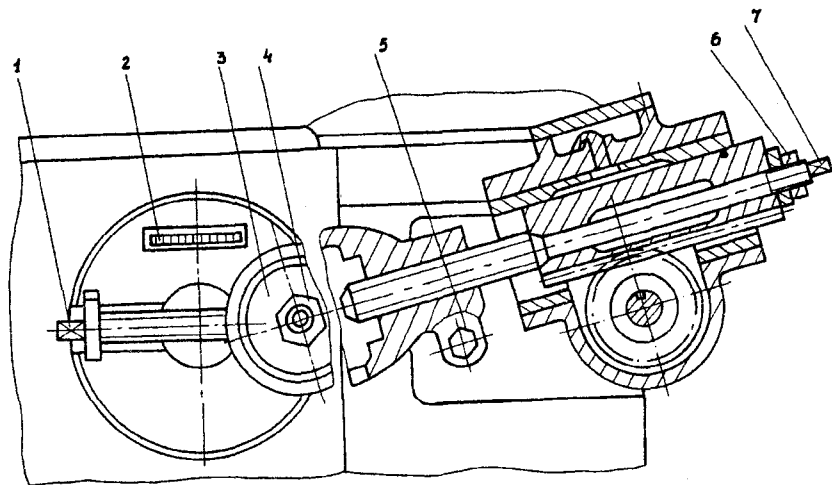


Рис.1 6. Кривошипно-шатунный механизм

1.7.6. Установить положение хода долбяка относительно заготовки, для чего отпустить винт 5 и гайку 6 (см. рис.1.6), вращением винта 7 добиться требуемого положения долбяка и затянуть винт 5 и гайку 6.

1.7.7. Установить глубину врезания, для чего вращением валика механизма 12 ручного привода кулачка (см. рис. 1.1) установить

кулачок 13 в положение максимального врезания, включить станок, отпустить два винта механизма 8 настройки глубины врезания, подвести долбяк до касания с заготовкой, вращением валика механизма 12 повернуть кулачок до западания ролика во впадину и по лимбу механизма 8 набрать необходимую глубину.

1.7.8. Включить станок кнопкой пуска и рукояткой включить механизм врезания 11 (см. рис.1.1).

1.7.9. Нарезать зубчатое колесо.

1.7.10. Составить отчет со схемой процесса нарезания зубчатых колес и расчетами кинематических цепей.

1.8. Контрольные вопросы

1.8.1. Технологические возможности зубодолбежных станков.

1.8.2. Принцип метода обкатки и его реализация при нарезании зубчатых колес на зубодолбежном станке.

1.8.3. Движения, сообщаемые долбяку и заготовке, и их функциональное назначение.

1.8.4. Написать расчетные перемещения и уравнения балансов кинематических цепей.

1.8.5. Основные этапы настройки зубодолбежных станков.

1.9. Содержание отчета

1.9.1. Данные о нарезаемом зубчатом колесе: материал, число зубьев Z , модуль m , начальный диаметр d_w , диаметр вершин зубьев d_a , ширина венца b .

1.9.2. Данные о долбяке: модуль m , число зубьев Z_d .

1.9.3. Режимы резания: скорость резания V , число двойных ходов долбяка n , радиальная подача S_p , круговая подача S_k .

1.9.4. Схема нарезания зубчатого колеса долбяком.

1.9.5. Расчеты настройки кинематических цепей.

2. ЗУБОФРЕЗЕРНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ МОДЕЛИ 53А30

2.1. Назначение и технологические возможности полуавтомата

Универсальный зубофрезерный полуавтомат модели 53А30 предназначен для нарезания червячными фрезами методом обкатки прямозубых и косозубых зубчатых колес, звездочек и шлицевых валиков в условиях серийного, мелкосерийного и индивидуального производства. Станок используется для получистовой обработки зубьев и для окончательной обработки колес по 6...7 степени точности.

Полуавтомат имеет комплекс электрических блокировок и сигнализации, поэтому исключаются аварийные ситуации и дается полная информация о ходе выполнения цикла обработки детали.

2.2. Компоновка и основные узлы станка

Станок имеет вертикальную компоновку. В состав полуавтомата входят (рис.2.1): станина 1, передняя стойка 2, ограждение 3, коробка подач 4, пульт управления 5, коробка скоростей 6, салазки суппорта 7, суппорт 8, задняя стойка 9, стол 10, механизм подвода стола 11, система смазки 12, дифференциал 13, гидропривод 14, электрооборудование 15, система охлаждения 16 и магнитный транспортер стружки 18 с редуктором 17.

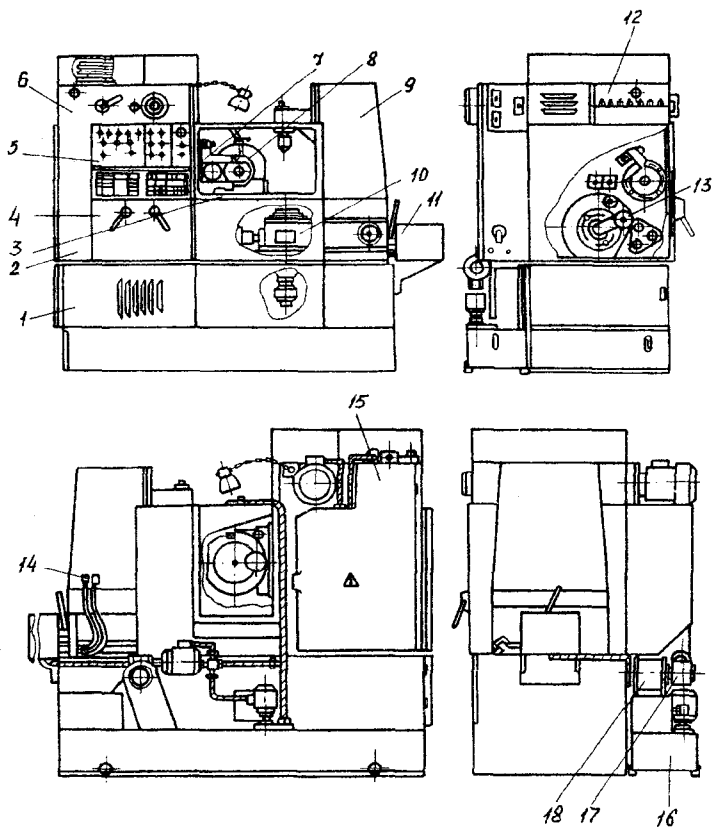


Рис. 2.1. Общий вид полуавтомата

2.3. Технические характеристики полуавтомата

2.3.1. Класс точности	H
2.3.2. Наибольший диаметр нарезаемого колеса, мм	320
2.3.3. Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм:	
прямозубых	220
косозубых (в зависимости от угла наклона зубьев колеса β)	80...150
2.3.4. Наибольший модуль нарезаемых колес, по СТ СЭВ 310-76, мм	6
2.3.5. Наибольший угол наклона зубьев нарезаемых колес, град	± 60

2.3.6. Количество ступеней частот вращения шпинделя фрезы	10
2.3.7. Пределы частот вращения шпинделя фрезы, мин ⁻¹	50...400
2.3.8. Пределы подач, мм/об	0,63...7,0
2.3.9. Мощность электродвигателя главного движения, кВт	3,2/4,2

2.4. Процесс нарезания зубчатого колеса

Формообразование цилиндрического зубчатого колеса по методу обкатки на зубофрезерном станке заключается в том, что в процессе обработки воспроизводятся движения червячной передачи, один элемент которой (червяк 1) является режущим инструментом, а другой (колесо 2) – заготовкой (рис. 2.2).

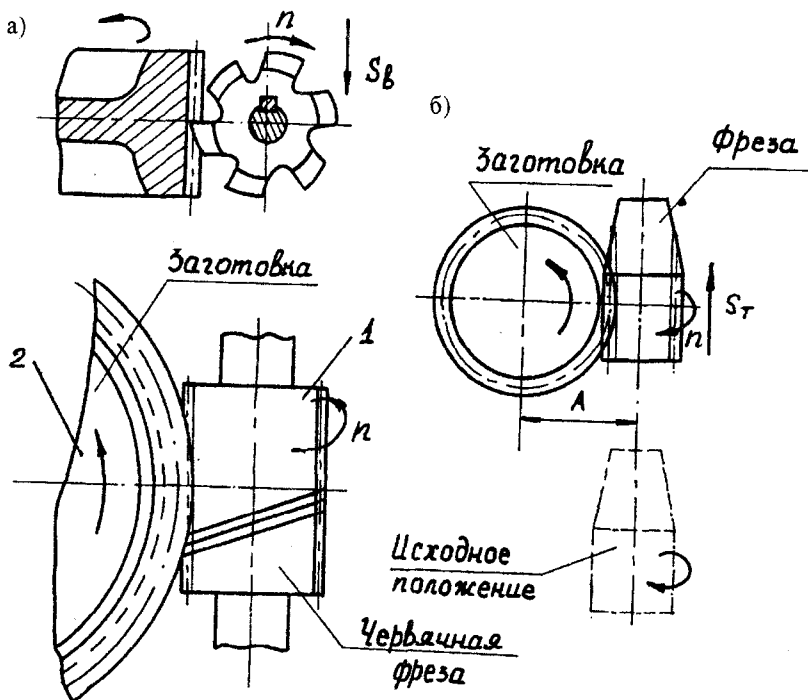


Рис.2.2. Схемы нарезания зубчатых колес

Для нарезания прямозубого колеса необходимо обеспечить следующие движения: вращение червячной фрезы, вращение заготовки и вертикальное перемещение фрезы.

Обкатка осуществляется цилиндрической червячной модульной фрезой, вращение которой обеспечивает одновременно главное движение резания и согласованное с вращением заготовки обкаточное движение. При этом вращательное движение заготовки является одновременно движением обкатки и деления.

Вертикальная подача фрезы осуществляется перемещением салазок суппорта по вертикальным направляющим передней стойки. Направление подачи может быть встречным и попутным. В винтовой передаче привода осевых подач предусмотрена автоматическая выборка люфта в обе стороны. Заготовка устанавливается на столе, движущемся по горизонтальным направляющим станины.

При нарезании косозубого колеса заготовке кроме делительного (обкаточного) движения сообщается дополнительное вращение, обеспечивающее образование винтовых зубьев.

Представим себе нарезаемое колесо настолько широким, что на нем разместится полный виток винтовой линии зуба (рис.2.3). При повороте заготовки на один оборот фреза перемещается вдоль ее оси на величину вертикальной подачи S_g . При этом фреза займет положение 2. Но для этого необходимо, чтобы заготовка повернулась дополнительно на величину ΔX . За второй оборот заготовки фреза должна переместиться по вертикали еще на величину S_g и т.д. Из рисунка видно, что $\Sigma \Delta X = \pi d$, а $\Sigma S_g = P$. Таким образом, для получения винтовых зубьев необходимо, чтобы за время перемещения фрезерного суппорта на шаг P нарезаемой спирали заготовка совершила один дополнительный оборот. При этом шпиндель изделия получает дополнительный поворот от цепи дифференциала.

