

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

Методические указания

к лабораторным работам
по дисциплинам «Металлорежущие станки»,
«Технологическое оборудование»
для студентов специальностей
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

Брест 2014

УДК 621.9.06

В методических указаниях содержится руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Металлорежущие станки», «Технологическое оборудование». Определён порядок выполнения лабораторных работ, дан краткий теоретический материал, приведены контрольные вопросы и индивидуальные задания по вариантам. Приведена рекомендуемая литература для изучения материала. Для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Составители: В.П. Горбунов, к.т.н., доцент
В.Ф. Григорьев, к.т.н., доцент
Ю.А. Дакало, ст. преподаватель
И.А. Мирошниченко, ст. преподаватель

Рецензент: главный инженер Унитарного предприятия «Гефест-техника» Д.Е. Таруц

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Общие правила безопасности

1. До начала лабораторной работы студенты должны ознакомиться с правилами безопасности при работе на станке.
2. Ознакомиться со станком, на котором будет выполняться лабораторная работа.
3. Не включать станки и приборы, на которых лабораторная работа не выполняется.
4. Не касаться электропроводов, электроаппаратов, клемм. Не открывать электрошкафы.
5. Не выполнять лабораторную работу одному.
6. Следует выполнять все указания преподавателя и мастера.
7. Запрещается пуск станка без разрешения преподавателя или мастера.

Правила безопасности перед началом работы

1. Оставить на рабочем месте только то, что необходимо для выполнения работы на данном станке.
2. Заправить одежду, застегнуть рукава, убрать волосы под головной убор.
3. Опробовать станок, приводя в движение его механизмы вручную.
4. Проверить исправность защитных устройств станка, надёжность закрепления инструмента, заготовки, приспособления.
5. Проверить на холостом ходу исправность механизмов управления, а также фиксацию рычагов переключения.

Правила безопасности во время работы

1. Надежно и жестко закреплять инструмент и обрабатываемую деталь на станке.
2. Не трогать руками вращающиеся инструмент и заготовку.
3. Не удалять стружку руками.
4. Пользоваться защитными очками.
5. Во время работы не брать и не передавать через работающий станок детали или другие предметы.
6. Измерение параметров обрабатываемого изделия производить только при неработающем станке.
7. Не открывать и не снимать защитные и предохранительные устройства.
8. При возникновении вибраций станок остановить и сообщить о неисправности мастеру.
9. Обязательно остановить станок и выключить электродвигатель, прежде чем покинуть рабочее место даже на короткое время, а также при временном прекращении подачи электроэнергии, уборке, смазке и чистке станка, обнаружении какой-либо неисправности.

Правила безопасности после окончания работы

1. Выключить станок и рубильник электрошкафа.
2. Привести в порядок рабочее место.
3. Обо всех замеченных неисправностях станка сообщить преподавателю или мастеру.
4. Снять спецодежду и средства личной защиты

Лабораторная работа №1

Тема: «Настройка зубодолбёжного станка модели 5140 на нарезание прямозубого колеса»

Цель работы:

- изучение конструкции и кинематики станка;
- расчёт настройки зубодолбёжного станка.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Процесс нарезания зубчатого колеса долбяком

На зубодолбёжных станках обкатного типа нарезают цилиндрические зубчатые колёса внешнего внутреннего зацепления, блоки зубчатых колёс, а также косозубые колёса.

Нарезание колёс по методу обката более производительный и точный метод по сравнению с методом копирования.

На станке воспроизводится зацепление пары цилиндрических зубчатых колёс: производящим колёсом является инструмент - долбяк (рисунок 1.1), а сопряжённым - нарезаемое колесо.

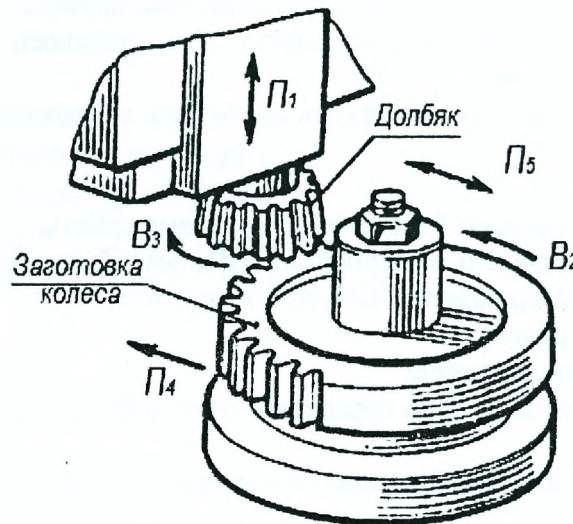


Рисунок 1.1 - Схема нарезания цилиндрического зубчатого колеса долбяком

Долбяку сообщается главное возвратно-поступательное движение P_1 . Заготовка и инструмент совершают согласованные между собой вращательные движения обкатки V_2 и V_3 . В результате указанных движений эвольвентный профиль зуба колеса образуется как огибающая всех положений эвольвентного профиля зубьев долбяка. После подвода долбяка до касания с заготовкой включается радиальная подача - движение P_4 до тех пор, пока при согласованном вращении долбяка и заготовки не будет достигнута требуемая высота нарезаемых зубьев. После окончания радиального врезания совершается только обкатка.

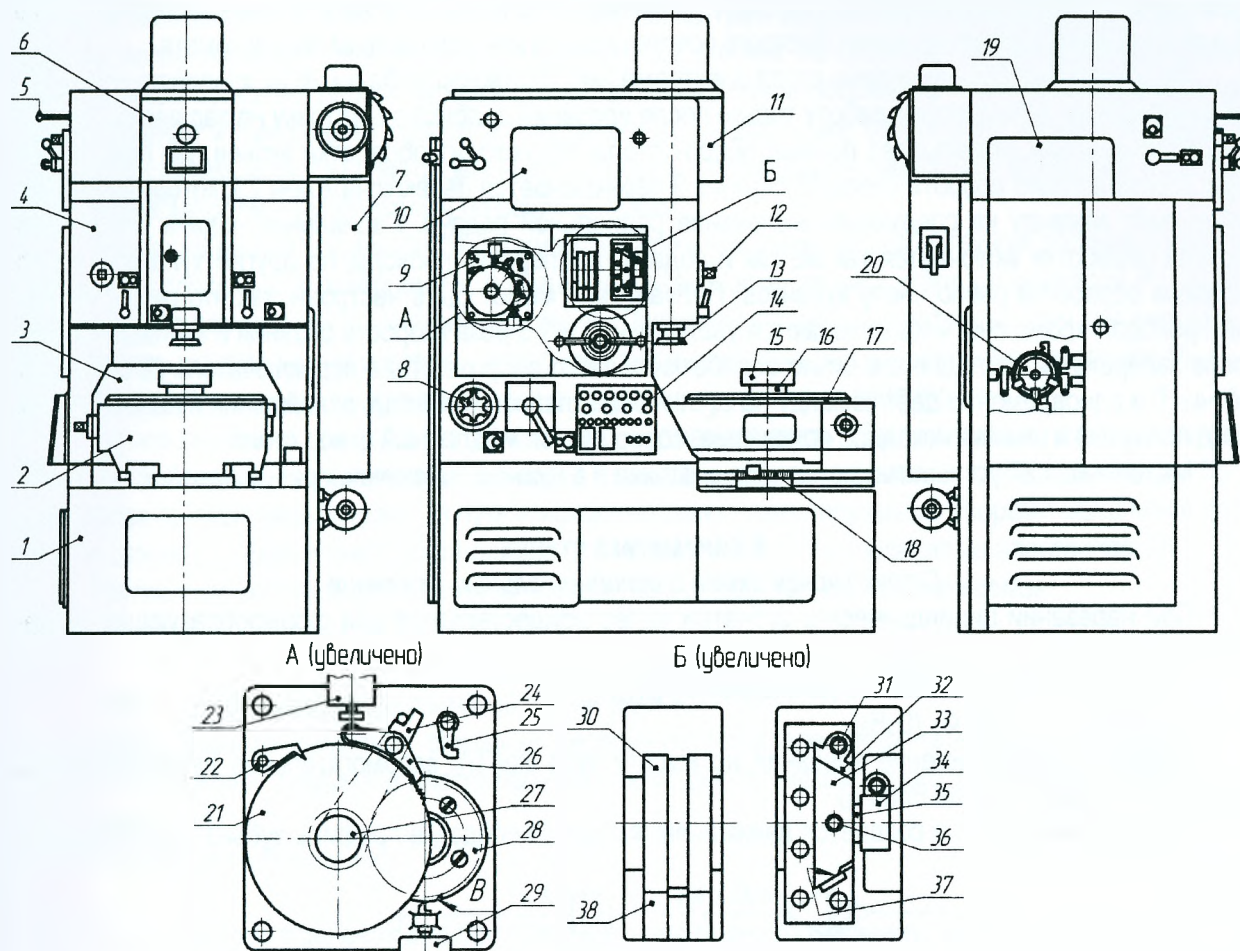
Резание происходит только при рабочем ходе долбяка, а при холостом ходе ползун с долбяком автоматически отходит от заготовки (движение P_5), предотвращая трение по задней грани инструмента.

2 Техническая характеристика станка

| | |
|--|-----------|
| Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм | 8 |
| Наибольший диаметр вершин зубьев нарезаемого колеса, мм | 500 |
| Наибольшая ширина венца, мм | 100 |
| Номинальный делительный диаметр долбяка, мм | 100 |
| Количество ступеней двойных ходов долбяка | 6 |
| Пределы чисел двойных ходов долбяка в минуту | 65-450 |
| Пределы круговых подач (на один двойной ход долбяка), мм | 0,14-0,75 |
| Пределы радиальных подач (на один двойной ход долбяка), мм | 0,025-0,1 |
| Величина отвода долбяка при холостом ходе, мм | 0,45 |

3 Основные узлы и органы управления станком

Основные узлы станка и расположение органов управления показаны на рисунке 1.2.



1 - станина; 2 - салазки; 3 - верхняя часть стола; 4 - стойка; 5 - рукоятка; 6 - суппорт; 7 - электрошкаф; 8 - дроссель; 9 - счётчик; 10 - коробка подачи; 11 - корпус суппорта; 12 - хвостовик; 13 - долбяк; 14 - панель; 15 - заготовка; 16 - гидротрон; 17 - стол; 18 - шкала; 19 - коробка скоростей; 20 - барабан; 21 - колесо храповое; 22 - собачка; 23 - электромагнит; 24 - рычаг; 25 - собачка; 26 - собачка; 27 - маховичок; 28 - диск; 29 - переключатель; 30 - эксцентрик; 31 - винт; 32 - клин; 33 - ползушка; 34 - камень; 35 - палец; 36 - винт; 37 - шкала; 38 - подшипник

Рисунок 1.2 - Зубодолбёжный полуавтомат 5140

Станина 1 является основанием станка и имеет горизонтальные направляющие для радиального перемещения стола 17. В стойке 4 расположены механизмы станка, а на боковых стенках и панели 14 - органы управления станком. Стол 17 состоит из двух основных частей: салазок 2, перемещающихся по направляющим станины для отвода и подвода заготовки 15 к долбяку 13, и верхней части 3 стола, которая сообщает заготовке вращательное движение.

Суппорт 6 состоит из корпуса 11, червячного колеса, каретки и штосселя. Чтобы установить заданную величину хода L долбяка винтом 31 и клином 32 освобождают ползушку 33 от зажима и винтом 36 устанавливают ползушку по делениям шкалы 37 так, чтобы ось пальца 35 и камня 34 располагалась на расстоянии $L/2$ от оси вала. На валу установлен эксцентрик 30. При ходе каретки и долбяка вверх эксцентрик нажимает на подшипник 38, который через систему рычагов слегка поворачивает корпус суппорта, отводя долбяк от заготовки при его обратном ходе.

По окончании врезания долбяка на заданную глубину в заготовку автоматически включаются счётчик 9 и круговая подача. Счётчик предназначен для автоматического переключения полуавтомата после поворота стола с заготовкой на один оборот. При каждом обороте вала кулачок (на рисунке не показан) сообщает рычагу 24 качательное движение. Собачка 26, соединённая с рычагом, поворачивает храповое колесо 21 на один зуб. При этом собачка 22 удерживает колесо 21 от поворота его в обратную сторону. Вращение храпового колеса через пару колёс с передаточным отношением 1:2 передаётся на диск 28. В паз В на диске 28 после каждого его оборота заходит шток переключателя 29, и включается следующая

радиальная подача - радиальный отвод стола. За один оборот диска 28 храповое колесо 21 делает два оборота, а так как оно имеет 140 зубьев, то рычаг 24 совершает 280 качательных движений. За 280 оборотов вала стол поворачивается на 1 оборот. Собачкой 25 отключаются качательные движения рычага 24 и выключается счётчик на время быстрого поворота стола или при наладке полуавтомата.

Во время радиальной подачи стола электромагнит 23 отводит собачку 26 от храпового колеса 21. Поэтому счётчик включается в работу только после врезания долбяка в заготовку на заданную глубину.

Пока счётчик отсчитывает полный оборот стола, происходит обработка зубьев при первом проходе. После полного оборота стола 17 счётчик 9 переключается переключателем 29, который одновременно даёт команду на следующее включение радиальной подачи. Радиальная подача для второго прохода обработки включается так же как и подача для первого прохода, но другим кулачком. Число проходов обработки равно числу кулачков. Полуавтомат может быть настроен, так что перед последним проходом кроме счётчика включаются увеличенная в 1,5 раза скорость резания и круговая подача. После завершения последнего в цикле обработки полного оборота стола переключатель 29 отключает счётчик 9 и одновременно даёт команду на отключение главного привода, охлаждения и на ускоренный отвод ползушки в нижнее исходное положение, совершается медленный отвод стола.

Маховичком 27 устанавливают колёса счётчика 9 в нужное положение при наладке.

4 Кинематика станка

Структурная схема и исполнительные движения

При нарезании цилиндрических зубчатых колёс осуществляется два формообразующих движения (рисунок 1.3):

- движение резания (главное движение) Φ_V (Π_1);
- движение подачи Φ_S (B_2B_3).

Имеется также движение врезания на высоту зуба $V_p(\Pi_4)$, вспомогательное движение отвода долбяка при холостом ходе $V_{сп}(\Pi_5)$.

Форма зуба на длине создаётся движением Φ_S (метод следа), а профиль зубьев - движением Φ_V (метод обката).

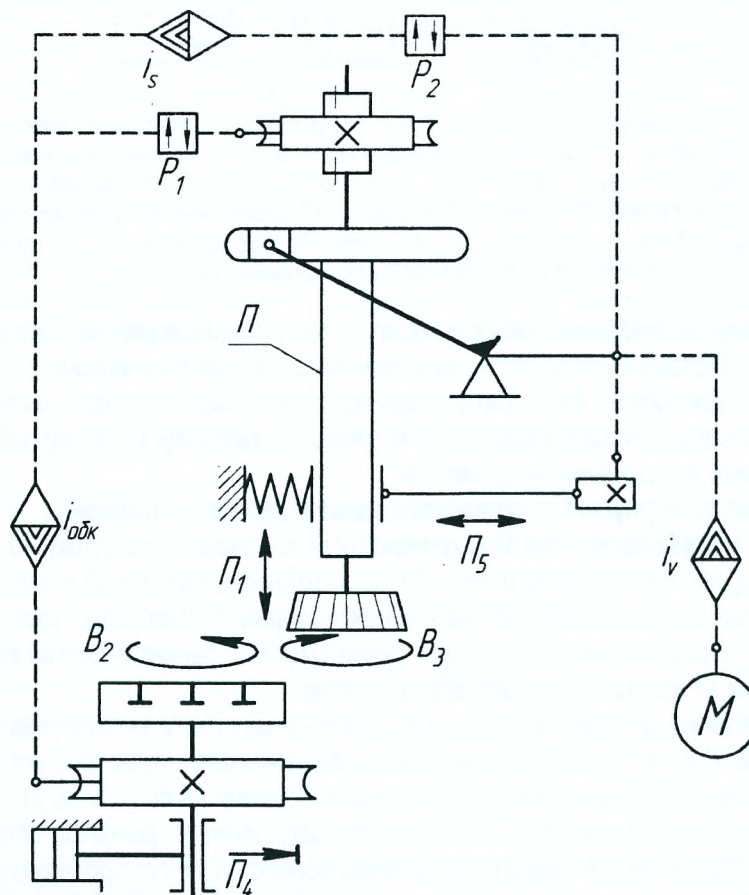


Рисунок 1.3 - Кинематическая структура зубодолбежного станка

Группа движения резания Φ_V (Π_1) простая. Её внутренняя связь выполнена в виде поступательной кинематической пары. Внешняя связь проходит от двигателя M до ползуна Π через орган настройки i_V и кулисный механизм. Движение Φ_V настраивается по трём параметрам: на путь (длину хода) - смещением ползушки кривошипного пальца кулисного механизма; на скорость - переключением электродвигателя или зубчатых блоков коробки скоростей; на исходное положение - выводом долбяка в крайнее положение и смещением суппорта. Настройка на направление отсутствует. Возможна настройка траектории путём установки винтовых направляющих ползуна (для нарезания косозубых колёс), поставляемых заводом-изготовителем по особому заказу.

Группа движения подачи Φ_S (B_2B_3) имеет внутреннюю связь между ползуном долбяка и столом с органом настройки $i_{обк}$ и реверсом P_1 , и внешнюю связь с органом настройки i_s и реверсом P_2 , по которой движение передаётся во внутреннюю связь. Движение Φ_S настраивается по трём параметрам: на траекторию - гитарой $i_{обк}$; на скорость - коробкой круговых подач i_s ; на направление - реверсом P_2 .

Реверс P_1 позволяет нарезать колёса внешнего и внутреннего зацепления.

Группа движения врезания Φ_r (Π_4) простая. Внутренняя связь обеспечивается поступательной кинематической парой, внешняя связь проходит от гидроцилиндра до салазок станка. Движение Φ_r настраивается по трём параметрам: на путь и исходную точку - регулируемые упоры механизма врезания; на скорость - дросселем гидроцилиндра. На направление цепь врезания не настраивается.

Группа вспомогательного движения отвода $\Phi_{сп}$ (Π_5) простая, не настраиваемая.

Кинематическая схема и расчётные цепи станка

Станок имеет следующие расчётные цепи (рисунок 1.4).

Цель главного движения связывает вращение вала электродвигателя с возвратно-поступательным движением долбяка и настраивается с помощью двухскоростного электродвигателя M_1 и коробки скоростей.

Расчётные перемещения:

$$n_э, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n, \text{ дв.х./мин},$$

где $n_э$ - частота вращения электродвигателя цепи главного движения, мин^{-1} ;

n - число двойных ходов долбяка, дв.х./мин .

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$n_э \cdot \frac{100}{160} \cdot 0,985 \cdot i_V \cdot \frac{180}{355} \cdot 0,985 = n, \text{ дв.х./мин},$$

где i_V - передаточное отношение коробки скоростей станка;

0,985 - коэффициент проскальзывания ремня.

$$i_V = \frac{\left| \begin{array}{c} 29 \\ 59 \\ 36 \\ 52 \\ 44 \\ 44 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{c} 29 \\ 65 \\ 47 \\ 47 \end{array} \right|}$$

Цель движения обката (деления) связывает вращение долбяка и вращение заготовки. Расчётные перемещения:

$$\frac{1}{Z_d} \text{ об. долб.} \rightarrow \frac{1}{Z} \text{ об. заготовки},$$

где Z - число зубьев обрабатываемой заготовки;

Z_d - число зубьев долбяка.

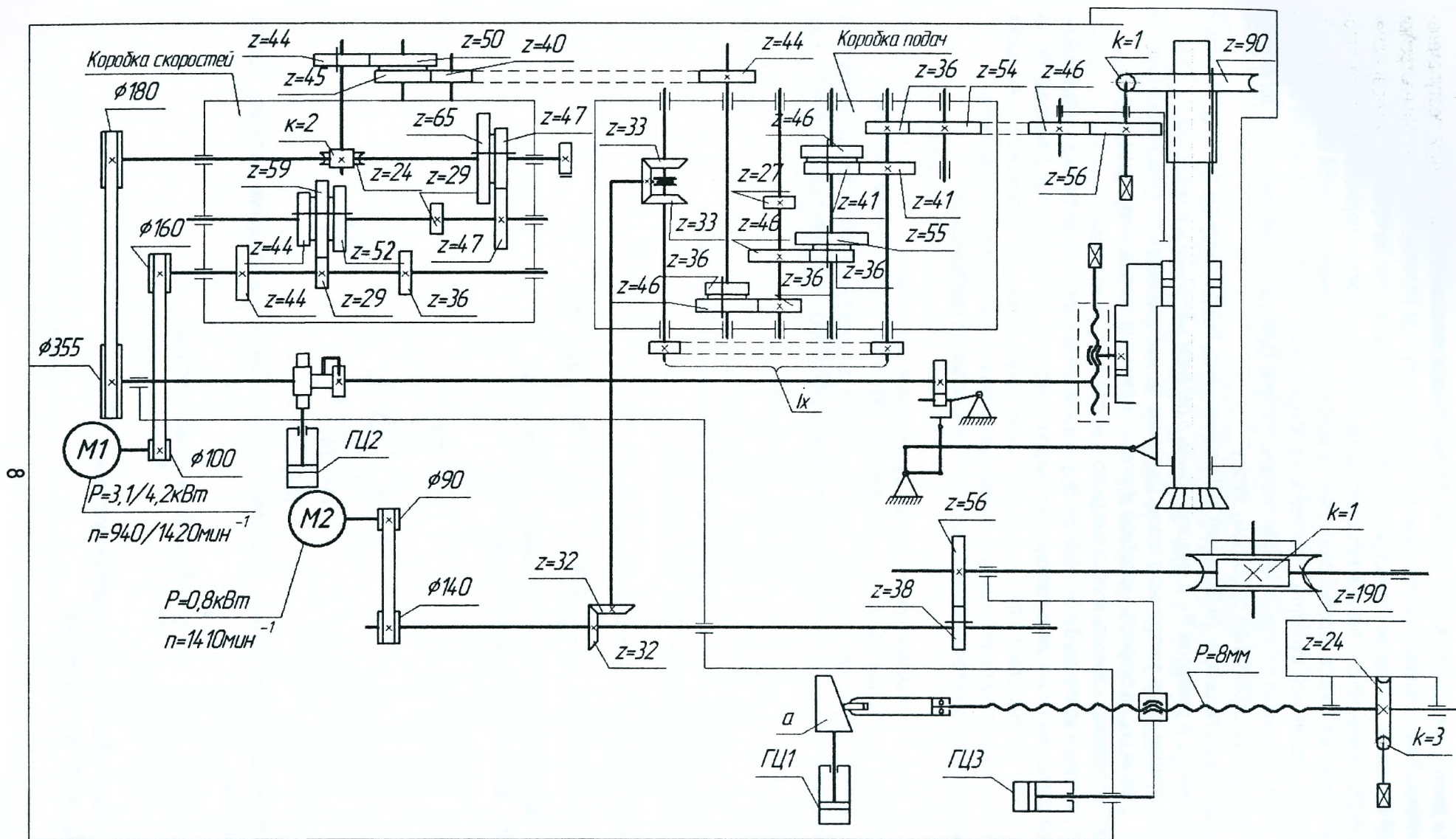


Рисунок 1.4 - Кинематическая схема зубодолбёжного станка 5140

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{\text{об.долб.}} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{56}{46} \cdot \frac{46}{54} \cdot \frac{54}{36} \cdot i_x \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{38}{56} \cdot \frac{1}{190} = \frac{Z_D}{Z},$$

где i_x - передаточное отношение двухпарной гитары цепи обката.

Внешняя связь этой группы состоит из кинематической цепи, связывающей электродвигатель М1 и внутреннюю связь группы по цепи,

$$M_1 - \frac{100}{160} \cdot i_v \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{44}{40} \cdot \frac{40}{45} \cdot \frac{45}{44} - \text{коробка круговых подач.}$$

Цилиндрическое колесо $z=36$ (из передачи $36/54$ на выходе из коробки круговых подач) является звеном присоединения внешней связи к внутренней.

Цепь круговой подачи связывает поступательное перемещение ползуна с вращением долбья. Расчётные перемещения:

$$1 \text{ дв.ход.долб.} \rightarrow 1 \cdot \frac{S_{\text{кр}}}{\pi \cdot m \cdot Z_D},$$

где m - модуль нарезаемого колеса, мм.

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{\text{дв.ход.}} \cdot \frac{355}{180} \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{44}{50} \cdot \frac{45}{40} \cdot \frac{40}{44} \cdot i_{\text{кп}} \cdot \frac{36}{54} \cdot \frac{54}{46} \cdot \frac{46}{56} \cdot \frac{1}{90} = \frac{S_{\text{кр}}}{\pi \cdot m \cdot Z_D},$$

где $i_{\text{кп}}$ - передаточное отношение коробки подач.

$$i_{\text{кп}} = \frac{\left| \frac{46}{36} \right| \cdot \left| \frac{46}{36} \right| \cdot \left| \frac{46}{36} \right|}{\left| \frac{36}{36} \right| \cdot \left| \frac{27}{41} \right| \cdot \left| \frac{41}{41} \right|}.$$

Внешняя связь этой группы:

$$M_1 - \frac{100}{160} - i_v$$

Червяк с числом заходов $z=2$ является звеном присоединения внешней связи к внутренней.

Цепь радиальной подачи. Расчётные перемещения:

$$S_P, \text{ мм} \rightarrow 1 \text{ дв. ход долбья}$$

Радиальная подача осуществляется от клиновой ползушки, которая получает перемещение от гидроцилиндра ГЦ1.

Величину подачи устанавливают дросселем, путь - упорами на специальном градуированном диске, исходную точку - ручную через червячную пару $3/24$ и винт с шагом $P=8$ мм.

Радиальная подача лежит в пределах от 0,025 до 0,1 мм/дв. ход. Ускоренный подвод осуществляется гидроцилиндром ГЦ3.

Цель движения ускоренного вращения детали. Расчётные перемещения:

$$n_{M2}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{X.X}, \text{ мин}^{-1}.$$

В станке также имеется ряд устройств, обеспечивающих разные вспомогательные движения: качательное движение суппорта Всп(В₅) (отвод и подвод долбяка к заготовке); ручной поворот внешних связей групп Ф_V(П₁) и Ф_S(В₂В₃) осуществляется с помощью квадрата - Всп(В₆); движение вывода долбяка в верхнее положение от гидроцилиндра ГЦ2 - Всп(П₇) и др.