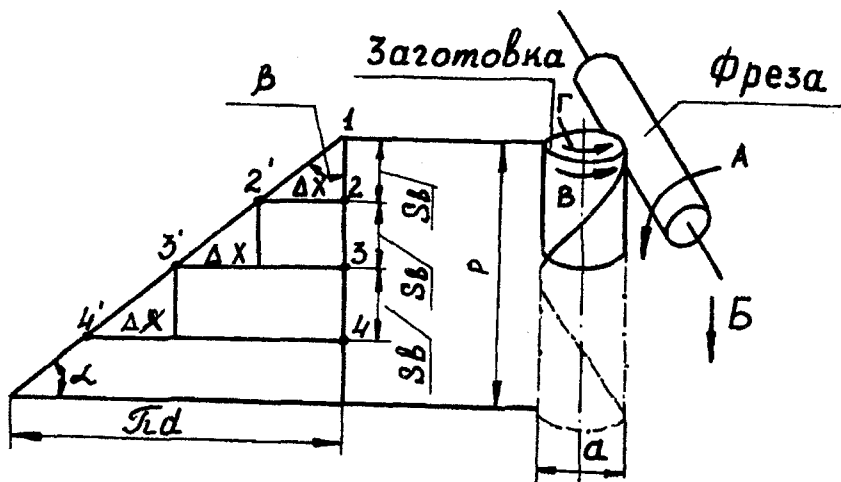


Рис. 2.3. Схема образования зубьев цилиндрического косозубого колеса

2.5. Кинематическая схема станка

2.5.1. Общие сведения

Особенностью кинематической схемы (рис.2.4) полуавтомата является наличие коробки скоростей, коробки подач и механизма подвода стола. В цепи главного привода установлен двухскоростной электродвигатель.

В целях повышения крутильной жесткости и точности кинематических цепей главный электродвигатель установлен на передней стойке, дифференциал выполнен из цилиндрических колес, делительная пара имеет увеличенное число зубьев, шпиндели изделия и инструмента установлены на прецизионных подшипниках качения.

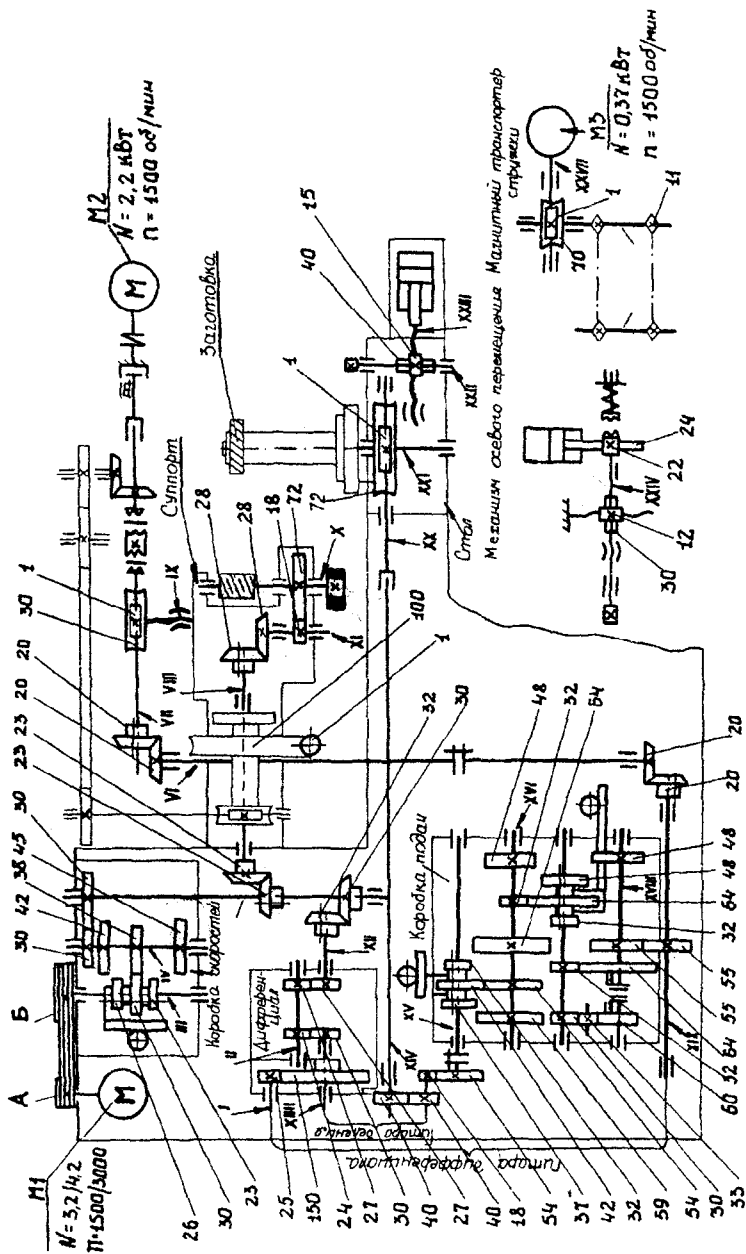


Рис. 2.4. Кинематическая схема полуавтомата

2.5.2. Цепь главного движения

Конечные звенья: электродвигатель М1 ($N = 3,2/4,2$ кВт) и шпиндель Х с фрезой.

Расчетные перемещения: $n_в$, об/мин, вала электродвигателя М1 → n , об/мин, шпинделя с фрезой.

Уравнение кинематического баланса

$$1440 \times \frac{A}{B} \times i_{кc} \times \frac{30}{30} \times \frac{23}{23} \times \frac{28}{28} \times \frac{18}{72} = n,$$

где A и B – диаметры сменных шкивов;

$i_{кc}$ – передаточное отношение коробки скоростей.

2.5.3. Цепь обкатки (деления)

Конечные звенья: шпиндель с фрезой и стол с заготовкой.

Расчетные перемещения: $1/K$ оборота шпинделя с фрезой → $1/Z$ оборота стола с заготовкой, где K – число заходов червячной фрезы, Z – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса цепи при обработке правыми фрезами

$$\frac{1}{K} \times \frac{72}{18} \times \frac{28}{28} \times \frac{23}{23} \times \frac{30}{32} \times i_{д} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{e}{f} \times \frac{1}{72} = \frac{1}{Z};$$

при обработке левыми фрезами

$$\frac{1}{K} \times \frac{72}{18} \times \frac{28}{28} \times \frac{23}{23} \times \frac{30}{32} \times i_{д} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{e}{f} \times \frac{40}{40} \times \frac{1}{72} = \frac{1}{Z},$$

где $i_{д}$ – передаточное отношение дифференциала;

a, b, c, d, e, f – сменные колеса гитары обкатки.

При $i_{д} = \frac{4}{5}$ и $\frac{e}{f} = \frac{48}{48}$ получается расчетная формула настройки

в виде

$$i_{\phi} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = 24 \times \frac{K}{Z}.$$

Набор сменных колес гитары обкатки и дифференциала: 25, 27, 30, 32, 33, 34, , 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 77, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 100.

2.5.4. Цепь вертикальной подачи

Вертикальная подача S_B – это перемещение фрезы вдоль оси заготовки за время одного оборота заготовки.

Конечные звенья: стол с заготовкой и фрезерный суппорт.

Расчетные перемещения: 1 оборот стола с заготовкой $\rightarrow S_B$, мм, вертикального перемещения фрезерного суппорта.

Уравнение кинематического баланса

$$1 \times \frac{72}{1} \times \frac{40}{40} \times \frac{18}{54} \times i_{kn} \times \frac{55}{55} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{20} \times \frac{1}{30} \times P_{x.v.} = S_B,$$

где i_{kn} – передаточное отношение коробки подач;

$P_{x.v.} = 6$ мм – шаг ходового винта привода суппорта.

2.5.5. Цепь дифференциала

Для нарезания косозубых колес необходимо выполнить условие, при котором за время перемещения фрезы на шаг нарезаемой спирали P заготовка совершает один оборот в направлении обкаточного движения или в противоположном ему направлении (в зависимости от направления спирали). Это движение является дополнительным к обкаточному и обеспечивается при помощи дифференциала.

Конечные звенья цепи: фрезерный суппорт и стол с заготовкой. Расчетные перемещения: P , мм, вертикального перемещения фрезерного суппорта $\rightarrow \pm 1$ дополнительный оборот стола с заготовкой.

Уравнение кинематического баланса при обработке правыми фрезами

$$\frac{P}{P_{X.B.}} \times \frac{30}{1} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{20} \times \frac{\kappa}{l} \times \frac{r}{s} \times \frac{25}{150} \times i_{д} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{e}{f} \times \frac{1}{72} = \pm 1;$$

при обработке левыми фрезами

$$\frac{P}{P_{X.B.}} \times \frac{30}{1} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{20} \times \frac{\kappa}{l} \times \frac{r}{s} \times \frac{25}{150} \times i_{д} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{e}{f} \times \frac{40}{40} \times \frac{1}{72} = \pm 1.$$

Так как для косозубых колес задаются угол β наклона линии зуба и нормальный модуль m_n , то величину шага P нарезаемой спирали колеса выражают через эти параметры (см. рис. 2.3):

$$P = \frac{\pi \times d}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Делительный диаметр нарезаемого колеса

$$d = m_t \times Z = \frac{m_n \times Z}{\cos \beta},$$

где m_t и m_n — соответственно торцовый и нормальный модуль нарезаемого колеса.