При нарезании колёс с косым зубом на ползун устанавливают специальные винтовые направляющие (на схеме не показаны).

5 Наладка и настройка станка

При наладке и настройке станка выполняются следующие операции: установка и закрепление инструмента, установка и закрепление заготовки, наладка цепи деления-обката, установка числа двойных ходов инструмента, установка круговой подачи, установка радиальной подачи, установка величины врезания с разбивкой её по проходам, установка величины хода ползуна, установка инструмента относительно заготовки, установка межосевого расстояния.

Расчётные данные и формулы настройки

1. Число двойных ходов долбяка определяют исходя из необходимой скорости резания. Скорость резания V выбирается в зависимости от материала по таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Режимы резания при долблении

| № п/п | Материал | Скорость резания V , м/мин при модуле m , мм | | | | Чистовая круговая подача профилирования $S_{кр}$, мм/дв. ход при модуле m , мм | | | |
|-------|-------------------|--|----|----|----|---|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Бронза и алюминий | 25 | 24 | 23 | 22 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 |
| 2 | Чугун | 21 | 20 | 19 | 18 | 0,7 | 0,6 | 0,55 | 0,6 |
| 3 | Сталь 45 | 22 | 21 | 20 | 19 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,35 |
| 4 | Сталь 15Х или 20Х | 20 | 19 | 18 | 17 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,4 |
| 5 | Сталь 40Х | 18 | 17 | 16 | 15 | 0,4 | 0,35 | 0,35 | 0,25 |

Величина хода L долбяка определяется по формуле:

$$L = b + 2 \dots 5 \text{ мм}, \quad (1.1)$$

где b - ширина венца обрабатываемого колеса,

Скорость резания:

$$V = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (1.2)$$

Расчетное число двойных ходов долбяка:

$$n = \frac{500 \cdot V}{L}, \text{ дв.х./ мин.} \quad (1.3)$$

По рассчитанному n подбирается ближайшее из ряда паспортных значений двойных ходов рассматриваемого станка.

Выразив из уравнения кинематического баланса передаточное отношение коробки скоростей станка i_v , получим формулу настройки цепи главного движения:

$$i_v = \frac{n \cdot 160 \cdot 355}{n_3 \cdot 100 \cdot 0,985 \cdot 180 \cdot 0,985} = 3,25 \cdot \frac{n}{n_3}. \quad (1.4)$$

По найденному i_v определяют порядок включения зубчатых блоков коробки скоростей.

Коробкой скоростей и 2-скоростным двигателем можно обеспечить 12 значений двойных ходов в минуту: 65, 92, 132, 145, 206, 296 (черновая обработка);

99, 140, 200, 220, 310, 450 (чистовая обработка), мин⁻¹.

Числа двойных ходов с черновой обработки на чистовую обработку изменяют переключением частот вращения электродвигателя $n_3=940/1420$ мин⁻¹.

2. Чистовая круговая подача профилирования $S_{кр}$, как дуга поворота долбяка в мм на его двойной ход, выбирается по таблице 1.1.

Черновая круговая подача профилирования принимается

$$S_{кр\ черн}=(1,25\dots 1,58) S_{кр}. \quad (1.5)$$

Решив уравнение кинематического баланса цепи круговых подач относительно $i_{кп}$, получим:

$$i_{кп} = 376,6 \cdot \frac{S_{кр}}{\pi \cdot m \cdot Z_d}. \quad (1.6)$$

Определив значение $i_{кп}$, необходимо определить порядок включения зубчатых колес коробки подач. Круговую подачу устанавливают с помощью трех блоков колес в диапазоне от 0,14 до 0,75 (0,14; 0,18; 0,22; 0,29; 0,36; 0,45; 0,59; 0,75) мм/дв. ход при диаметре долбяка 100 мм.

3. Подача радиального врезания S_p в мм/дв. ход долбяка определяется в зависимости от круговой подачи профилирования:

$$S_p=(0,1\dots 0,2) S_{кр}. \quad (1.7)$$

Радиальная подача лежит в пределах от 0,025 до 0,1 мм/дв.ход.

При мягком материале и малом модуле применяется большая скорость радиального врезания. Величина скорости радиального врезания определяется расходом масла в гидроцилиндре ГЦ1 врезания и настраивается дросселем. Отсчёт установки дросселя в требуемое положение производится по лимбу. Число M устанавливаемых делений определяется по формуле настройки:

$$M=0,6 \cdot n \cdot S_p. \quad (1.8)$$

4. Настройка цепи деления-обката для согласования вращения долбяка и стола осуществляется через гитару деления. Решив уравнение кинематического баланса цепи обката относительно i_x , получим:

$$i_x = \frac{Z_d \cdot 36 \cdot 190}{Z \cdot 38 \cdot 90} = 2 \cdot \frac{Z_d}{Z}. \quad (1.9)$$

Гитара двупарная. Формула настройки имеет вид:

$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{2 \cdot Z_d}{Z}. \quad (1.10)$$

При настройке рекомендуется принимать $c=z_d$ или $c=2 \cdot z_d$. Межосевое расстояние первой пары постоянно. Условие сцепляемости колёс гитары:

$$a+b=120. \quad (1.11)$$

Набор сменных колёс гитары деления: 24, 30, 32, 36, 40, 41, 45, 46, 48; 50, 52, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 100, 101, 102.

Указания по наладке станка

Наладку станка на обработку прямозубого цилиндрического колеса начинают с установки сменных зубчатых колёс в гитару деления i_x и установки величины круговой подачи $S_{кр}$. Настройка числа двойных ходов ползуна $p_{дв. ход}$ и скорости радиального врезания в работе не производится.

Для установки глубины врезания долбяка в заготовку, т.е. глубины впадины зуба обрабатываемого колеса (настройка на путь движений $\Phi_S(B_2B_3)$ и $B_p(P_4)$), служат упоры, которые закрепляются на градуированном диске, расположенном в нише на задней стойке станка. Число устанавливаемых упоров зависит от числа проходов и равно числу проходов при врезании. Расстояние между упорами, выраженное в делениях шкалы диска, соответствует величинам глубины врезания по проходам. При однопроходном врезании устанавливаются только один упор №1. При врезании на два прохода на диске устанавливаются два упора - №1 и №2.

На станке можно производить обработку шестерён внешнего и внутреннего зацепления по одному из следующих циклов:

- наладка;
- полуавтомат.

Наладочный цикл

При работе в режиме НАЛАДКА на станке могут быть выполнены следующие операции:

- пуск гидропривода;
- зажим и отжим детали;
- подвод и отвод изделия со столом к инструменту;
- включение радиального врезания;
- ускоренное вращение стола;
- включение и выключение охлаждения;
- включение и выключение круговой подачи;
- включение и выключение счётчика.

Все указанные операции могут выполняться на станке в любой последовательности независимо друг от друга за исключением включения гидропривода, который должен быть включен прежде чем приступить к выполнению любой из указанных операций; радиальное врезание включается при подведённом столе.

Управление всеми указанными элементами работы станка производится с пульта посредством соответствующих кнопок и переключателей.

Пуск гидропривода и главного привода осуществляется от соответствующих кнопок на пульте станка.

Ускоренное вращение стола включается соответствующей кнопкой на пульте станка. Включение быстрого вращения стола производится при среднем положении рукоятки.

Полуавтоматический цикл

Полуавтоматический цикл работы станка включает полную обработку детали за исключением установки и снятия её со станка.

На полуавтоматическом цикле можно обрабатывать шестерни внутреннего и внешнего зацепления в один, два и больше проходов.

Для включения полуавтоматического цикла на станке необходимо:

- включить гидропривод;
- установить переключатель циклов в позицию ПОЛУАВТОМАТ;
- установить механизмы станка (в наладочном режиме) в исходные позиции, т.е. стол в крайнем отведённом положении, радиальную подачу выключить, установить упоры глубины проходов, шпиндель инструмента вывести вверх (при нарезке колёс внутреннего зацепления). Подвести стол в зону резания (если по окончании цикла стол должен оставаться в зоне резания).

Должны быть настроены: число двойных ходов инструмента, величина подачи, ход и высота инструмента над столом. Счётчик должен стоять в исходном положении и быть включенным.

При работе в два или три прохода на пульте станка устанавливается черновая и чистовая подачи. Если по циклу обработки необходимо переключение скорости с черновой на чистовую, то переключатель скорости на пульте станка устанавливается в позиции ЧИСТОВАЯ СКОРОСТЬ.

Переключение подачи числа двойных ходов инструмента производится по циклу при переходе с черновых проходов к чистовым.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить процесс нарезания зубчатого колеса долбяком, назначение, технические характеристики и основные узлы станка 5140.
2. Ознакомиться со структурной схемой и исполнительными движениями зубодолбёжного станка.
3. Изучить расчетные перемещения конечных звеньев кинематических цепей и записать уравнения кинематического баланса для каждой цепи станка по кинематической схеме.
4. Ознакомиться с основными операциями наладки станка на нарезание цилиндрического зубчатого колеса.
5. Записать исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания (таблица 1.2).
6. Назначить режимы резания: скорость резания v , м/мин, чистовую круговую подачу $S_{кр}$, мм/об (таблица 1.1).
7. Определить величину хода L долбяка по формуле (1.1), расчетное число двойных ходов долбяка по формуле (1.3) и подобрать ближайшее паспортное значение, определить передаточное отношение коробки скоростей станка i_v по формуле (1.4) и порядок включения зубчатых блоков коробки скоростей.
8. Определить значение круговой подачи, передаточное отношение $i_{кп}$ коробки подач по формуле (1.6) и порядок включения блоков зубчатых колёс коробки подач.
9. Определить величину подачи радиального врезания S_p по формуле (1.7) и число M устанавливаемых делений лимба по формуле (1.8).
10. Рассчитать передаточное отношение гитары деления-обката по формуле (1.9), подобрать числа зубьев сменных зубчатых колёс из имеющегося комплекта, выдерживая условие сцепляемости колёс гитары (1.11).
11. Ознакомиться с указаниями по наладке станка.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Тема и цель выполняемой работы.
2. Структурная схема и исполнительные движения зубодолбёжного станка.
3. Расчетные перемещения конечных звеньев кинематических цепей, уравнения кинематического баланса для каждой цепи станка.
4. Исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания.
5. Режимы резания.
6. Расчёт настройки цепи главного движения.
7. Расчёт цепи круговой подачи.
8. Расчёт радиальной подачи.
9. Расчёт настройки цепи обката.
10. Вывод

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Покажите на кинематической схеме внутреннюю и внешнюю кинематические связи группы движения резания $\Phi_v(\Gamma_1)$, звено соединения этих связей и органы настройки.
2. Покажите на кинематической схеме внутреннюю и внешнюю кинематические связи группы движения подачи $\Phi_s(B_2B_3)$, звено соединения этих связей и органы настройки.
3. Покажите на кинематической схеме внутреннюю и внешнюю кинематические связи группы движения радиального врезания $\Phi_p(\Gamma_4)$, звено соединения этих связей и органы настройки.
4. Покажите на схеме механизм отвода суппорта с долбяком от заготовки во время поступательного обратного хода ползуна.
5. Напишите условной записью необходимые исполнительные движения формообразования, деления и врезания при нарезании зуборезным долбяком цилиндрического колеса с винтовыми зубьями и определите метод геометрического образования боковых поверхностей зубьев.
6. Какие подачи применяются на станке, какова их размерность?
7. Укажите расчётные цепи и запишите расчётные перемещения для вывода формул настройки частоты двойных ходов ползуна, гитары деления и круговой подачи.

Таблица 1.2 - Исходные данные

| Вариант | Параметры нарезаемого колеса | | | | Параметры долбяка | |
|---------|------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| | Модуль m , мм | Число зубьев z | Ширина венца b , мм | Материал | Модуль m , мм | Число зубьев z |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1,5 | 48 | 18 | Бронза | 1,5 | 68 |
| 2 | 2,0 | 72 | 25 | Алюминий | 2,0 | 50 |
| 3 | 2,5 | 56 | 30 | Сталь 45 | 2,5 | 40 |
| 4 | 3,0 | 46 | 36 | Сталь 15Х | 3,0 | 34 |
| 5 | 3,5 | 40 | 40 | Сталь 40Х | 3,5 | 28 |
| 6 | 4,0 | 32 | 45 | Сталь 20Х | 4,0 | 25 |
| 7 | 1,5 | 46 | 15 | Чугун | 1,5 | 68 |
| 8 | 2,0 | 64 | 20 | Сталь 45 | 2,0 | 50 |
| 9 | 2,5 | 50 | 25 | Сталь 20Х | 2,5 | 40 |
| 10 | 3,0 | 43 | 30 | Алюминий | 3,0 | 34 |
| 11 | 3,5 | 38 | 35 | Сталь 45 | 3,5 | 28 |
| 12 | 4,0 | 36 | 40 | Сталь 15Х | 4,0 | 25 |
| 13 | 1,5 | 42 | 12 | Сталь 40Х | 1,5 | 68 |
| 14 | 2,0 | 58 | 16 | Чугун | 2,0 | 50 |
| 15 | 2,5 | 42 | 20 | Сталь 45 | 2,5 | 40 |
| 16 | 3,0 | 37 | 24 | Сталь 20Х | 3,0 | 34 |
| 17 | 3,5 | 31 | 30 | Алюминий | 3,5 | 28 |
| 18 | 4,0 | 25 | 32 | Чугун | 4,0 | 25 |
| 19 | 1,5 | 40 | 18 | Сталь 40Х | 1,5 | 68 |
| 20 | 2,0 | 55 | 25 | Сталь 20Х | 2,0 | 50 |
| 21 | 2,5 | 38 | 30 | Сталь 45 | 2,5 | 40 |
| 22 | 3,0 | 29 | 36 | Чугун | 3,0 | 34 |
| 23 | 3,5 | 30 | 40 | Чугун | 3,5 | 28 |
| 24 | 4,0 | 22 | 45 | Алюминий | 4,0 | 25 |
| 25 | 1,5 | 36 | 15 | Сталь 45 | 1,5 | 68 |
| 26 | 2,0 | 48 | 20 | Сталь 15Х | 2,0 | 50 |
| 27 | 2,5 | 32 | 25 | Сталь 40Х | 2,5 | 40 |
| 28 | 3,0 | 34 | 30 | Сталь 20Х | 3,0 | 34 |
| 29 | 3,5 | 26 | 35 | Сталь 45 | 3,5 | 28 |
| 30 | 4,0 | 21 | 40 | Чугун | 4,0 | 25 |

Лабораторная работа №2

Тема: «Настройка зубофрезерного станка модели 5К301П на нарезание цилиндрического колеса»

Цель работы:

- изучение конструкции и кинематики станка;
- расчёт настройки зубофрезерного станка.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Процесс нарезания зубчатого колеса червячной фрезой

Формообразование цилиндрического зубчатого колеса по методу обкатки заключается в том, что в процессе обработки воспроизводится червячное зацепление, один элемент которого (червяк 1) является режущим инструментом, а другой (колесо 2) - заготовкой (рисунок 2.1). Для получения прямозубого колеса необходимо обеспечить следующие движения: вращение червячной фрезы V_1 , вращение заготовки V_2 , и вертикальное перемещение заготовки V_3 .

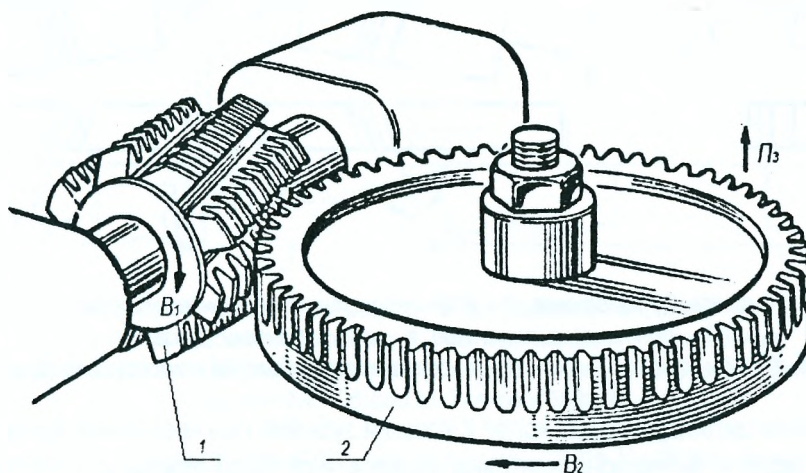


Рисунок 2.1 - Схема нарезания цилиндрического зубчатого колеса

При нарезании косозубого колеса с винтовым зубом, кроме обкаточного движения, сообщается дополнительное вращение заготовки, обеспечивающее образование винтовых зубьев.

Представим себе нарезаемое колесо настолько широким, что на нём разместится полный виток винтовой линии зуба (рисунок 2.2).

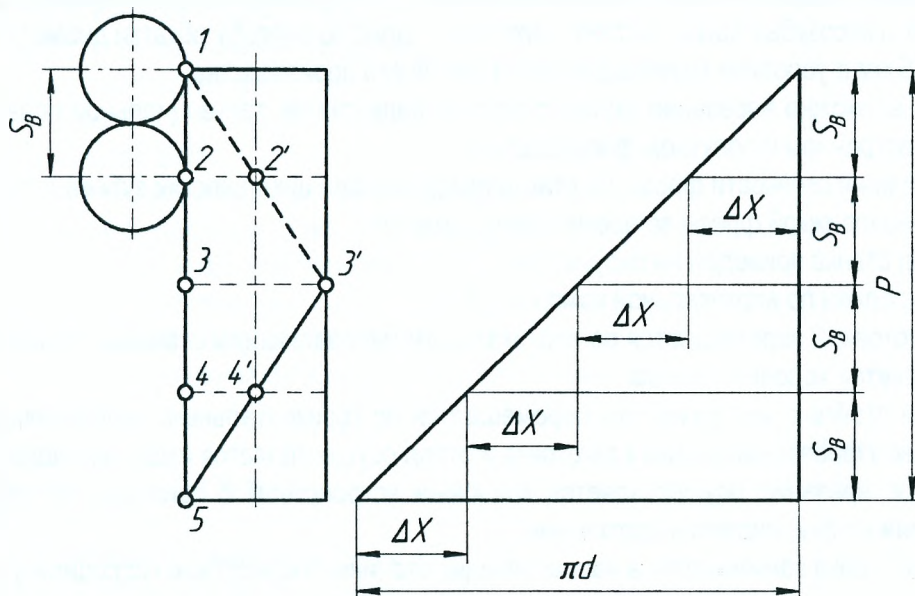
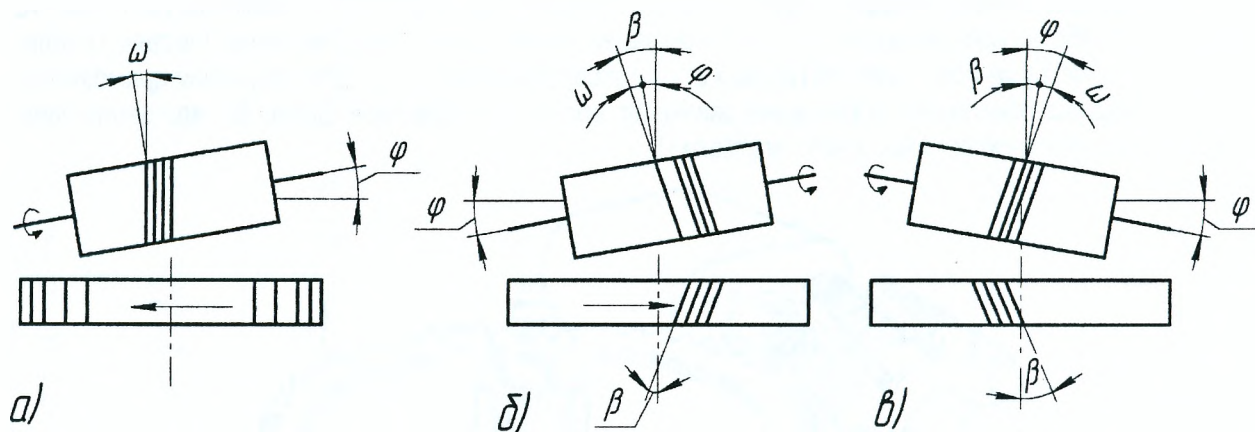


Рисунок 2.2 - Схема образования зубьев цилиндрического косозубого колеса

При повороте заготовки на один оборот фреза перемещается вдоль её оси на величину вертикальной подачи S_B . При этом фреза займёт положение 2. Но для получения винтового зуба она должна переместиться в положение 2'. Для этого необходимо, чтобы заготовка дополнительно повернулась на величину ΔX . За второй оборот заготовки фреза должна переместиться по вертикали ещё на величину S_B и т.д. Из рисунка видно, что $\Sigma \Delta X = \pi \cdot d$, а $\Sigma S_B = P$. Таким образом, для получения винтовых зубьев необходимо, чтобы за время перемещения фрезерного суппорта на шаг P нарезаемой спирали заготовка совершила один дополнительный оборот.

Схемы нарезания цилиндрического прямозубого и косозубого колеса представлены на рисунке 2.3.



1 – фреза; 2 – заготовка; ω – угол наклона винтовой канавки фрезы;
 β – угол наклона линии зуба; ϕ – угол установки фрезы

Рисунок 2.3 – Схемы нарезания цилиндрического прямозубого (а) и косозубого (б, в) колёс

При фрезеровании цилиндрических колёс с косыми зубьями ось червячной фрезы устанавливают следующим образом: если углы наклона винтовых канавок червячной фрезы ω и нарезаемого колеса β одноименны (оба левые или оба правые), то угол установки фрезы ϕ равен: $\phi = \beta - \omega$ (рисунок 2.3, б); если углы наклона винтовых канавок червячной фрезы ω и нарезаемого колеса β разноименны, то угол установки червячной фрезы ϕ равен: $\phi = \beta + \omega$ (рисунок 2.3, в).

2 Назначение и основные узлы станка

Зубофрезерный вертикальный станок модели 5К301П предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых колёс, а также червячных колёс по способу обкатки диаметром до 125 мм и модулем до 2,5 мм в условиях мелкосерийного и серийного производства.

На станке возможно нарезание зубьев с осевой, радиальной, тангенциальной подачами червячной фрезы, при встречном и попутном фрезеровании.

Для увеличения стойкости фрезы на станке предусмотрен цикл нарезки зубьев с автоматической мелкошаговой передвижкой фрезы во время съёма деталей.

Общий вид станка приведён на рисунке 2.4.

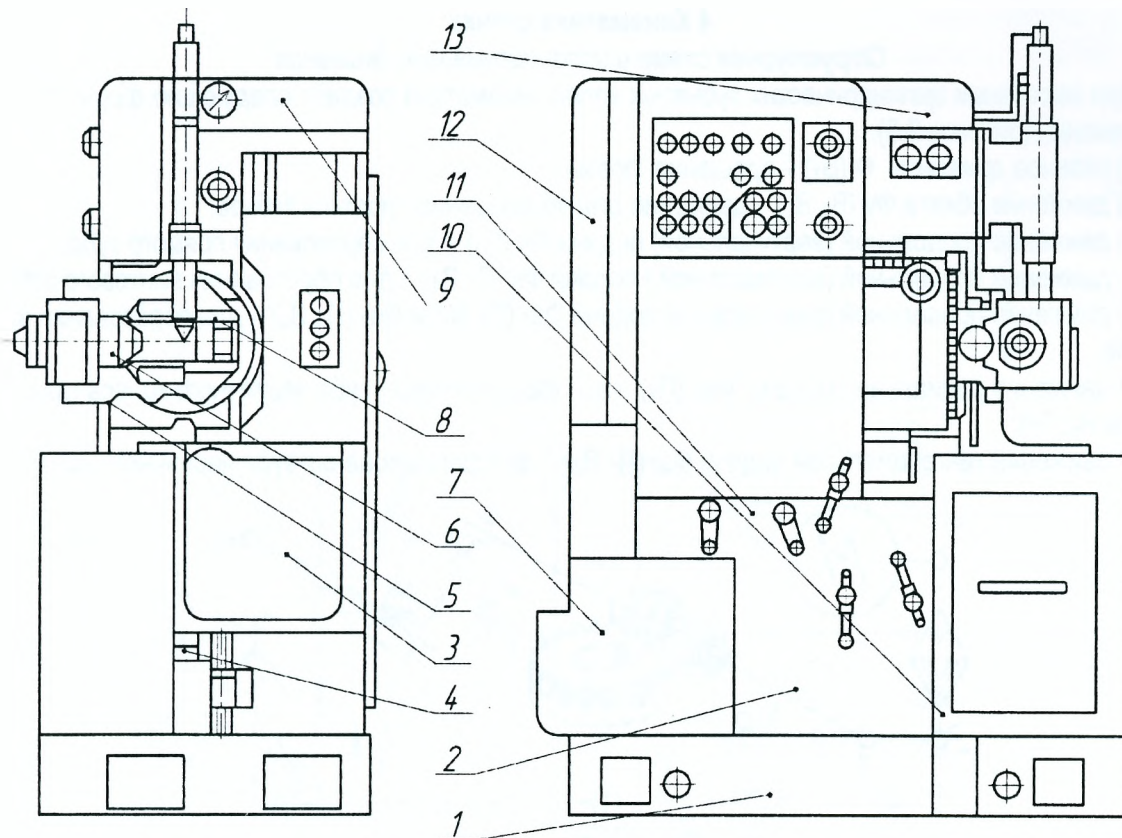
Станок выполнен по вертикальной компоновке.

Стол с заготовкой перемещается по вертикальным направляющим станины, осевая подача заготовки осуществляется ходовым винтом.

Фрезерная стойка с инструментом перемещается по горизонтальным направляющим станины, ускоренный подвод фрезерной стойки к заготовке и отвод осуществляется гидроцилиндром.

Радиальное врезание осуществляется клиновым устройством с приводом от гидроцилиндра, скорость врезания устанавливается дросселем.

Фрезерная стойка зажимается на направляющих станины посредством гидроцилиндра.



1 - станина; 2 - коробка подачи; 3 - стол; 4 - гидроцилиндр; 5 - фрезерная стойка; 6 - фрезерный суппорт;
 7 - привод; 8 - система охлаждения; 9 - система смазки; 10 - ограждение;
 11 - привод насоса гидросистемы; 12 - электрооборудование; 13 - гидрооборудование

Рисунок 2.4 - Общий вид станка 5K301П

Фрезерный суппорт перемещается вдоль оси инструмента по V-образным направляющим от ходового винта, что обеспечивает точность перемещения и жёсткость узла. При работе без осевого перемещения инструмента фрезерный суппорт зажимается на направляющих станины посредством двух гидроцилиндров.