Таким образом:

$$P = \frac{\pi \times m_n \times Z}{\operatorname{tg} \beta \times \cos \beta} = \frac{\pi \times m_n \times Z}{\sin \beta}.$$

Подставив в уравнение кинематического баланса значения шага P и передаточных отношений дифференциала $i_{д} = \frac{1}{5}$ и цепи обкатки $i_{\frac{a}{b}} \times \frac{c}{d}$, получим расчетную формулу настройки гитары цепи дифференциала:

$$i_o = \frac{\kappa}{l} \times \frac{r}{s} = \frac{6 \times \sin \beta}{m_n \times K}.$$

Граничные условия настройки гитары дифференциала

$$\kappa + l > r + 25;$$

$$300 > \kappa + l + r + s > 226;$$

$$r + s > l + 25;$$

$$\kappa + l > 96;$$

$$r + s > 100.$$

2.5.6. Принцип работы дифференциала

Дифференциал (рис.2.5) выполнен из цилиндрических колес и смонтирован в расточке передней стойки. При нарезании косозубых колес обкаточное движение от конического зубчатого колеса передается на вал-шестерню 8, от нее через сателлиты 5 и 3 на вал-шестерню 9, являющуюся ведущим валом гитары обкатки. Дополнительное вращение передается от зубчатого колеса 2, находящегося на ведомом валу 1 гитары дифференциала, на колесо 10, связанное с корпусом 6 дифференциала, в котором на подшипниках установлен вал 4 с двумя сателлитами. При вращении корпуса дифференциала движение передается сателлитам, которые, вращаясь на валу 4, передают дополнительное вращение валу-шестерне 9. При этом происходит алгебраическое сложение двух движений: обкаточного и дополнительного. В этом случае передаточное отношение

$$\text{дифференциала } i_D = 1 - \frac{24}{30} \times \frac{47}{47} = \frac{1}{5}.$$

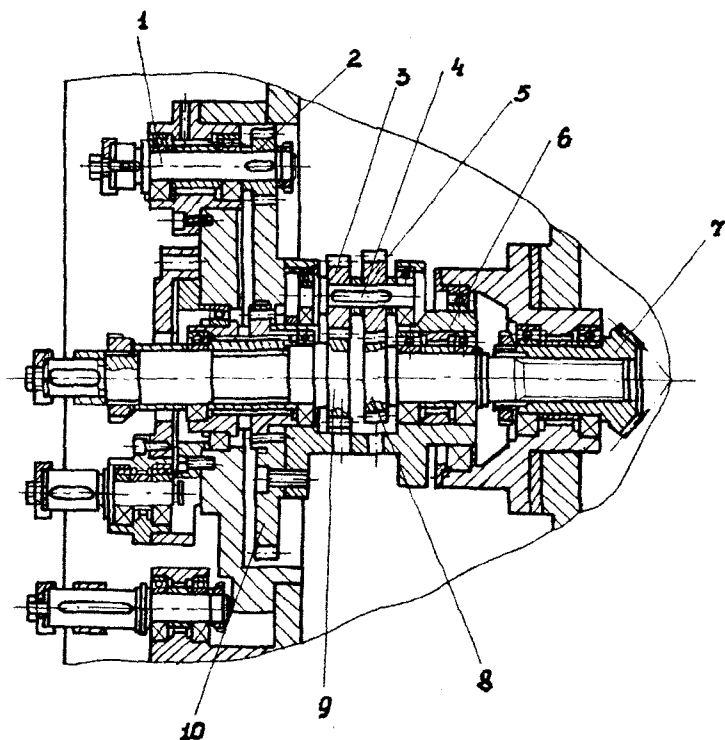


Рис. 2.5. Дифференциал

При нарезании прямозубых колес дополнительное вращение не требуется и корпус дифференциала фиксируется от проворота, для чего на вал 1 и промежуточный палец гитары дифференциала надевается хомут. При этом передаточное отношение дифференциала

$$i_{д} = \frac{27}{27} \times \frac{24}{30} = \frac{4}{5}.$$

2.6. Содержание лабораторной работы

2.6.1. Изучить метод нарезания зубчатых колес на станке модели 53А30.

2.6.2. Изучить кинематическую схему станка.

2.6.3. Ознакомиться с основными узлами и органами управления станка.

2.6.4. Выполнить расчет настройки станка на нарезание косо-зубого колеса с заданными параметрами.

2.6.5. Произвести настройку станка.

2.6.6. Нарезать зубчатое колесо.

2.6.7. Составить отчет о выполненной работе.

2.7. Порядок настройки станка

2.7.1. По заданному числу зубьев Z , модулю m_n и углу наклона зуба β определить начальный диаметр, диаметр вершин зубьев и высоту зубьев нарезаемого колеса.

2.7.2. Определить частоту вращения фрезы и настроить частоту вращения шпинделя с помощью коробки скоростей согласно таблице на пульте передней стойки, а если нужно, то можно сменить и шкивы.

2.7.3. Настроить вертикальную подачу с помощью рукояток коробки подач в соответствии с таблицей на передней стенке стойки.

2.7.4. Рассчитать передаточные отношения гитар сменных колес кинематических цепей обкатки и дифференциала, подобрать сменные колеса и установить их в станке.

2.7.5. Установить фрезу на оправке и при помощи шомпола закрепить оправку в коническом отверстии шпинделя.

2.7.6. Установить осевое перемещение фрезы после каждого цикла для обеспечения равномерного износа по всей ее длине. Перемещение осуществляется от гидроцилиндра через шток-рейку 5 (рис.2.6), обгонную муфту 4, винтовую пару 3 и ходовой винт 2, связанный с пинолью 9. Возврат в исходное положение производится вручную с помощью винта 1 при расцепленной обгонной муфте. Зажим пиноли производится сухарями 8 после перемещения двумя гидрозажимами 6 рычагов 7.

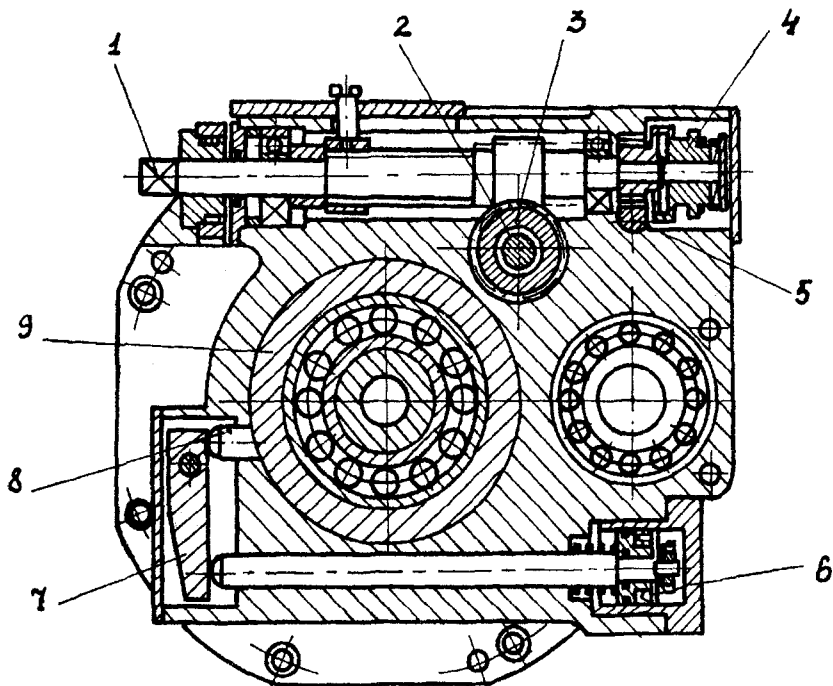


Рис. 2.6. Механизм зажима пиноли шпинделя фрезы

Полное осевое перемещение фрезы устанавливается упорами 2 (рис.2.7). При нажатии упора на конечный переключатель 3 в конце полного перемещения загорается сигнальная лампа на пульте и следующий цикл не включается. Для установки упоров необходимо рукояткой 4 расцепить обгонную муфту, квадратом 1 вручную переместить пиноль в крайнее правое положение и установить первый упор, а затем переместить в крайнее левое положение и установить второй упор. Упор сместить влево настолько, чтобы сигнальная лампочка погасла, и включить обгонную муфту. Шаг перемещения за каждый цикл устанавливается винтом 5.

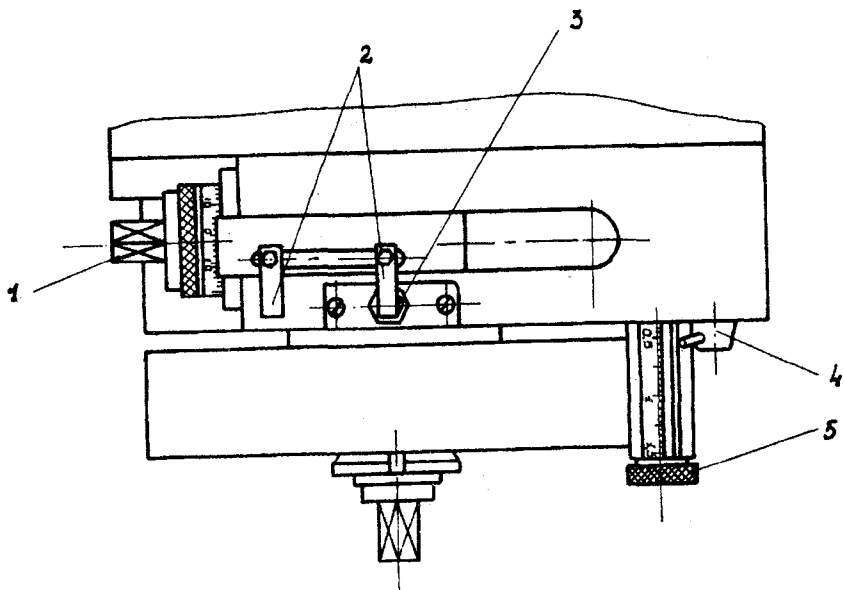


Рис. 2.7. Механизм осевого перемещения шпинделя фрезы

2.7.7. Установить угол наклона фрезерного суппорта, для чего освободить винты, прижимающие суппорт к салазкам, повернуть суппорт с помощью специального винта, отсчитывая градусы и минуты по нониусу, и закрепить суппорт при помощи винтов.

Угол наклона фрезерного суппорта определяется по формуле $\psi = \beta \pm \gamma$, где β – угол наклона линии зуба колеса, γ – угол подъема винтовой канавки фрезы.

2.7.8. Установить заготовку, в зависимости от ее формы и размеров, в центрах, в цанге или на оправке.

2.7.9. Установить направление подачи суппорта вверх или вниз с помощью переключателя на пульте управления.

2.7.10. Установить межцентровое расстояние, для чего переместить суппорт в такое положение, чтобы его ось поворота находилась на середине зуба, включить вращение инструмента и подвести стол до касания фрезой заготовки, установить лимб в нулевое положение, отвести стол и осуществить подвод каретки на расстояние, равное высоте зуба.

2.7.11. Установить упоры, управляющие перемещениями суппорта.

2.7.12. Включить полуавтомат и гидропривод.

2.7.13. Нарезать зубчатое колесо.

2.7.14. Составить отчет со схемой процесса нарезания зубчатых колес и расчетами кинематических цепей.

Таблица 2.1

Настройка полуавтомата

Нарезаемое колесо	Фреза	Положение пакетного переключателя		Направление вращения стола и фрезы. Установка фрезы	Гитара деления	Гитара-дифференциала
		Направление вращения фрезы	Направление витков фрезы			
Правое	Правая	Правое	Правое			
	Левая		Левое			
Левое	Правая	Левое	Правое			
	Левая		Левое			
	Правая		Правое			
	Левая		Левое			

2.8. Контрольные вопросы

2.8.1. Каким образом реализуется метод обкатки при нарезании зубчатых колес на зубофрезерном станке?

2.8.2. Какие функциональные назначения движений, сообщаемых фрезе и заготовке?

2.8.3. Написать расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей станка.