3 Основные технические данные и характеристики станка

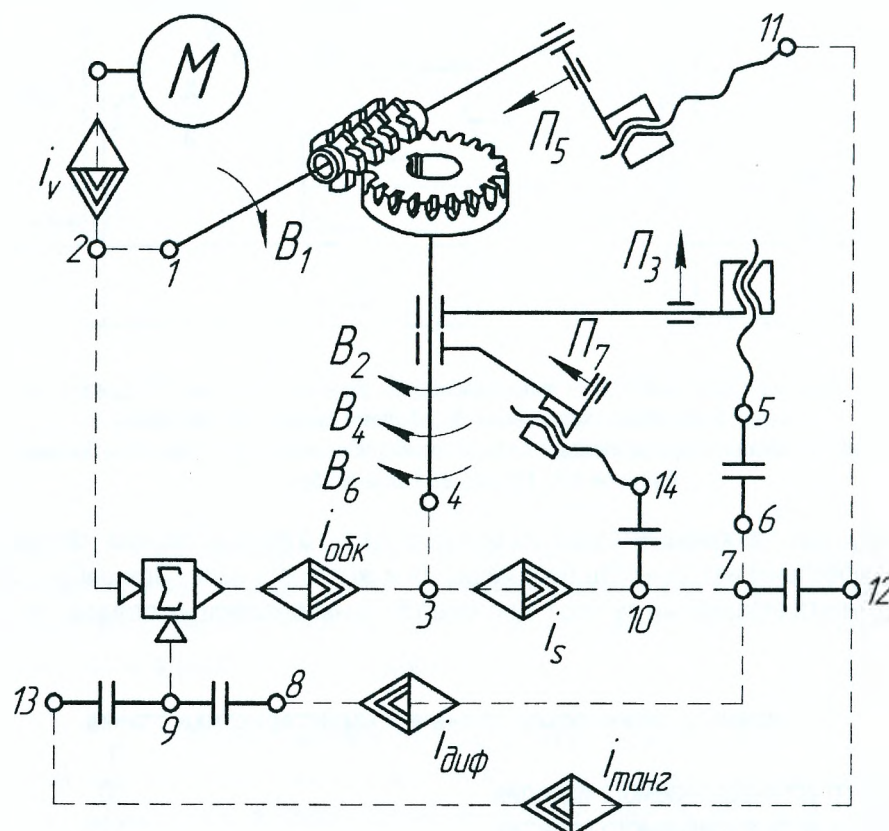
| | |
|---|----------|
| Класс точности | П |
| Наименьший диаметр устанавливаемого изделия | 10 |
| Наибольший диаметр устанавливаемого изделия | 125 |
| Наибольшая ширина нарезаемых колёс, мм | |
| прямозубых | 100 |
| косозубых, при $\beta \geq 30^\circ$ | 80 |
| Наибольший модуль нарезаемых колёс по ГОСТ 9563-80, мм | 2,5 |
| Наибольший угол наклона нарезаемых зубьев, град | ± 45 |
| Количество ступней частоты вращения шпинделя фрезы | 8 |
| Пределы частоты вращения фрезы, мин ⁻¹ | 100-500 |
| Скорость ускоренного перемещения стола, м/мин | 0,325 |
| Скорость ускоренного перемещения фрезерного суппорта, м/мин | 2 |
| Пределы подачи, мм/мин | |
| осевой | 0,35-45 |
| радиальной (бесступенчато) | 0,4-60 |
| тангенциальной | 0,18-16 |
| Мощность электродвигателя главного движения, кВт | 2,2 |
| Мощность электродвигателя гидравлики и подачи, кВт | 1,5 |
| Мощность электродвигателя насоса охлаждения, кВт | 0,12 |

4 Кинематика станка

Структурная схема и исполнительные движения

При нарезании цилиндрических зубчатых колёс кинематика создаёт следующие формообразующие движения (рисунок 2.5):

- 1) главное движение Φ (B_1) – вращение фрезы;
- 2) движение обката Φ_v (B_1, B_2) – движение для образования профиля зубьев;
- 3) движение продольной (вертикальной) подачи Φ_s (Γ_3) – для образования прямого зуба;
- 4) движение продольной (вертикальной) подачи Φ_s (Γ_3, B_4) – для образования винтового зуба;
- 5) движение продольной диагональной подачи Φ_{s_1} (Γ_3, B_4) и Φ_{s_2} (Γ_5, B_6) – для образования винтового зуба;
- 6) движение радиальной подачи Φ_{s_p} (Γ_7) – для формирования зуба червячного колеса (движение врезания B_p, Γ_7);
- 7) движение тангенциальной подачи Φ_{s_2} (Γ_5, B_6) – для формирования зуба червячного колеса.



i_v – гитара цепи главного движения; i_s – гитара цепи подачи; $i_{обк}$ – гитара цепи обката (деления);

$i_{диф}$ – гитара цепи дифференциала; $i_{танг}$ – гитара цепи тангенциальной подачи

Рисунок 2.5 – Кинематическая структура зубофрезерного станка 5К301П

Кинематическая схема (рисунок 2.6) и расчётные цепи станка

Цепь главного движения. Конечные звенья: электродвигатель М2 ($N = 2,2$ кВт, $n = 950$ мин⁻¹) и шпиндель IV с фрезой.

Расчетные перемещения:

$$n_{э2}, \text{ мин}^{-1} \text{ вала электродвигателя} \rightarrow n, \text{ мин}^{-1} \text{ фрезы.}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$950 \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{26}{30} \cdot \frac{24}{78} = n, \text{ мин}^{-1},$$

где d_1, d_2 – диаметры ступенчатых шкивов, мм;

a, b – диаметры сменных шкивов, мм.

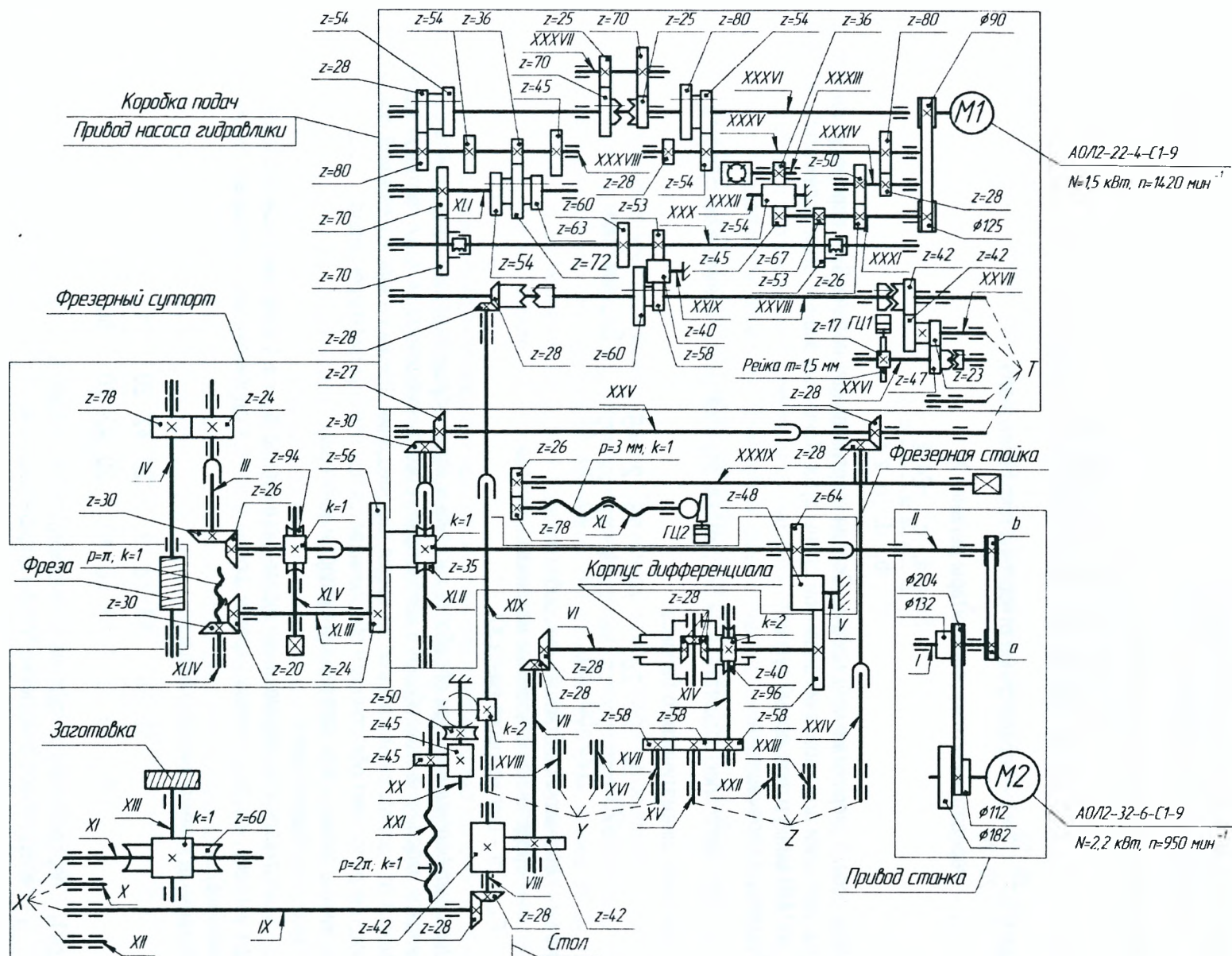


Рисунок 2.6 - Кинематическая схема зубофрезерного станка 5K301П

Цель обкатки (деления). Конечные звенья: шпиндель с фрезой и заготовка.

Расчетные перемещения:

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

где k – число заходов червячной фрезы;

z – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$\frac{1}{k} \cdot \frac{78}{24} \cdot \frac{30}{26} \cdot \frac{64}{48} \cdot \frac{48}{96} \cdot i_d \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_x \cdot \frac{1}{60} = \frac{1}{z},$$

где $i_d = \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} = 1$ – передаточное отношение дифференциала;

i_x – передаточное отношение гитары деления X :

$$i_x = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot k}{z},$$

Цель осевой (вертикальной) подачи. Осевая (вертикальная) подача S_0 – перемещение фрезы вдоль оси заготовки для нарезания заданной длины зуба. Конечные звенья: электродвигатель М1 ($N = 1,5$ кВт, $n = 1420$ мин⁻¹) и фрезерный суппорт.

Расчетные перемещения:

$n_{э1}$, мин⁻¹ вала электродвигателя $\rightarrow S_{0z}$, мм/мин вертикального перемещения суппорта.

Уравнение кинематического баланса:

$$1420 \cdot \frac{90}{125} \cdot \frac{26}{50} \cdot \frac{28}{80} \cdot i_{кп} \cdot \frac{70}{70} \cdot i_p \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{2}{50} \cdot \frac{45}{45} \cdot P_{хв} = S_{0z}, \text{ мм/мин,}$$

где $i_{кп}$ – передаточное отношение коробки подач;

i_p – передаточное отношение механизма реверса;

$P_{хв} = 2\pi$ – шаг ходового винта XXI.

Цель дифференциала. При обработке косозубых колес осуществляется дополнительное вращение шпинделя изделия на один оборот в направлении обкаточного движения или в противоположном (в зависимости от направления спирали) за время перемещения фрезы на шаг нарезаемой спирали P . Это движение дополняет обкаточное и обеспечивается при помощи дифференциала.

Конечные звенья цепи: фрезерный суппорт и заготовка.

Расчетные перемещения:

P , мм вертикального перемещения фрезерного суппорта $\rightarrow \pm 1$ дополнительный оборот заготовки (+ при условии, когда винтовые нарезки фрезы и колеса одноименные, – когда винтовые нарезки разноименные).

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{P}{P_{хв}} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{50}{2} \cdot i_y \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{2}{40} \cdot i_d \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_x \cdot \frac{1}{60} = \pm 1,$$

где i_d – передаточное отношение конического дифференциала, $i_d = 2$;

i_y – передаточное отношение гитары дифференциала.

Для косозубых колес задается угол наклона линии зуба β и нормальный модуль m_n , поэтому шаг нарезаемой спирали P выражается следующей зависимостью:

$$P = \frac{\pi \cdot d_w}{\text{tg}\beta}. \quad (2.1)$$

Делительный диаметр нарезаемого колеса:

$$d_w = m_t \cdot z = \frac{m_n \cdot z}{\cos\beta}, \quad (2.2)$$

где m_t и m_n – торцовый и нормальный модуль нарезаемого колеса.

Исходя из этого:

$$P = \frac{\pi \cdot m_n \cdot z}{\operatorname{tg}\beta \cdot \cos\beta} = \frac{\pi \cdot m_n \cdot z}{\sin\beta}. \quad (2.3)$$

Подставив в уравнение кинематического баланса значения шага P и передаточного отношения цепи обкатки $\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1}$, получим зависимость для определения передаточного отношения гитары дифференциала:

$$i_y = \frac{a_2 \cdot c_2}{b_2 \cdot d_2} = \pm \frac{2 \cdot \sin\beta}{m_n \cdot k}. \quad (2.4)$$

Схемы настройки гитар X , Y и условия сцепляемости колёс приводятся ниже.

При работе с протяжкой инструмента цепь дифференциала осуществляет дополнительный поворот шпинделя изделия при обработке прямозубых колёс с диагональной подачей и червячных колёс с тангенциальной подачей. В данном случае настройка цепи дифференциала осуществляется гитарой Z дифференциала.

Цель периодической передвижки фрезы. Движение периодической передвижки инструмента осуществляется гидроцилиндром ГЦ1, перемещающим рейку $m=1,5$ мм, которая поворачивает зубчатое колесо 37, при этом вал XXVI однооборотной муфтой поворачивает зубчатые колёса 36, 34, гитару T , зубчатые колёса 85, 84, червячную пару 80, 81, зубчатые колёса 70, 69, 72, 71, винт 73, перемещающий суппорт вдоль оси инструмента. Для изменения направления передвижки гитару T настраивают при помощи вала XXVIII.

Шаговая передвижка фрезы производится при снятии-установке изделия только при работе по циклам осевой подачи или радиального врезания и осевой подачи, т.е. когда выключена протяжка инструмента.

Кроме того, гитара T устанавливает скорость протяжки инструмента при обработке прямозубых колёс с диагональной подачей и червячных колёс с тангенциальной подачей.

Цель радиального врезания обеспечивает перемещение фрезерной стойки вместе с суппортом и фрезой к центру заготовки и обратно. Радиальная подача может осуществляться путем быстрого подвода фрезерной стойки к заготовке или медленного врезания с рабочей подачей. Движения фрезерной стойки осуществляются от гидроцилиндра ГЦ1, поршень и шток которого перемещают клин, воздействующий своим скосом на ролик и ходовой винт XL , гайка которого закреплена в кронштейне фрезерной стойки. Скорость движения регулируется дросселем гидросистемы. Установка величины радиального врезания (равна высоте зуба) производится лимбом, ход клиновой ползушки ограничивается упором.

5 Гидросистема станка

Гидросистема станка может работать в наладочном или полуавтоматическом режимах и осуществлять следующие функции: зажим изделия, отжим изделия, быстрый отвод или подвод фрезерной стойки, зажим фрезерной стойки и фрезерного суппорта, периодическую осевую подачу инструмента, радиальное врезание.

Зажим и отжим изделия, быстрый отвод и подвод фрезерной стойки управляются непосредственно с пульта управления в наладочном режиме; остальные осуществляются автоматически. Для работы в полуавтоматическом режиме составные части станка должны находиться в исходных положениях: стол – в нижнем, фрезерная стойка с суппортом – в заднем, фрезерный суппорт – в одном из крайних.

6 Наладка станка для нарезания зубьев цилиндрических косозубых колес

Настройка частоты вращения шпинделя

Частота вращения шпинделя при выбранном диаметре фрезы и величине скорости резания определяется по рисунку 2.7 и таблице 2.1.

После этого скорость резания уточняется по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин,} \quad (2.5)$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – наружный диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, мин⁻¹.

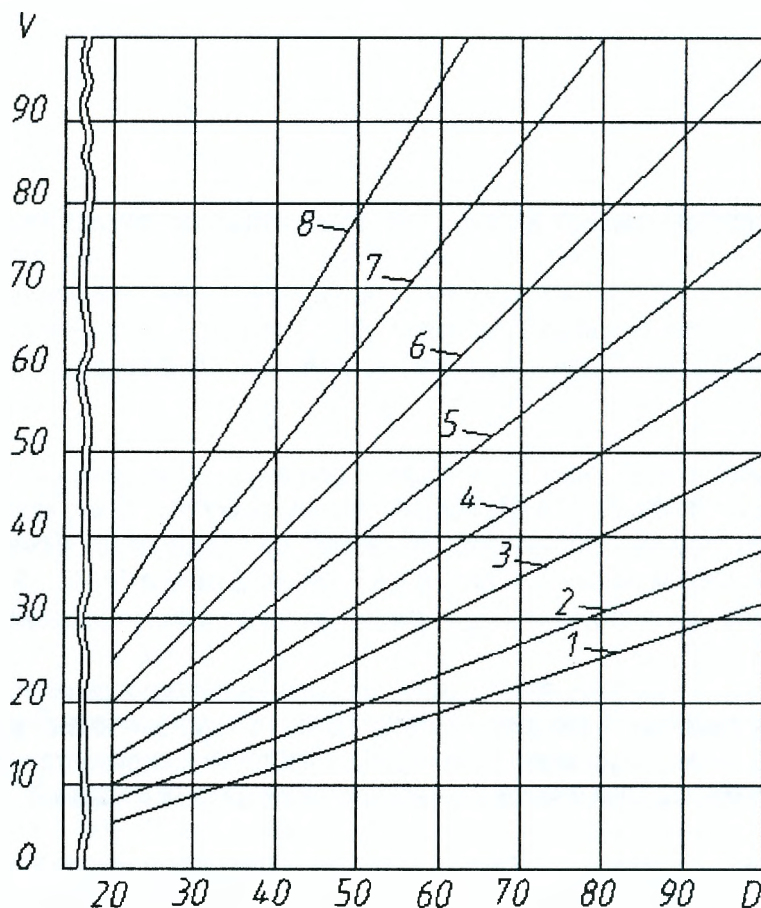


Рисунок 2.7 – График для определения скорости главного движения фрезы в зависимости от её диаметра

Таблица 2.1 – Диаметры шкивов

| Позиция на рисунке 2.7 | Частота вращения фрезы, мин ⁻¹ | Расчётные диаметры шкивов, мм | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | I ступень | | II ступень | |
| | | ведущий d ₁ | ведомый d ₂ | ведущий a ₃ | ведомый b ₃ |
| 1 | 100 | 112 | 204 | 131 | 185 |
| 2 | 125 | | | 150 | 167 |
| 3 | 160 | | | 167 | 150 |
| 4 | 200 | | | 185 | 131 |
| 5 | 250 | 182 | 132 | 131 | 185 |
| 6 | 315 | | | 150 | 167 |
| 7 | 400 | | | 167 | 150 |
| 8 | 500 | | | 185 | 131 |

Настройка осевой подачи

Выбор подачи производится в зависимости от требований к точности нарезаемого зубчатого колеса и шероховатости поверхности зубьев. Выбранная подача и ее направление устанавливается на станке рычагами при включенном гидроприводе. Положение рычагов устанавливается согласно таблички на станке.

Коробка подач обеспечивает 15 различных осевых подач, мм/мин: 0,35; 0,5; 0,72; 1,0; 1,45; 2,0; 2,9; 4,1; 5,8; 8,2; 11,7; 16,5; 23,5; 33,5; 45.

Скорость ускоренного перемещения стола 325 мм/мин.

Формула для пересчета величины осевой подачи:

$$S_0 = \frac{S_{0z} \cdot z}{n \cdot k} \quad (2.6)$$

где S_0 – величина осевой подачи в мм на оборот изделия;

S_{0m} – величина осевой минутной подачи, мм/мин.

Установка угла наклона суппорта

Угол наклона фрезерного суппорта:

$$\varphi = \beta \pm \omega, \quad (2.7)$$

где β – угол наклона линии зуба колеса;

ω – угол подъема винтовой канавки фрезы;

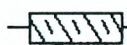
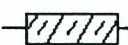



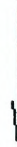
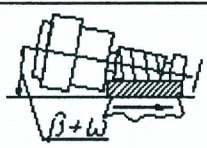
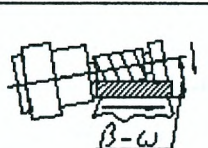
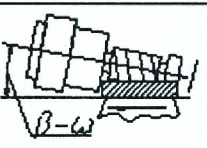
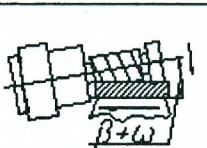
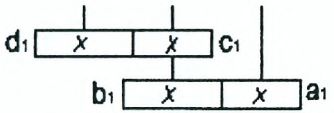
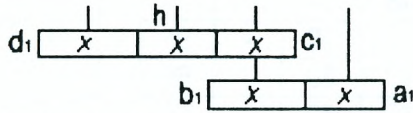
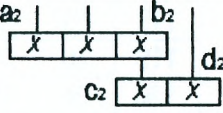
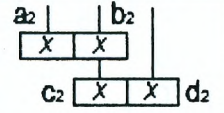
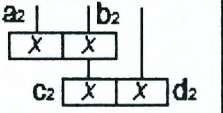
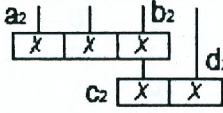
«+» – при разноименных направлениях винтовых линий фрезы и колеса;

«-» – при одноименных направлениях.

Отсчёт угла наклона суппорта производится по линейке станка.

Направление угла наклона суппорта определяется по таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Настройка станка на нарезание косозубых колёс

| Фреза |  Правая | |  Левая | |
|---|--|---|---|---|
| | Встречная | Попутная | Встречная | Попутная |
| Наименование и направление подачи стола |  |  |  |  |
| Нарезаемое колесо | Левое | Правое | Левое | Правое |
| Схема установки угла наклона суппорта |  |  |  |  |
| Гитара деления |  | |  | |
| Гитара дифференциала |  |  |  |  |

Настройка цепи деления

Гитара деления настраивается установкой на концах валов сменных колес из комплекта поставки. Определение передаточного отношения i_x гитары деления:

$$i_x = \frac{24 \cdot k}{z} = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1}, \quad (2.8)$$

где k – число заходов фрезы;

z – число зубьев колеса;

a_1 – число зубьев ведущего сменного зубчатого колеса;

b_1, c_1 – число зубьев промежуточных сменных зубчатых колес;

d_1 – число зубьев ведомого сменного зубчатого колеса.

При $k = 1$ число зубьев сменных колес рекомендуется выбирать по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Числа зубьев гитары деления X (при $k = 1$)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 8 | 75 | 40 | 80 | 50 | 44 | 30 | 65 | - | 56 | 80 | 24 | 70 | - | 80 |
| 9 | 60 | 45 | 80 | 40 | 45 | 48 | 60 | - | 90 | 81 | 40 | 75 | 50 | 90 |
| 10 | 60 | 50 | 80 | 40 | 46 | 48 | 60 | - | 92 | 82 | 24 | 70 | - | 82 |
| 11 | 60 | 55 | 80 | 40 | 47 | 24 | 73 | - | 47 | 83 | 24 | 70 | - | 83 |
| 12 | 60 | 45 | 75 | 50 | 48 | 45 | 60 | - | 90 | 84 | 48 | 70 | 45 | 90 |
| 13 | 80 | 40 | 60 | 65 | 49 | 48 | 50 | - | 98 | 85 | 24 | 70 | - | 85 |
| 14 | 80 | 40 | 60 | 70 | 50 | 48 | 50 | - | 100 | 86 | 24 | 70 | - | 86 |
| 15 | 80 | 40 | 48 | 60 | 51 | 40 | 60 | - | 85 | 87 | 60 | 70 | - | 86 |
| 16 | 60 | 59 | - | 40 | 52 | 30 | 67 | - | 65 | 88 | 45 | 55 | 30 | 90 |
| 17 | 70 | 35 | 60 | 85 | 53 | 24 | 70 | - | 53 | 89 | 24 | 70 | - | 89 |
| 18 | 60 | 55 | - | 45 | 54 | 40 | 60 | - | 90 | 90 | 24 | 70 | - | 90 |
| 19 | 75 | 25 | 40 | 95 | 55 | 24 | 70 | - | 55 | 91 | 35 | 65 | 48 | 98 |
| 20 | 60 | 53 | - | 50 | 56 | 30 | 67 | - | 70 | 92 | 24 | 70 | - | 92 |
| 21 | 80 | 40 | - | 70 | 57 | 40 | 58 | - | 95 | 93 | 48 | 62 | 30 | 90 |
| 22 | 60 | 58 | - | 55 | 58 | 24 | 70 | - | 58 | 94 | 48 | 47 | 25 | 100 |
| 23 | 70 | 35 | 48 | 92 | 59 | 24 | 70 | - | 59 | 95 | 24 | 70 | - | 95 |
| 24 | 35 | 70 | 80 | 40 | 60 | 24 | 70 | - | 60 | 96 | 50 | 75 | 30 | 80 |
| 25 | 48 | 60 | - | 50 | 61 | 24 | 70 | - | 61 | 97 | 24 | 70 | - | 97 |
| 26 | 60 | 59 | - | 65 | 62 | 24 | 70 | - | 62 | 98 | 24 | 70 | - | 98 |
| 27 | 40 | 65 | - | 45 | 63 | 40 | 70 | 60 | 90 | 99 | 40 | 55 | 30 | 90 |
| 28 | 60 | 59 | - | 70 | 64 | 30 | 70 | - | 80 | 100 | 24 | 70 | - | 100 |
| 29 | 48 | 60 | - | 58 | 65 | 24 | 70 | - | 65 | 102 | 40 | 60 | 30 | 85 |
| 30 | 40 | 65 | - | 50 | 66 | 45 | 55 | 40 | 90 | 104 | 30 | 65 | 40 | 80 |
| 31 | 48 | 60 | - | 62 | 67 | 24 | 70 | - | 76 | 105 | 24 | 70 | 50 | 75 |
| 32 | 45 | 55 | - | 60 | 68 | 30 | 70 | - | 85 | 106 | 48 | 63 | 25 | 100 |
| 33 | 40 | 62 | - | 55 | 69 | 40 | 60 | 48 | 92 | 108 | 40 | 60 | 30 | 90 |
| 34 | 60 | 59 | - | 85 | 70 | 24 | 71 | - | 70 | 110 | 48 | 55 | 25 | 100 |
| 35 | 48 | 50 | - | 70 | 71 | 24 | 70 | - | 71 | 111 | 24 | 74 | 60 | 90 |
| 36 | 50 | 60 | - | 75 | 72 | 40 | 80 | 60 | 90 | 112 | 30 | 70 | 40 | 80 |
| 37 | 48 | 50 | - | 74 | 73 | 24 | 70 | - | 73 | 114 | 40 | 60 | 30 | 95 |
| 38 | 60 | 59 | - | 95 | 74 | 24 | 70 | - | 74 | 115 | 48 | 60 | 24 | 92 |
| 39 | 40 | 60 | - | 65 | 75 | 24 | 70 | - | 75 | 116 | 45 | 58 | 24 | 90 |
| 40 | 45 | 60 | - | 75 | 76 | 30 | 65 | - | 95 | 117 | 40 | 65 | 30 | 90 |
| 41 | 48 | 70 | - | 82 | 77 | 48 | 55 | 35 | 98 | 118 | 45 | 59 | 24 | 90 |
| 42 | 40 | 60 | - | 70 | 78 | 50 | 65 | 30 | 75 | 119 | 40 | 70 | 30 | 85 |
| 43 | 48 | 70 | - | 86 | 79 | 24 | 70 | - | 79 | 120 | 24 | 75 | 50 | 80 |