2.8.4. В чем особенность нарезания косозубых цилиндрических колес?

2.8.5. Назначение и принцип работы дифференциала.

2.8.6. Основные этапы настройки станка.

2.9. Содержание отчета

2.9.1. Данные о нарезаемом зубчатом колесе: материал, число зубьев Z , угол наклона линии зуба β , нормальный модуль m_n , торцовый модуль m_t , начальный диаметр d_n , диаметр вершин зубьев d_a , ширина венца b , направление линии зуба.

2.9.2. Данные о червячной фрезе: модуль m , диаметр D , число заходов K , направление винтовой канавки подъема винтовой линии γ .

2.9.3. Режимы резания: скорость резания V , частота вращения n , вертикальная подача S .

2.9.4. Схема нарезания косозубого колеса червячной фрезой.

2.9.5. Расчеты настройки кинематических цепей.

3. ЗУБОСТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 5П23Б ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС

3.1. Назначение и технологические возможности станка

Зубострогальный станок модели 5П23Б предназначен для нарезания методом обкатки прямозубых конических колес простым и комбинированным способами. Простым способом обрабатываются зубчатые колеса с углом начального конуса $4^\circ \dots 70^\circ$, комбинированным – с углом начального конуса $70^\circ \dots 85^\circ$. Станок рациональнее эксплуатировать в условиях серийного и мелкосерийного производства для получения колес 7...8 степени точности.

3.2. Компоновка станка и основные узлы

На станине 1 (рис. 3.1) слева закреплена передняя бабка 5, внутри которой находится люлька 6 в виде барабана с опорами качения по наружному диаметру. На торце люльки расположены два суппорта с резцами. Бабку изделия 7 с закрепленной с помощью гидрозажима 9 на шпинделе 8 заготовкой вместе с поворотной плитой 10 разворачивают на столе 11 вокруг вертикальной оси, чтобы обеспечить определенный угол между осями заготовки и люльки.

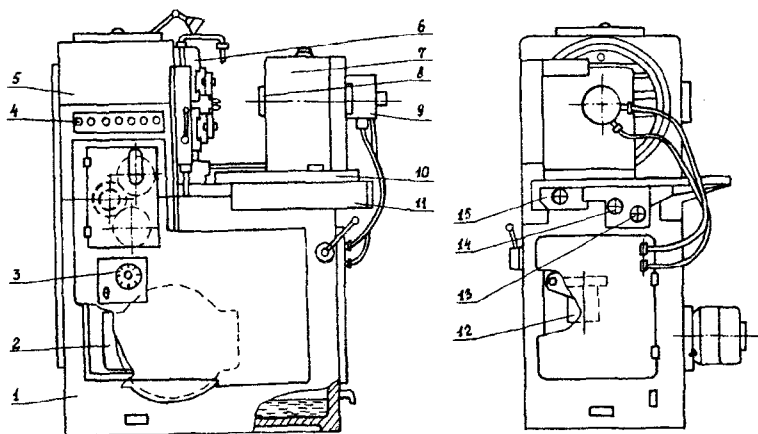


Рис. 3.1. Общий вид зубострогательного станка модели 51123Б

В передней части станины расположены реверсивный механизм 2 и счетчик циклов 3. Справа смонтирован механизм подачи стола 12 и распределительный вал с кулачками управления. В столе 11 размещены механизм подачи стола на врезание 15, механизм комбинированного нарезания зубчатых колес с лимбом 13 и механизм смещения вперед или назад от исходного положения с лимбом 14.

На лицевой части передней бабки расположен пульт управления 4.

3.3. Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм	125
Наибольший внешний окружной модуль обрабатываемых зубчатых колес, мм	2,5

Внешнее конусное расстояние обрабатываемых зубчатых колес, мм:	
наибольшее	63
наименьшее	0
Наибольшая ширина венца обрабатываемых зубчатых колес, мм	20
Число зубьев нарезаемых колес	10...100
Наибольшее передаточное отношение зубчатых колес обрабатываемой передачи	1:10
Число двойных ходов резцов в минуту	160...800
Время рабочего хода, с/зуб	3,7...126

3.4. Процесс нарезания конического зубчатого колеса

Нарезание конического зубчатого колеса на зубострогальном станке, работающем по методу обкатки, производится двумя резцами, совершающими возвратно-поступательное движение. При этом процесс формообразования конического прямозубого колеса заключается в имитации в процессе обкатки зацепления конического нарезаемого колеса с числом зубьев Z и плоского воображаемого производящего колеса с углом делительного конуса 180° и числом зубьев Z_n (рис. 3.2, а).

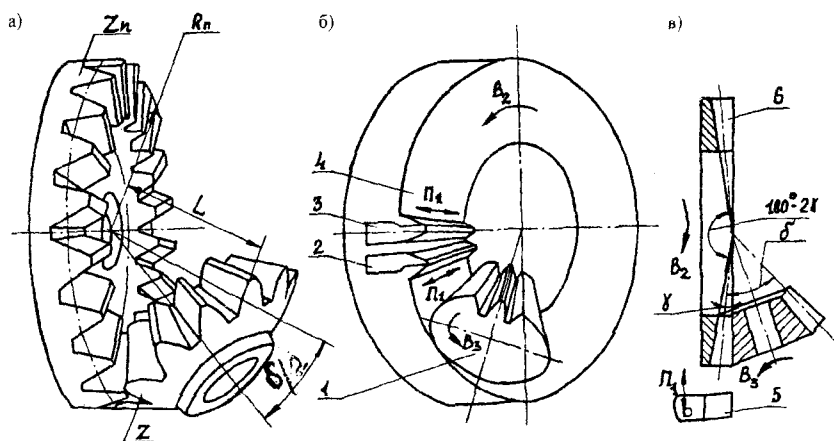


Рис. 3.2. Зацепление конического и плоского производящего колеса и имитация элементов зубьев плоского колеса резцами

Реального плоского колеса на станке нет, а его функции выполняет люлька 4 (рис. 3.2, б), на которой располагают резцы 2 и 3, дающие боковые поверхности только одной межзубовой впадины плоского производящего колеса. Для упрощения конструкции люлька имитирует не плоское, а плосковершинное производящее колесо 6 (рис. 3.2, в), отличающееся углом делительного колеса, равным $180^\circ - 2\gamma$, где γ – угол ножки нарезаемого зуба.

Главным движением резания является возвратно-поступательное движение Π_1 резцов 2 и 3 вдоль линии нарезаемого зуба (см. рис. 3.2, б). Качающаяся люлька 4 с резцами 2 и 3 и нарезаемое колесо 1, можно назвать на заготовке один зуб. Согласованные вращательные движения B_2 люльки и B_3 заготовки являются движениями обкатки. Кроме того, вращательное движение B_3 заготовки одновременно является движением деления. Движение заготовки на глубину межзубовой впадины является установочным движением и происходит до осуществления процесса резания. После нарезания одного зуба заготовка отводится от резцов. Осуществляя процесс деления, т.е. поворачивая заготовку на один или несколько зубьев, можно нарезать все остальные зубья.

Плоское производящее колесо в зацеплении с коническим колесом представляет собой круговую рейку (рис. 3.2, а) так же, как зубчатая рейка в зацеплении с цилиндрическим зубчатым колесом. Поэтому резцы 2 и 3 (рис. 3.3, а, б), реализующие боковые поверхности межзубовой впадины на воображаемом плоском колесе 4, имеют прямолинейную режущую кромку (прямобочный профиль), которая при обкатке образует на заготовке 1 октоидный профиль, незначительно отличающийся от эвольвентного. Огибающая линия положений режущих кромок резцов представляет собой направляющую производящую линию, получаемую методом обкатки. Обзубующая производящая линия зуба по длине (прямая линия) получается методом следа. При относительном движении производящих линий в пространстве образуются боковые поверхности нарезаемого зуба. Получающиеся при нарезании искажения профиля зуба сравнительно невелики и не оказывают заметного влияния на работу передачи, если $Z_n \geq 22$ ($\gamma \leq 3^\circ$).

Совокупность движений механизмов станка, необходимых для нарезания одного зуба, называется циклом. Последовательные взаимные положения заготовки и резцов в процессе обкатки при обра-

ботке одного зуба показаны на рис. 3.3, в-е. При простом способе нарезания цикл включает в себя:

- быстрый подвод заготовки (установочное движение Π_4);
- согласованное вращение люльки с резцами и заготовки (движения обката B_2, B_3), в процессе которого резцы совершают главное движение резания Π_1 и нарезается один зуб на заготовке;
- отвод заготовки (вспомогательное движение Π_5);
- ускоренное реверсивное вращение люльки с возвратом в исходное положение (вспомогательное движение B_6);
- движение деления B_3 , при котором заготовка продолжает вращаться в ту же сторону, как и при рабочем ходе, поворачиваясь к моменту начала нарезания следующего зуба на несколько зубьев, т.е. делительный поворот заготовки осуществляется в течение всего цикла нарезания зуба.

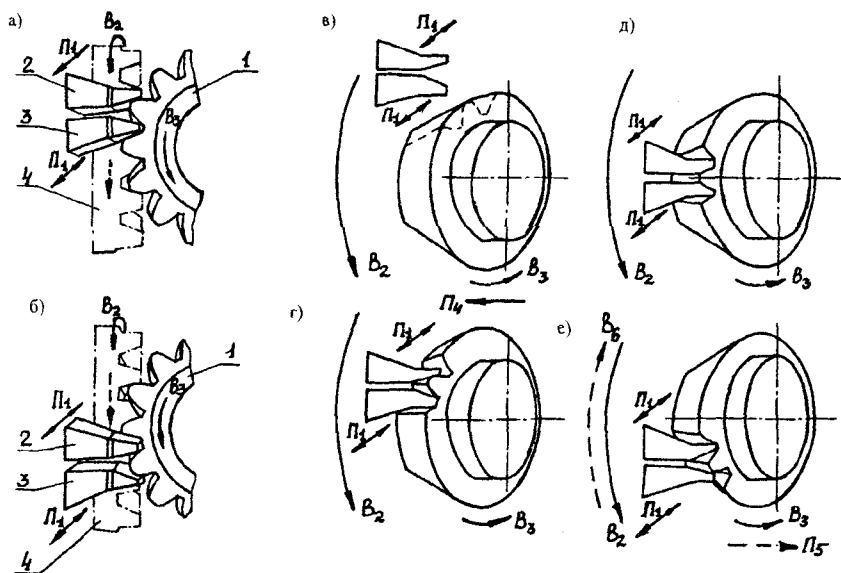


Рис. 3.3. Схема нарезания одного зуба конического прямозубого колеса на зубострогальном станке методом обкатки

Комбинированный способ отличается от простого наличием процесса врезания, совмещенного с обкатом. В начале цикла заготовка подводится к резцам не на всю глубину межзубовой впадины, а

лишь на определенную часть. После начала резания заготовка в процессе обката медленно подается вперед до достижения полной глубины, равной высоте нарезаемого зуба. Затем врезание заготовки прекращается и продолжается чистый обкат до полного нарезания одного зуба.