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары деления X:

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\geq c + 26; \\ 94 &\leq a_1 + b_1 \leq 122; \\ a_1 + b_1 + c_1 + d_1 &\geq 213; \end{aligned} \tag{2.9}$$

$$\frac{b_1 + c_1}{2} + d_1 \leq 160 \quad (\text{схема рисунок 2.8, а});$$

$$45 \leq d_1 + h_1 \leq 113 \dots 153 \quad (\text{схема рисунок 2.8, б});$$

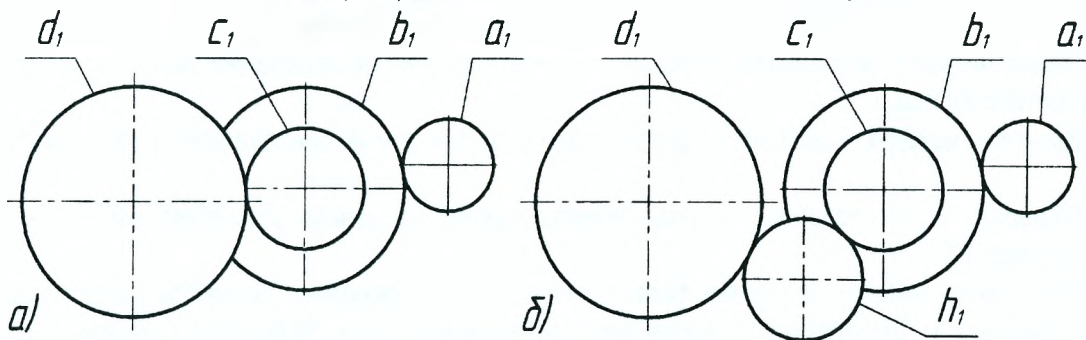


Рисунок 2.8 - Схемы настройки гитары X

Настройка цепи дифференциала

Гитара дифференциала Y настраивается аналогично настройке гитары деления X и только при обработке косозубых колес.

Передаточное отношение гитары дифференциала определяется по формуле:

$$i_y = \frac{2 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot k} = \frac{a_2 \cdot b_2}{c_2 \cdot d_2}, \tag{2.10}$$

где β – угол наклона линии зуба колеса;

k – число заходов фрезы;

m_n – нормальный модуль зубьев колеса, мм;

a_2 – число зубьев ведущего сменного зубчатого колеса;

b_2, c_2 – число зубьев промежуточных сменных колес;

d_2 – число зубьев ведомого зубчатого колеса.

Условия сцепляемости сменных зубчатых колес гитары дифференциала Y:

$$\begin{aligned} c_2 + d_2 &\geq b_2 + 26; \\ 90 &\leq a_2 + b_2 \leq 166; \\ a_2 + b_2 + c_2 + d_2 &\geq 201; \\ a_2 + b_2 &\geq c_2 + 22. \end{aligned} \tag{2.11}$$

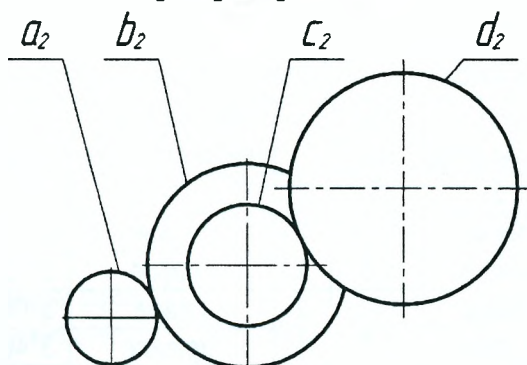


Рисунок 2.9 – Схема настройки гитары дифференциала Y

Набор сменных колёс гитары дифференциала: 24, 25, 30, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 77, 75, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить процесс нарезания зубчатого колеса червячной фрезой, назначение и основные узлы станка 5К301П.
2. Ознакомиться со структурной схемой и исполнительными движениями зубофрезерных станков.
3. Изучить расчетные перемещения конечных звеньев кинематических цепей и записать уравнения кинематического баланса для каждой цепи станка по кинематической схеме.
4. Ознакомиться с основными операциями наладки станка на нарезание цилиндрического косозубого зубчатого колеса.
5. Записать исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания (таблица 2.4).
6. Определить угол установки фрезы, привести схему нарезания косозубого колеса червячной фрезой (таблица 2.2).
7. Определить частоту вращения фрезы (рисунок 2.7), определить диаметры шкивов ременных передач (таблица 2.1). Определить значение действительной скорости резания по формуле (2.5).
8. Определить по формуле (2.9) передаточное отношение i_x и числа зубьев сменных зубчатых колёс гитары обката X (таблица 2.3). Проверить условия сцепляемости (2.10).
9. Определить величину осевой минутной подачи, выразив из формулы (2.6), и округлить значение до ближайшего меньшего паспортного значения. Определить действительное значение оборотной осевой подачи по формуле (2.6).
10. Определить по формуле (2.11) передаточное отношение i_y и числа зубьев сменных зубчатых колёс гитары дифференциала Y. Проверить условия сцепляемости (2.12).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель выполняемой работы.
2. Структурная схема и исполнительные движения зубофрезерного станка.
3. Расчетные перемещения конечных звеньев кинематических цепей, уравнения кинематического баланса для каждой цепи станка.
4. Исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания.
5. Режимы резания.
6. Схема нарезания косозубого колеса червячной фрезой; угол установки шпинделя.
7. Расчёт настройки цепи главного движения.
8. Расчёт настройки цепи обката.
9. Расчёт настройки цепи вертикальной подачи.
10. Расчёт настройки цепи дифференциала.
11. Вывод.

Таблица 2.4 - Исходные данные

| Вариант | Параметры нарезаемого колеса | | | | Параметры червячной фрезы | | | | | V, м/мин | S ₀ , мм/об |
|---------|------------------------------|----|----------|------------------|---------------------------|---|----------------------------|----------|---------------------|----------|------------------------|
| | m _n , мм | Z | β, град. | Направление зуба | m _n , мм | K | Направление винтовой линии | ω, град. | D _ф , мм | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1,25 | 64 | 12°49' | левое | 1,25 | 2 | правое | 2°47' | 80 | 18 | 2,0 |
| 2 | 1,5 | 52 | 18°25' | правое | 1,5 | 1 | правое | 3°43' | 100 | 13 | 0,8 |
| 3 | 1,75 | 45 | 17°00' | левое | 1,75 | 2 | левое | 3°06' | 80 | 16 | 1,0 |
| 4 | 2,0 | 40 | 13°22' | правое | 2,0 | 1 | правое | 3°46' | 90 | 24 | 1,6 |
| 5 | 2,25 | 36 | 15°16' | правое | 2,25 | 1 | правое | 3°43' | 100 | 23 | 1,2 |

Окончание таблицы 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|--------|--------|------|---|--------|-------|-----|----|-----|
| 6 | 2,5 | 32 | 20°09' | левое | 2,5 | 1 | левое | 4°03' | 100 | 30 | 1,4 |
| 7 | 1,25 | 61 | 17°38' | левое | 1,25 | 1 | правое | 1°29' | 63 | 28 | 1,8 |
| 8 | 1,5 | 48 | 27°54' | правое | 1,5 | 1 | правое | 3°06' | 80 | 26 | 2,1 |
| 9 | 1,75 | 42 | 21°52' | левое | 1,75 | 2 | левое | 2°19' | 80 | 40 | 2,4 |
| 10 | 2,0 | 38 | 22°03' | правое | 2,0 | 2 | правое | 3°54' | 100 | 15 | 2,5 |
| 11 | 2,25 | 35 | 8°42' | правое | 2,25 | 1 | правое | 2°24' | 63 | 25 | 2,2 |
| 12 | 2,5 | 31 | 12°00' | правое | 2,5 | 1 | левое | 3°06' | 80 | 28 | 2,8 |
| 13 | 1,25 | 60 | 18°00' | левое | 1,25 | 1 | правое | 3°15' | 63 | 20 | 1,6 |
| 14 | 1,5 | 50 | 20°30' | правое | 1,5 | 2 | правое | 3°27' | 80 | 12 | 3,0 |
| 15 | 1,75 | 41 | 17°54' | правое | 1,75 | 1 | левое | 2°24' | 63 | 15 | 2,8 |
| 16 | 2,0 | 37 | 18°25' | правое | 2,0 | 1 | правое | 3°36' | 80 | 22 | 2,6 |
| 17 | 2,25 | 30 | 12°24' | левое | 2,25 | 2 | левое | 2°25' | 90 | 21 | 2,0 |
| 18 | 2,5 | 29 | 25°10' | левое | 2,5 | 1 | правое | 4°12' | 80 | 28 | 1,8 |
| 19 | 1,25 | 58 | 15°20' | правое | 1,25 | 1 | правое | 1°36' | 50 | 30 | 1,2 |
| 20 | 1,5 | 47 | 20°00' | левое | 1,5 | 2 | левое | 3°52' | 63 | 27 | 1,0 |
| 21 | 1,75 | 39 | 14°34' | правое | 1,75 | 1 | левое | 2°38' | 63 | 35 | 0,8 |
| 22 | 2,0 | 36 | 12°18' | правое | 2,0 | 2 | правое | 3°44' | 90 | 18 | 2,5 |
| 23 | 2,25 | 33 | 18°50' | левое | 2,25 | 1 | левое | 2°14' | 50 | 24 | 1,3 |
| 24 | 2,5 | 27 | 10°30' | левое | 2,5 | 1 | левое | 3°46' | 71 | 25 | 1,5 |
| 25 | 1,25 | 52 | 15°20' | правое | 1,25 | 1 | левое | 1°36' | 63 | 25 | 1,6 |
| 26 | 1,5 | 42 | 20°00' | левое | 1,5 | 1 | левое | 3°52' | 80 | 30 | 2,0 |
| 27 | 1,75 | 37 | 14°34' | правое | 1,75 | 2 | правое | 2°38' | 71 | 27 | 2,2 |
| 28 | 2,0 | 34 | 12°18' | левое | 2,0 | 1 | правое | 3°44' | 63 | 20 | 1,8 |
| 29 | 2,25 | 28 | 18°50' | левое | 2,25 | 1 | левое | 2°14' | 80 | 26 | 2,4 |
| 30 | 2,5 | 21 | 10°30' | правое | 2,5 | 2 | левое | 3°46' | 63 | 21 | 2,1 |

Примечание: m_n - нормальный модуль, Z - число зубьев нарезаемого колеса, β - угол наклона линии зуба колеса, K - число заходов фрезы, ω - угол подъема винтовой канавки фрезы, D_f - диаметр фрезы, V - скорость резания, S_0 - осевая подача.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чём заключается формообразование цилиндрического зубчатого колеса по методу обката?
2. Какие движения необходимы для нарезания методом обката прямозубого и косозубого цилиндрических колёс?
3. Перечислите основные узлы станка, их назначение и рабочие движения.
4. Покажите на кинематической схеме цепь главного движения. Как настраивается цепь главного движения?
5. Покажите на кинематической схеме цепь обката. Как настраивается цепь обката?
6. Какова роль дифференциала при нарезании колёс, в каких случаях используется цепь дифференциала?
7. Покажите на кинематической схеме цепь дифференциала для нарезания цилиндрического косозубого колеса и орган настройки.
8. Покажите на кинематической схеме цепь осевой подачи.
9. Каким образом на станке осуществляется радиальная подача и как настраивается величина подачи?
10. Как определить угол установки фрезы?
11. Для чего производится периодическая передвижка фрезы? Покажите по кинематической схеме цепь осевой передвижки фрезы.