3.5. Кинематическая схема станка

3.5.1. Цепь главного движения

Главным движением станка является возвратно-поступательное движение резцов Р1 и Р2. Цепь главного движения связывает число двойных ходов резцов с частотой вращения электродвигателя М ($N=1,7$ кВт, $n_3=1420$ об/мин).

Конечные звенья: электродвигатель М и суппорты с резцами.

Расчетные перемещения: n_3 , об/мин, электродвигателя $\rightarrow n$ двойных ходов резцов в минуту.

Уравнение кинематического баланса

$$1420 \times \frac{88}{160} \times \frac{30}{70} \times \frac{70}{25} \times \frac{23}{52} \times \frac{52}{36} \times \frac{A}{B} \times \frac{37}{44} \times \frac{44}{62} = n$$

Формула настройки

$$i_v = \frac{A}{B} = \frac{n}{357,5} \approx \frac{n}{360}$$

где $n = \frac{1000 \times V}{2 \times l}$,

V – скорость резания, м/мин;

l – длина хода резцов с учетом величины их перебега, мм;

$l = b + 8$; b – ширина зубчатого венца.

При подборе сменных колес должно соблюдаться условие $A + B = 95$. Набор сменных зубчатых колес гитары главного движения: 29, 34, 39, 45, 50, 56, 61, 66. Сменные зубчатые колеса обеспечивают восемь ступеней частоты движения резцов: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 и 800 дв. ход/мин.

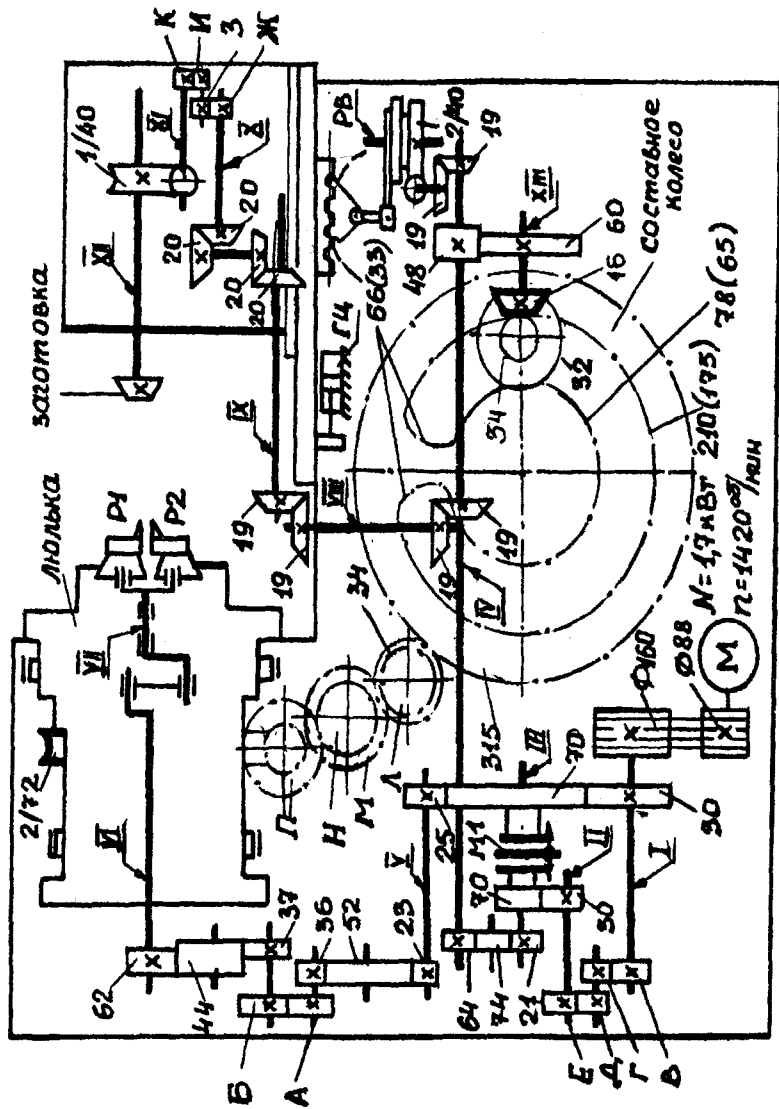


Рис. 3.4. Кинематическая схема зубострогального станка модели 5П23Б

3.5.2. Цепь цикловой подачи

Подача на станках для нарезания конических колес условно задается временем цикла обработки одного зуба за проход t_u . Цепь подач связывает вращение электродвигателя М с вращением распределительного вала РВ, который делает один оборот за время нарезания одного зуба. При рабочем ходе фрикционная муфта М1 включена влево и распределительный вал РВ поворачивается за время рабочего хода t_p на половину оборота.

Конечные звенья: электродвигатель М и распределительный вал РВ.

Расчетные перемещения цепи при рабочем ходе:

$n_{эт\ p}$ оборотов электродвигателя М за время рабочего хода $t_p \rightarrow 0,5$ оборота распределительного вала РВ, где

$$n_{эт\ p} = \frac{n_э}{60} \times t_p = \frac{1420}{60} \times t_p;$$

$n_э$ – частота вращения электродвигателя М, об/мин;

t_p – время рабочего хода при нарезании одного зуба, с/зуб.

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{1420}{60} \times t_p \times \frac{88}{160} \times \frac{B}{\Gamma} \times \frac{D}{E} \times \frac{30}{70} \times \frac{21}{74} \times \frac{74}{64} \times \frac{19}{19} \times \frac{2}{40} = 0,5.$$

Формула настройки

$$i_u = \frac{B}{\Gamma} \times \frac{D}{E} = \frac{5,46}{t_p} \approx \frac{5,4}{t_p}.$$

В период холостого хода фрикционная муфта М1 включена вправо и за время холостого хода t_x вал РВ делает, как и при рабочем ходе, половину оборота. В этом случае уравнение кинематического баланса

$$\frac{1420}{60} \times t_x \times \frac{88}{160} \times \frac{30}{70} \times \frac{21}{74} \times \frac{74}{64} \times \frac{19}{19} \times \frac{2}{40} = 0,5.$$

Из уравнения следует, что время холостого хода равно $t_x = 5,46 \approx 5,5$ с/зуб, т.е. постоянно при обработке зуба любого зубчатого колеса, а время цикла обработки одного зуба $t_u = (t_p + 5,5)$, с/зуб.

Комплект сменных зубчатых колес – общий для гитар подачи, деления и обката и состоит из 55 зубчатых колес. Используя этот комплект, можно установить 11 ступеней частоты вращения распределительного вала.

3.5.3. Цепь деления

Цепь деления связывает вращение вала РВ с вращением заготовки. Во время холостого хода заготовка, в отличие от люльки, не меняет направления своего вращения, и с началом нового цикла на ней будет нарезаться зуб, отстоящий от только что нарезанного на Z_i пропущенных зубьев. Делительный поворот заготовки, таким образом, осуществляется в течение всего цикла обработки колеса, а вращение заготовки при нарезании всех зубьев представляет собой непрерывное следование делительных циклов $Z_i/Z + Z_i/Z + \dots + Z_i/Z$, где Z – число зубьев нарезаемого колеса. Числа Z_i и Z не должны иметь общих множителей.

Конечные звенья: распределительный вал РВ и шпиндель изделия с заготовкой.

Расчетные перемещения: 1 оборот вала РВ $\rightarrow Z_i/Z$ оборота шпинделя изделия с заготовкой.

Уравнение кинематического баланса

$$1 \times \frac{40}{2} \times \frac{19}{19} \times \frac{19}{19} \times \frac{19}{19} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{20} \times \frac{Ж}{3} \times \frac{И}{К} \times \frac{1}{40} = \frac{Z_i}{Z}.$$

Формула настройки

$$i_{\partial} = \frac{Ж}{3} \times \frac{И}{К} = 2 \times \frac{Z_i}{Z}.$$

Для простого способа нарезания (обкатка) число пропускаемых зубьев Z_i при делении во время цикла нарезания одного зуба определяется по формуле

$$Z_i = \frac{\Theta \times Z_{II}}{180},$$

где Θ – угол поворота люльки, необходимый для полного обкатывания профиля нарезаемого зуба, град;

Z_{II} – число зубьев плосковершинного производящего колеса, $Z_{II} = Z/\sin(0,5 \delta_1)$, является условной величиной и вычисляется с точностью до четвертого знака после запятой;

δ_1 – угол делительного конуса нарезаемого колеса, град.

Для комбинированного способа при стандартном исходном контуре производящего колеса (угол зацепления $\alpha = 20^\circ$, передача без смещения)

$$Z_i = 0,64 \times \frac{S}{m} + 4 \times \frac{h_{f1}}{m} + 5,2,$$

где S – толщина зуба делительной окружности, мм;

m – модуль, мм;

h_{f1} – высота ножки зуба, мм.

Число Z_i округляется в большую сторону до ближайшего целого числа, не имеющего общих множителей с числом зубьев Z нарезаемого колеса.

3.5.4. Цепь обкатки

Процесс обкатки обеспечивается согласованным вращением люльки с резцами, воспроизводящей плосковершинное колесо, и нарезаемого колеса.

Конечные звенья: шпиндель бабки изделия с заготовкой и люлька.

Расчетные перемещения: $1/Z$ оборота заготовки $\rightarrow 1/Z_{II}$ оборота люльки.

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{1}{Z} \times \frac{40}{1} \times \frac{K}{I} \times \frac{3}{Ж} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{20} \times \frac{19}{19} \times \frac{19}{19} \times \frac{48}{60} \times \frac{16}{32} \times \frac{34}{210} \times \frac{315}{34} \times \frac{L}{M} \times \frac{H}{П} \times \frac{2}{72} = \frac{1}{Z_{II}}.$$

Формула настройки

$$i_o = \frac{Л}{М} \times \frac{Н}{П} = \frac{3}{2} \times \frac{Z}{Z_{II}} \times \frac{Ж}{3} \times \frac{И}{К} = \frac{3 \times Z_i}{Z_{II}}.$$

3.5.5. Цепь управления (угла обкатки люльки)

Кинематическая цепь согласует поворот вала РВ и люльки. За время рабочего хода вал РВ делает 0,5 оборота, а люлька поворачивается на угол обкатки Θ , необходимый для полного обкатывания профиля зуба, что составляет $\Theta/360^\circ$ оборота люльки.

Конечные звенья: распределительный вал РВ и люлька.

Расчетные перемещения: 0,5 оборота вала РВ \rightarrow $\Theta/360^\circ$ оборота люльки.

Уравнение кинематического баланса

$$0,5 \times \frac{40}{2} \times \frac{19}{19} \times \frac{48}{60} \times \frac{34}{32} \times \frac{16}{210} \times \frac{315}{34} \times \frac{Л}{М} \times \frac{Н}{П} \times \frac{2}{72} = \frac{\Theta}{360^\circ}.$$

С учетом значения $\frac{Л}{М} \times \frac{Н}{П} = \frac{3 \times Z_i}{Z_{II}}$ из уравнения баланса сле-

дует, что угол обкатки люльки равен $\Theta = 180^\circ \times (Z_i/Z_{II})$, т.е. определяется числом зубьев Z_i , на которое поворачивается заготовка во время делительного процесса. Поэтому для настройки требуемого угла Θ необходимо рассчитать число зубьев Z_i , т.е. $Z_i = \Theta Z_{II} / 180^\circ$. Следовательно, число пропускаемых при делении зубьев Z_i , которое необходимо знать также для расчета гитар деления и обкатки, определяется при известной величине угла Θ поворота люльки.

Угол Θ находится с учетом конкретных параметров нарезаемого колеса из выражения

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 = \arccos \left[\frac{\cos \delta_{a1}}{\cos \delta_{r1}} \right] + 366 \cdot \frac{m}{L} \approx$$

$$\approx \arccos \left[\frac{\cos \delta_{a1}}{\cos \delta_{r1}} \right] + \frac{740}{Z} \cdot \sin(0,5\delta_1),$$

где δ_{a1} – внешний угол конуса нарезаемого колеса, град;

δ_{r1} – внутренний угол конуса нарезаемого колеса, град;

L – длина образующей делительного конуса нарезаемого колеса, мм.

Установлено, что в зависимости от передаточного отношения нарезаемой конической пары угол Θ при обработке меньшего колеса передачи следует принимать:

i	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
Θ , град	70	60	40	30	24	12

а при обкатке большего колеса $\Theta \leq 70^\circ$.

3.5.6. Принцип работы механизма перемещения стола при простом и комбинированном способах обработки

На распределительном валу РВ закреплены два кулачка (рис. 3.5, а): постоянный 9, служащий для отвода стола с заготовкой от резцов при переходе от обработки одного зуба к обработке другого, и сменный 1, используемый при комбинированном способе нарезания. Во время работы станка гидроцилиндр ГЦ (см. рис. 3.4) стремится продвинуть стол с заготовкой вперед к резцам, т.е. по стрелке a . При вращении кулачка 9 во время рабочего хода между нижней частью кулачка и роликом рычага 8 существует зазор 0,1...0,3 мм, а стол прижат к жесткому упору на станине. При холостом (обратном) ходе люльки высокая часть кулачка нажимает на рычаг 8, который поворачивается и зубчатым сектором перемещает рейку 6. Вместе с ней стол перемещается назад, преодолевая при этом сопротивление гидроцилиндра. В таком, отведенном от резцов, положении стол удерживается до начала очередного рабочего хода.

Кулачок 1 предназначен для того, чтобы при переходе с холостого хода на рабочий ход стол не сразу подходил к жесткому упору станины,

а некоторый промежуток времени медленно продвигался вперед (происходит врезание инструмента с обкаткой) и только по его истечении вставал на жесткий упор (осуществляется чистый обкат). Во время вращения кулачка 1 рычаг 2 качается вокруг оси 3, причем ролик 7 совершает возвратно-поступательные движения в плоскости I-I (рис. 3.5, б). Если плоскость 10 сектора 4 параллельна плоскости I-I, то при движении ролика 7 стол будет оставаться неподвижным. При таком положении сектора 4 механизм комбинированного способа нарезания выключен. Если сектор 4 с помощью червячной передачи и лимба 5 повернуть на какой-либо угол λ , то при качании рычага 2 стол вместе с сектором 4 будет совершать небольшие перемещения, что необходимо при комбинированном способе нарезания. Угол λ определяется как

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{h_{a1} + h_{f1}}{30}, \text{ где } h_{a1}, h_{f1} \text{ — высота головки и ножки зуба, мм.}$$

Кулачок комбинированного способа нарезания (рис. 3.5, в) может иметь различное соотношение углов врезания θ_a и обкатки

(профилирования) θ_e : $\frac{\theta_a}{\theta_e} = 0,5; 0,6; 0,75$.

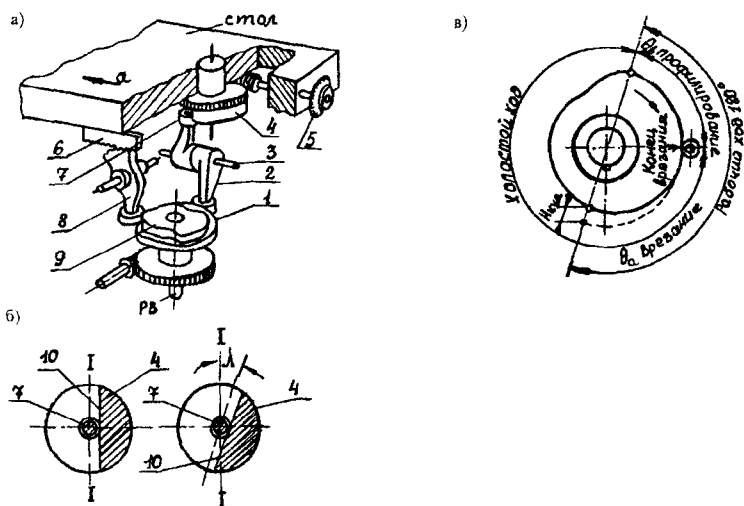


Рис. 3.5. Механизм перемещения стола

3.5.7. Принцип работы механизма откидывания резцов

Механизмы откидывания резцов встроены в суппорты и обеспечивают подвод резцов в зону резания при рабочем ходе и отвод из зоны при холостом. Механизм откидывания резцов показан на рис. 3.6. Резец устанавливается в поворотный резцедержатель 1, ось поворота 2 которого смонтирована в отверстии корпуса суппорта 3. На верхнем конце оси укреплен рычаг 8 с пальцем 5, введенным в косой паз планки 6. Левый конец планки зажат фрикционными колодками 7, закрепленными на поворотном сегменте люльки. Задняя плоскость планки скользит по поверхности пластины 4, прикрепленной к корпусу суппорта. При движении ползуна вместе с суппортом по направляющим поворотного сегмента в направлении *a* (рабочий ход) палец 5 увлекает за собой планку 6, которая движется вместе с суппортом. При холостом ходе (направление *b*) планка удерживается фрикционными колодками. При этом палец 5, скользя по косому пазу планки, заставляет рычаг 8 повернуться по стрелке *c*, что соответствует отводу резца. При дальнейшем движении палец 5 дойдет до конца паза и потянет за собой планку, преодолевая силу, создаваемую фрикционными колодками. При новой перемене направления движения ползуна планка 6 и рычаг с резцедержателем вернутся в рабочее положение.

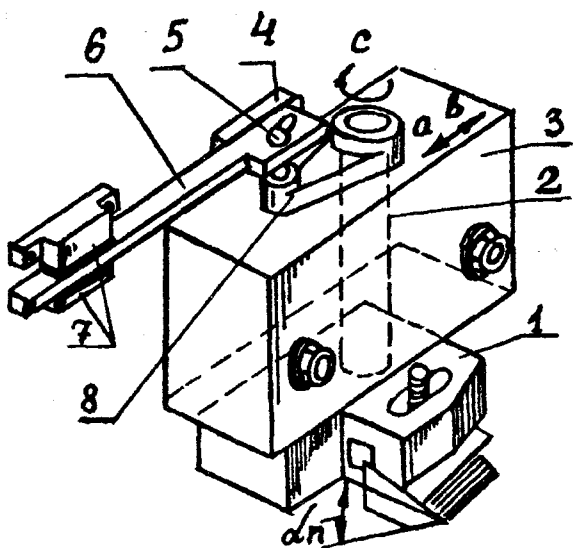


Рис. 3.6. Механизм откидывания резцов

3.5.8. Конструкция и принцип работы обкатной люльки

На переднем торце 1 барабана 2 (рис. 3.7) смонтированы с возможностью поворота вокруг оси O_c верхний 4 и нижний 3 поворотные сегменты. Для обеспечения сходимости линий основания зуба нарезаемого колеса сегменты поворачивают посредством валиков 17 и 25 на угол

$$\sigma_f = \frac{0,5 \times S + h_{f1} \times \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}}{L} \times 57,3.$$

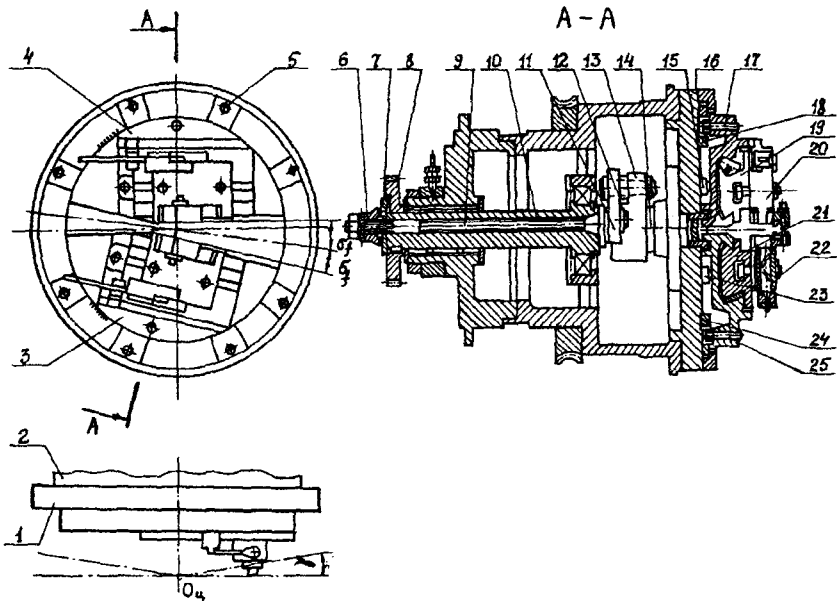


Рис. 3.7. Конструкция обкатной люльки

При этом зубчатые колеса на концах валиков, сцепленные с круговыми рейками 18 и 24, поворачивают сегменты (сначала нижний, затем верхний). После поворота сегменты фиксируют зажимами 5.

Механизм возвратно-поступательного движения резцов состоит из валика 9, смонтированного эксцентрично внутри вала 10, приводимого во вращение зубчатым колесом 8. На конце вала 9 имеется

шип 12, установленный с таким же эксцентриситетом, как валик 9, по отношению к валу 10. Шатун 11, имеющий возможность поворачиваться относительно шипа 12, соединяется пальцем с рычагом 13, расположенном на конце вала 14, связанного с диском 16 люльки. В правой же части вала 14 имеется крестовина с пальцами 15 и 23, входящими в пазы ползунов 19 и 21, связанными с суппортами 20 и 22.

В исходном положении оси шипа 12 и вала 10 совпадают, и поэтому во время вращения зубчатого колеса 8 (и вала 10) шатун 11 остается неподвижным. Неподвижен также рычаг 13, вал 14, крестовина с пальцами 15, 23 и ползуны 19, 21. При повороте валика 9 относительно вала 10 (это делается при установке хода резцов) шип 12 смещается с оси вала 10 и образуется некоторый эксцентриситет. При вращении зубчатого колеса 8 в этом случае шип 12 будет описывать окружность, шатун 11 начнет передвигаться, перемещая тем самым рычаг 13 и вращая вал 14. Крестовина с пальцами 15 и 23 будет перемещать возвратно-поступательно ползуны 19, 21, а следовательно, и суппорты 20, 22 с резцами.

Для установки величины хода резцов используются зубчатые муфты 6, 7. Зона действия резцов по отношению к венцу обрабатываемого зубчатого колеса устанавливается перемещением суппортов 20 и 22 вдоль Т-образных пазов ползунов 19 и 21.

3.5.9. Конструкция и принцип работы реверсивного механизма

Реверсивный механизм с составным зубчатым колесом применяется для изменения направления вращения люльки при холостом ходе. Составное зубчатое колесо смонтировано на торце диска, имеющего сзади центральный шип (ось), установленный в подшипниках корпуса 1 (рис. 3.8). Колесо состоит из: 1) венца наружного зацепления 4 с 65 зубьями (в полной окружности венец имел бы 78 зубьев); 2) венца внутреннего зацепления 3, составляющего, как и предыдущий венец, 7/8 окружности с 175 зубьями (в полной окружности венца было бы 210 зубьев); 3) двух полушестерен внутреннего зацепления 6 с 33 зубьями в каждой, при этом полушестерни смонтированы на диске так, что вместе с зубчатыми венцами образуют подковообразный замкнутый зубчатый контур.

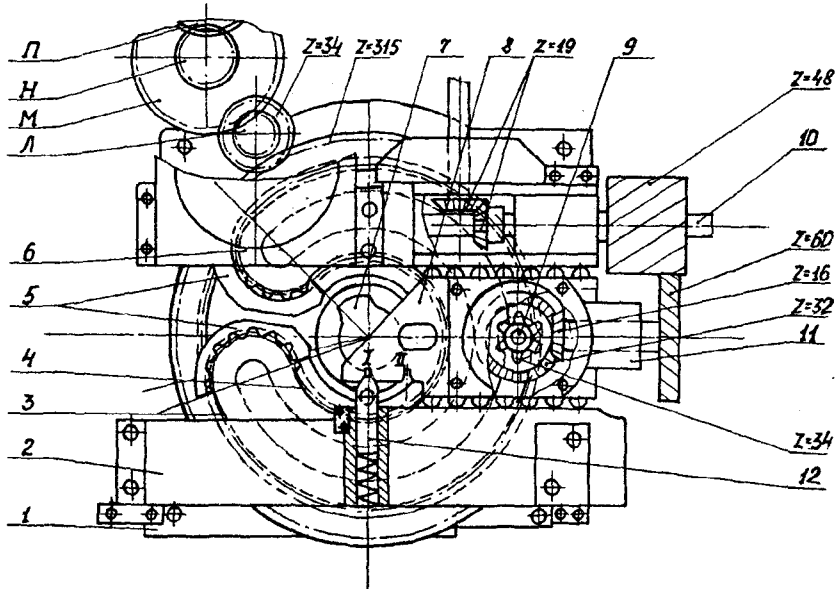


Рис. 3.8. Схема реверсивного механизма с составным зубчатым колесом

К корпусу 1 прикреплены две перекладки 2, между которыми на роликах может перемещаться каретка 11. В ней на подшипниках качения смонтирован валик-шестерня $Z = 16$, получающий вращение от вала 10 (от вала IV на кинематической схеме) через косозубую пару 48-60 передается на коническую пару 16-32 и далее на ведущую шестерню $Z = 34$, находящуюся в зацеплении с составным зубчатым колесом. Движение от составного зубчатого колеса через наружный зубчатый венец с числом зубьев $Z = 315$, колесо $Z = 34$, гитару сменных колес цепи обкатки Л, М, Н, П и червячную пару 2-72 передается на люльку.

При зацеплении ведущей шестерни $Z = 34$ с венцом наружного зацепления 4 составное зубчатое колесо равномерно вращается со скоростью рабочего хода. Реверсирование направления вращения составного колеса (и люльки) происходит в момент перехода ведущей шестерни $Z = 34$ от сцепления с венцом 4, к сцеплению с венцом внутреннего зацепления 3 через полушестерни внутреннего зацепления 6, а также при последующей смене сцепления с венцами

3 и 4 в обратном порядке. За цикл нарезания одного зуба составное колесо (и люлька) совершает одно качательное движение.

Для того чтобы во время равномерного движения составного колеса каретка была строго неподвижна, имеется фиксирующее устройство, состоящее из планки 8, прикрепленной к каретке, и подпружиненного фиксатора 12, входящего при рабочем ходе в паз I, а при обратном - в паз II. Незадолго до момента реверсирования кулачок 7, нажимая на ролик, связанный с фиксатором, выводит фиксатор из паза, после чего зацепление ведущей шестерни ($Z = 34$) с зубьями составного колеса поддерживается благодаря ролику 9, свободно сидящему на внутреннем конце вала-шестерни $Z = 34$ и входящему в паз подковообразной формы диска 6 составного колеса.

3.6. Содержание работы

3.6.1. Изучить принцип нарезания конических зубчатых колес.

3.6.2. Ознакомиться с основными узлами и органами управления станка.

3.6.3. Изучить кинематическую схему станка.

3.6.4. Выполнить расчет настройки станка на нарезание конического зубчатого колеса с заданными параметрами.

3.6.5. Произвести настройку станка.

3.6.6. Нарезать зубчатое колесо.

3.6.7. Составить отчет о выполненной работе.

3.7. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ СТАНКА

3.7.1. По заданному модулю m , числу зубьев Z_1 нарезаемого колеса, числу зубьев Z_2 сопряженного с ним колеса из пары колес с межосевым углом 90° определить параметры нарезаемого колеса (рис. 3.9).

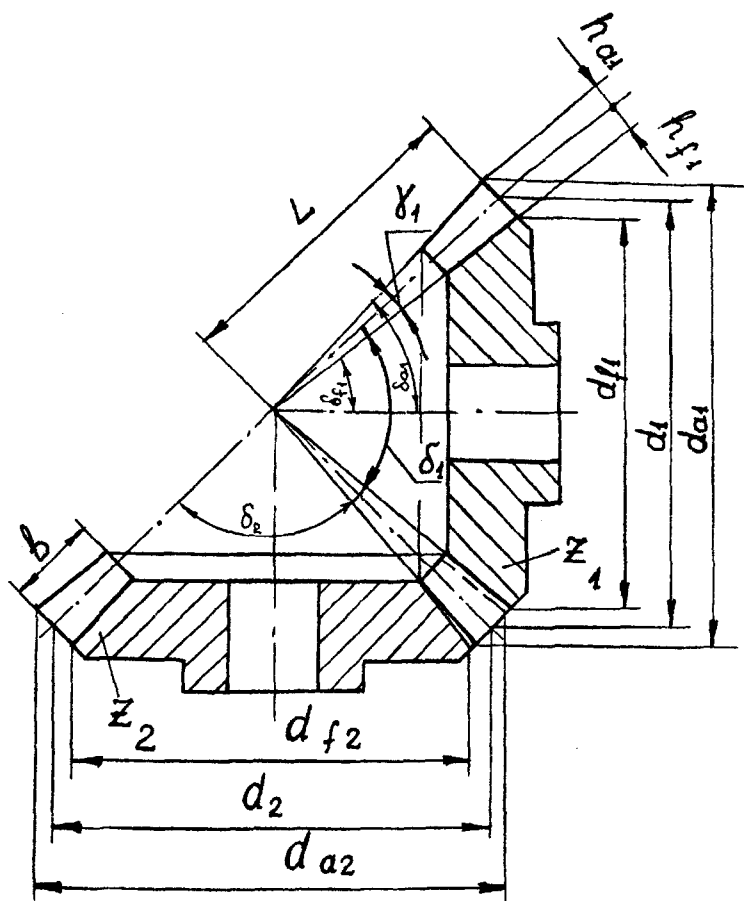


Рис. 3.9. Геометрические параметры конической прямозубой передачи

Половины углов делительных конусов колес:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_1}{2} = \frac{Z_1}{Z_2}; \quad \frac{\delta_2}{2} = 90^\circ - \frac{\delta_1}{2}.$$

Длина образующей делительного конуса

$$L = \frac{m \times Z_1}{2 \times \sin(0,5 \times \delta_1)}.$$

Высота головки зуба

$$h_{a1} = K_{aj} m = m.$$

Высота ножки зуба

$$h_f = K_{f1} m = 1,2 m.$$

Угол ножки зуба

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{h_{f1}}{L}.$$

Внешний угол конуса

$$\delta_{a1} = \frac{\delta_1}{2} + \gamma_1.$$

Внутренний угол конуса

$$\delta_{f1} = \frac{\delta_1}{2} - \gamma_1.$$

Ширина зубчатого венца $b \leq 0,3L$, $b \leq 10m$. Толщина зуба по делительной окружности $S = \pi m / 2$.

3.7.2. Определить число двойных ходов резцов в минуту и настроить гитару сменных колес цепи главного движения.

3.7.3. В зависимости от заданного времени цикла t_u подобрать и установить сменные колеса гитары подачи.

3.7.4. Рассчитать угол поворота люльки Θ и число пропускаемых при делении зубьев Z_b передаточные отношения гитар сменных колес цепи деления и обката, подобрать и установить сменные колеса.

3.7.5. Развернуть поворотные сегменты на угол сходимости линий основания зуба σ_f . Для стандартного зацепления σ_f можно определить как $\sigma_f = 131,723 / Z_n$.

3.7.6. Установить резцы по длине и профильному углу в верхний и нижний резцедержатели. Отрегулировать положение резцов по высоте.

3.7.7. Настроить длину хода и место действия резцов.

3.7.8. Закрепить заготовку в бабку изделия, произвести осевую установку бабки, установку поворотной плиты на угол внутреннего конуса δ_n .

3.7.9. Настроить счетчик циклов.

3.7.10. При использовании комбинированного способа нарезания повернуть люльку на угол $\varphi = 1275 / Z_n + 2^\circ$ и включить механизм комбинированного способа нарезания, установив угол λ . Угол поворота люльки φ при нарезании простым способом равен нулю.

3.7.11. Включить станок.

3.7.12. Нарезать зубчатое колесо.

3.7.13. Составить отчет о работе, указав схему процесса нарезания зубчатого колеса и приведя расчеты настройки кинематических цепей.

3.8. Контрольные вопросы

3.8.1. Как реализуется метод обкатки при строгании конических зубчатых колес?

3.8.2. Назвать основные узлы станка и показать их на станке.

3.8.3. Описать цикл нарезания одного зуба колеса при различных способах нарезания.

3.8.4. Объяснить назначение движений конечных звеньев всех кинематических цепей станка.

3.8.5. Написать расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей.

3.8.6. Принцип работы механизма перемещения стола при простом и комбинированном способах обработки.

3.8.7. Принцип работы механизма откидывания резцов.

3.8.8. Конструкция и принцип работы обкатной люльки.

3.8.9. Конструкция и принцип работы реверсивного механизма.

3.8.10. Основные этапы настройки станка.

3.9. Содержание отчета

3.9.1. Данные о нарезаемом зубчатом колесе: материал, число зубьев Z_1 , модуль m , угол делительного конуса δ_l , внешний и внутренний угол конуса δ_{e1} и δ_l , высота головки и ножки зуба h_{a1} и h_f , угол ножки зуба γ_1 , длина образующей конуса L , толщина зуба S , ширина зубчатого венца b .

3.9.2. Данные о производящем колесе: число зубьев Z_{11} , угол качания люльки Θ .

3.9.3. Режимы обработки: время рабочего хода цикла нарезания одного зуба t_p , скорость резания V , число двойных ходов резцов в минуту $n_{дв.х.}$, число пропускаемых при делении зубьев Z_i .

3.9.4. Схема нарезания конического колеса на зубострогальном станке, схема зацепления конического и плоского производящего колеса.

3.9.5. Расчеты настройки кинематических цепей.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

4.1. Общие требования безопасности

4.1.1. Перед началом цикла лабораторных работ студенты должны ознакомиться с правилами безопасности при работе на станках.

4.1.2. Необходимо ознакомиться со станком и выполнять порученную лабораторную работу.

4.1.3. Не включать станки и приборы, на которых лабораторные работы не выполняются.

4.1.4. Не касаться электропроводов, электроаппаратов, клемм. Не открывать электрошкафы.

4.1.5. Запрещается пуск станка без разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности перед началом работы

4.2.1. Оставить на рабочем месте только то, что необходимо для выполнения работы на данном станке.

4.2.2. Опробовать станок, приводя в движение его механизмы вручную с помощью маховичков и рукояток.

4.2.3. Подобрать под головной убор длинные волосы, привести в порядок свою одежду, убрать концы галстука.

4.2.4. Проверить исправность защитных устройств станка, надежность закрепления инструмента, заготовки, приспособления.

4.3. Требования безопасности во время работы

4.3.1. Не трогать руками вращающиеся инструмент и заготовку.

4.3.2. Не измерять деталь.

4.3.3. Не удалять стружку руками.

4.3.4. Пользоваться защитными очками.

4.4. Требования безопасности после окончания работы

4.4.1. Выключить станок и рубильник электрошкафа.

4.4.2. Привести в порядок рабочее место.

Л и т е р а т у р а

1. Станочное оборудование автоматизированного производства. В 2 т. /Под ред. В.В.Бушуева. – М.: Станкин. – Т.1. – 1993. – 584 с.; Т.2. – 1994. – 656 с.
2. Металлорежущие станки /Под ред. В.Э.Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 576 с.
3. Металлорежущие станки и автоматы / Под ред. А.С.Проникова. – М.: Машиностроение, 1981. – 479 с.
4. Металлорежущие станки /Н.С.Колев, Л.В.Красниченко, Н.С.Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
5. Кочергин А.И., Пикус М.Ю., Шагун В.И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты / Под ред. П.И.Ящерицына. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – 574 с.
6. Ермаков Ю.М., Фролов Б.А. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
7. Власов С.Н., Родович Г.М., Черпаков Б.Н. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1983. – 439 с.
8. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.
9. Лоскунов В.В., Ничков Н.Г. Зубообрабатывающие станки. – Машиностроение, 1978. – 192 с.
10. Сильвестров Б.Н., Захаров И.Д. Конструкция и наладка зуборезных и резьбофрезерных станков. – М.: Высшая школа, 1979. – 255 с.
11. Синдаков М.В. Таблицы для подбора шестерен: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 232 с.
12. Петрик М.И., Шишков В.А. Таблицы для подбора зубчатых колес. – М.: Машиностроение, 1973. – 528 с.
13. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1978. – 389 с.
14. Металлорежущие станки /Под ред. В.К.Тепинкичиева. – М.: Машиностроение, 1973. – 472 с.
15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.2. – 496 с.

**КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МЕХАНИЗМОВ
ПРИВодов СТАНКОВ**

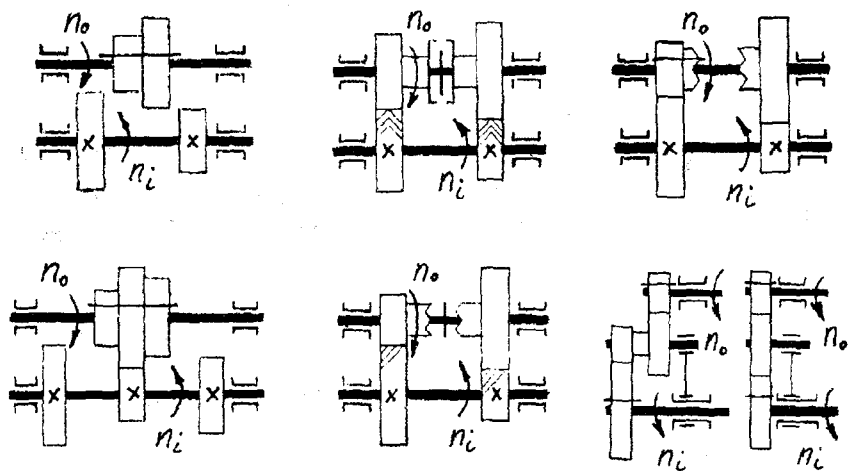


Рис. П1. Механизмы для ступенчатого изменения частот вращения

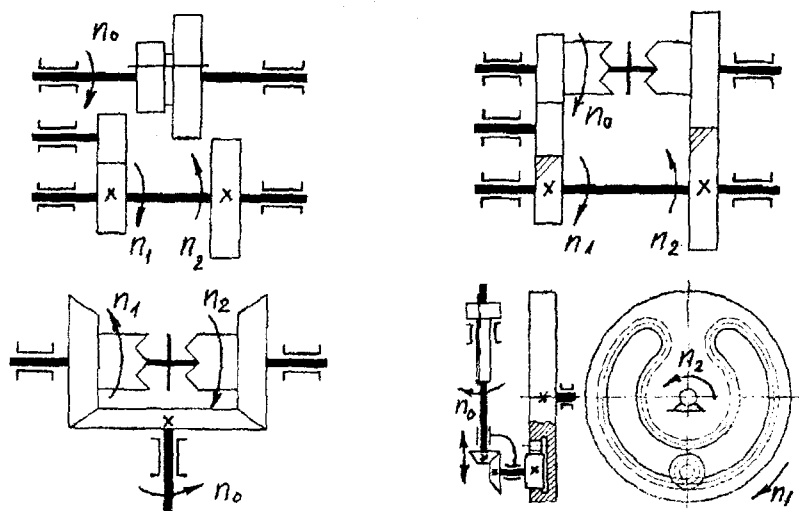


Рис. П2. Механизмы для реверсирования движения

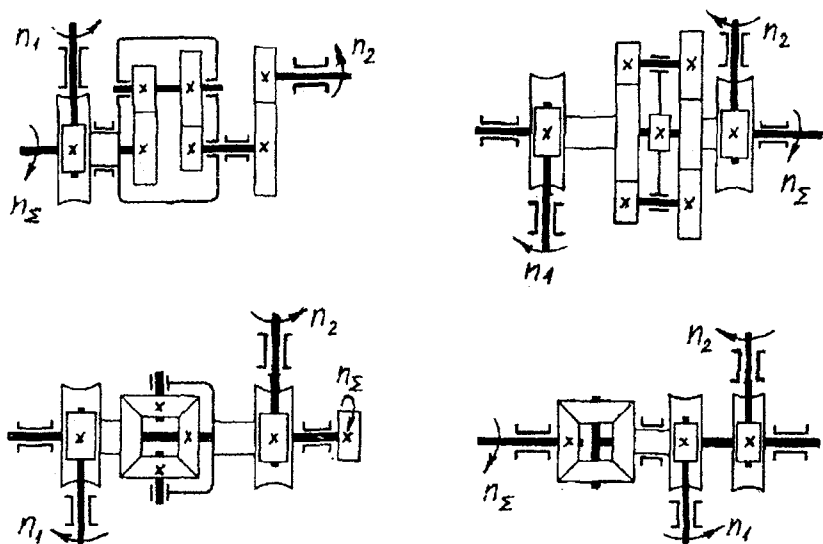


Рис. П3. Дифференциальные суммирующие механизмы станков

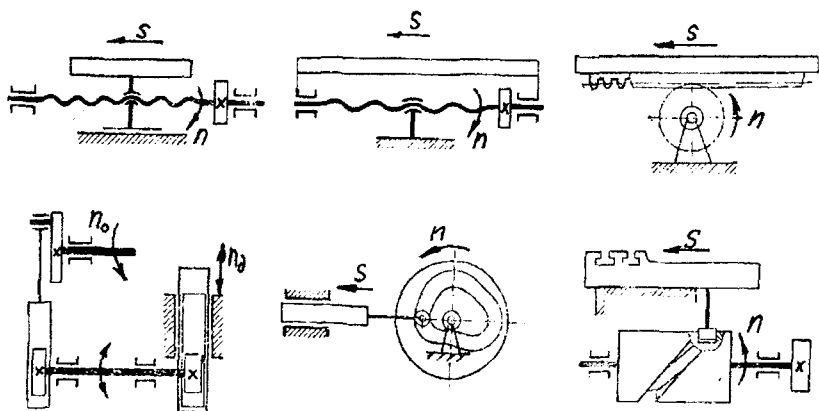


Рис. П4. Механизмы для преобразования вращательного движения в поступательное

Содержание

Введение.....	3
1. Зубодолбежный станок модели 5М14.....	3
2. Зубофрезерный полуавтомат модели 53А30.....	15
3. Зубострогальный станок модели 5П23Б для нарезания конических колес.....	30
4. Требования безопасности при выполнении лабораторных работ.....	51
Литература.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	53

Учебное издание

ГЛУБОКИЙ Владимир Игнатьевич
БЖЕЗИНСКИЙ Александр Алексеевич

ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Учебно-методическое пособие
по дисциплине "Технологическое оборудование"
для студентов машиностроительных специальностей

Редактор Т.Н. Микулик
Компьютерная верстка А.Г. Гармаза

Подписано в печать 29.09.2003.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская №2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 3,3. Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 100. Заказ 16.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.