Лабораторная работа №3

Тема: «Изучение кинематической схемы и расчет настройки кинематических цепей токарно-затыловочного станка модели 1Е811»

Цель работы:

- изучение особенностей процесса затылования;
- изучение устройства и кинематики станка;
- расчет настройки кинематических цепей.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Процесс затылования зубьев режущих инструментов

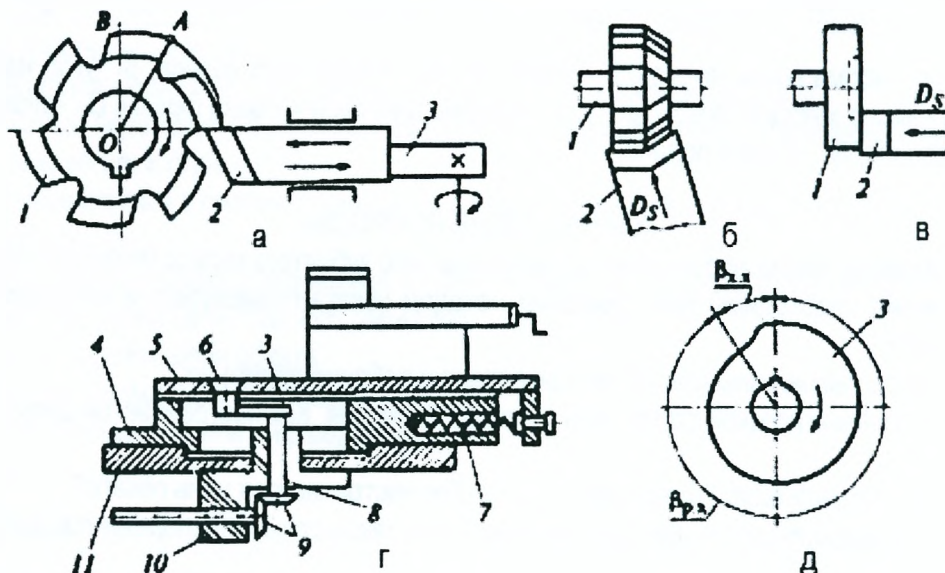
Затылованием называется метод образования задних поверхностей режущих инструментов со сложным профилем зуба в целях сохранения профиля инструмента при переточках и обеспечения постоянства заднего угла.

Затылуют зубья различных фрез: дисковых, резбовых, цилиндрических и червячно-модульных с прямолинейными и спиральными стружечными канавками, а также зубья метчиков и спиральных сверл.

Затылованные зубья фрез (рисунок 3.1, а) имеют криволинейную заднюю поверхность АВ. Их перетачивают по передней поверхности, причем плоскость заточки АО проходит через ось фрезы, благодаря чему профиль зубьев фрезы сохраняется неизменным.

Затылование зубьев выполняют обычно по архимедовой спирали. Для получения задней поверхности, ограниченной кривой АВ, необходимо, чтобы заготовка 1 фрезы при обработке равномерно вращалась, а резец 2 равномерно возвратно-поступательно перемещался в радиальном направлении. При этом за один оборот заготовки резец должен подойти к ней столько раз, сколько зубьев имеет затылуемая фреза. Перемещение резца в радиальном направлении (рабочий ход и быстрый отвод) осуществляется от равномерно вращающегося кулачка 3.

В зависимости от направления движения режущего инструмента относительно изделия различают три вида затылования: радиальное, косое и торцовое.



радиальной (а), косой (б), осевой (в) подачами; затыловочный суппорт (г); кулачок (д); 1 – заготовка; 2 – резец; 3 – кулачок; 4 – поворотная плита; 5 – затыловочная плита; 6 – палец; 7 – пружина; 8 – вал; 9 – коническая передача; 10 – корпус; 11 – каретка

Рисунок 3.1 – Принципиальные схемы затылования

Радиальное затылование (рисунок 3.1, а) применяют при обработке цилиндрических фрез. Режущий инструмент совершает движение в направлении, перпендикулярном к оси центров станка.

Косое затылование (рисунок 3.1, б) применяют при обработке фасонных фрез.

Затылование с осевой подачей (рисунок 3.1, в) при обработке торцовых поверхностей изделий называют торцовым. Плиту 4 (рисунок 3.1, г) каретки 11 с суппортом поворачивают на 90° относительно

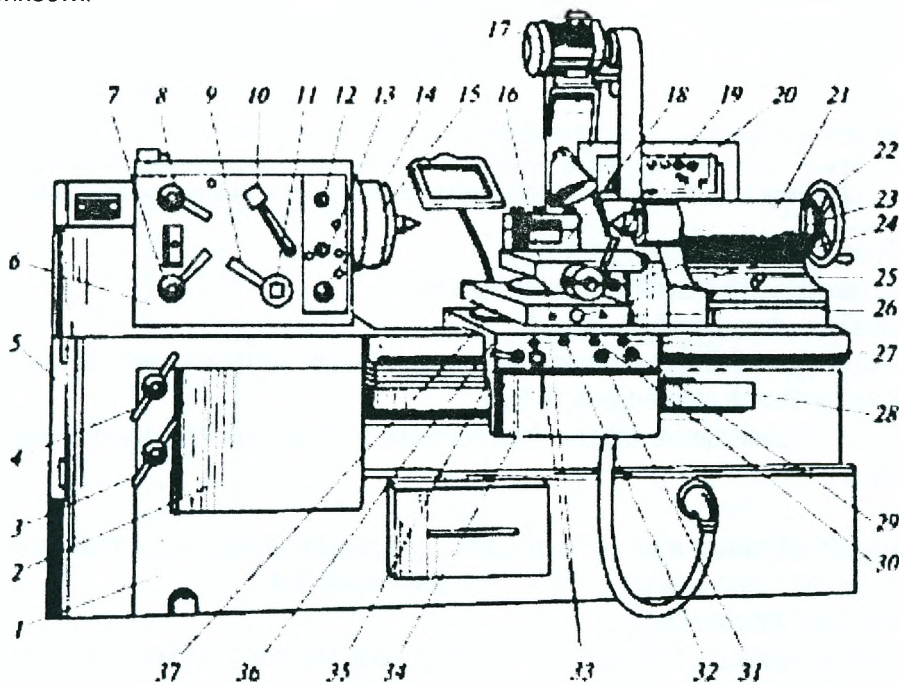
но ее нормального положения, после чего затыловочное движение режущего инструмента совершается параллельно оси центров станка.

На рисунке 3.1,г приведена принципиальная схема затыловочного суппорта. Каретка 11 станка перемещается по комбинированным (призматическим и плоским) направляющим станины. В средней части между направляющими расположен корпус 10, в котором размещена коническая передача 9, через которую движение передается на вертикальный отбойный вал 8, несущий кулачок затылования 3. Вертикальный отбойный вал 8 вращается в радиально-упорных роликовых подшипниках. На каретке 11 установлена поворотная плита 4, несущая затыловочную (отбойную) плиту 5. Плита 4 крепится четырьмя болтами за Т-образные пазы и может быть повернута на каретке по лимбу с ценой деления 1° на любой угол. Затыловочная (отбойная) плита 5 суппорта с пальцем 6 прижимается к кулачку 3.

Движение затыловочной плиты вперед на изделие, сопровождаемое сжатием пружины 7, происходит по рабочей кривой $\beta_{рх}$ (рисунок 3.1, д) вращающегося кулачка, а возврат в исходное положение (отскок) – под действием пружины по кривой отвода кулачка. Возвратно-поступательное движение суппорта кинематически связано с вращением шпинделя.

2 Устройство токарно-затыловочного станка

Затылование резцом червячно-модульных (однозаходных, многозаходных, правых, левых), дисковых и фасонных фрез с зубьями, затылуемыми радиально, под углом и вдоль оси осуществляют на универсальных токарно-затыловочных станках. Общий вид станка представлен на рисунке 3.2, большинство его узлов аналогичны узлам токарно-винторезного станка. Однако некоторые узлы имеют конструктивные особенности.

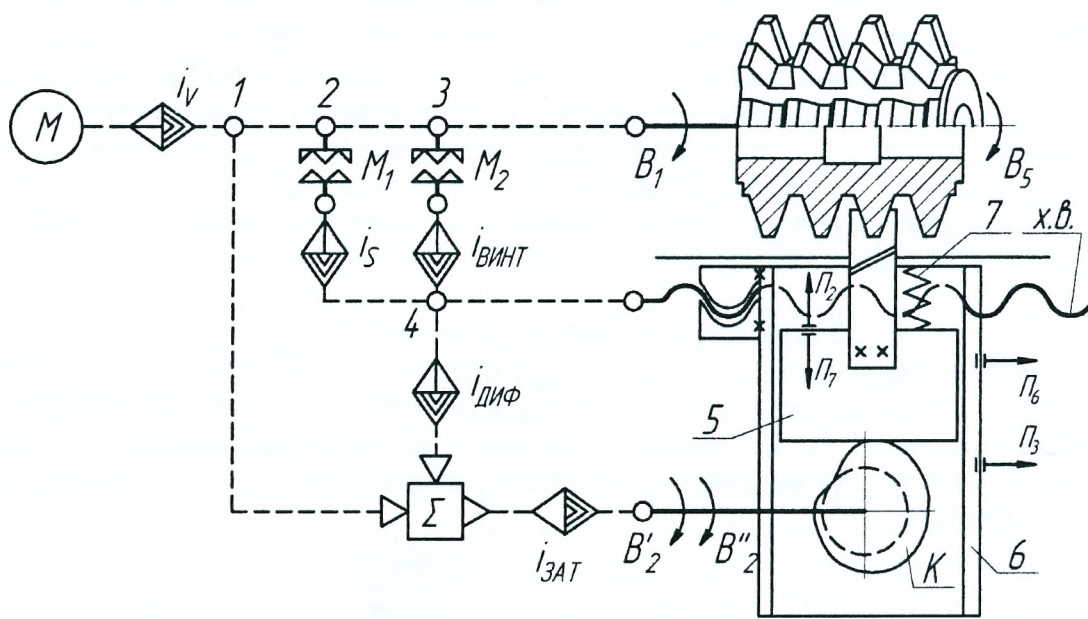


- 1 – станина; 2 – коробка подач; 3 – рукоятка переключения на нарезание резьбы или точение;
 4 – рукоятка управления цепи спиралей (цепи дифференциала); 5 – коробка передач; 6 – передняя бабка;
 7 – рукоятка установки направления нарезаемой резьбы; 8 – рукоятка управления цепи затылования; 9 – рукоятка включения ручного поворота шпинделя изделия; 10 – рукоятка звена увеличения шага; 11 – квадрат ручного поворота шпинделя; 12 – рукоятка переключения частоты вращения рабочего хода шпинделя изделия; 13 – рукоятка переключения частоты вращения обратного хода шпинделя изделия; 14 – делительная планшайба; 15 – кнопка аварийной остановки; 16 – винты регулирования усилия отбойной плиты; 17 – привод шлифовального шпинделя;
 18 – резцедержатель; 19 – рукоятка быстрого отвода поперечных салазок суппорта; 20 – электропульт; 21 – задняя бабка; 22 – маховик перемещения пиноли задней бабки; 23 – рукоятка подачи поперечных салазок; 24 – винт отвода отбойной плиты от кулачка; 25 – винт поперечного смещения задней бабки; 26 – винты регулирования усилия отбойной плиты; 27 – кнопка включения электродвигателя привода шлифовального круга; 28 – ходовой винт; 29 – кнопка отключения электродвигателя привода шлифовального круга; 30 – кнопка пуска электродвигателя привода шпинделя изделия; 31 – толчковая кнопка привода шпинделя изделия; 32 – сигнальная лампа; 33 – кнопки включения коррекции отбоя и наладочного перемещения каретки;
 34 – фартук; 35 – рукоятка управления станком; 36 – каретка; 37 – суппорт

Рисунок 3.2 – Токарно-затыловочный станок

3 Кинематическая структура и исполнительные движения токарно-затыловочного станка

Для образования профиля задней поверхности затылуемого инструмента (на примере червячной модульной фрезы) необходимо совершать сложное формообразующее движение $\Phi(B_1\Pi_2\Pi_3)$, которое представляет собой совокупность функционально согласованных между собой движений: вращения B_1 шпинделя с затылуемой фрезой, поперечного перемещения Π_2 затыловочного суппорта 5 (рисунк 3.3) от кулачка К и продольного перемещения Π_3 каретки 6 вдоль оси затылуемой фрезы.



i_v – гитара главного движения; i_s – гитара продольного перемещения (каретки); $i_{зат}$ – гитара затылования; $i_{винт}$ – гитара винторезного движения; $i_{диф}$ – гитара дифференциальной цепи

Рисунок 3.3 – Кинематическая структура токарно-затыловочного станка

Формообразующие движения:

- главное движение $\Phi_v(B_1)$ – вращение заготовки;
- движение затылования $\Phi(B_1 B_2)$;
- винторезное движение (продольное перемещение каретки от ходового винта) $\Phi_s(B_1\Pi_3)$;
- дифференциальное движение $\Phi(\Pi_3 B_2)$;
- продольное перемещение каретки (при точении, а так же при наличии в станке передачи зубчатое колесо – рейка) $\Phi_s(B_1 \Pi_6)$.

4 Кинематическая схема и расчетные цепи токарно-затыловочного станка модели 1E811

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 3.4.

Цепь главного движения

Особенностью привода главного движения станка является наличие автоматической коробки скоростей (АКС), имеющей на выходном валу девять разных частот вращения.

Расчетные перемещения:

$$n_э, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_ф, \text{ мин}^{-1},$$

где $n_э$ – частота вращения электродвигателя цепи главного движения; $n_ф$ – частота вращения заготовки (фрезы), мин^{-1} .

Во время рабочего хода включается электромагнитная муфта ЭМ1 и движение через двойной блок 21/84 или 52/52 и постоянные зубчатые передачи передается на шпиндель.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{M1}(1500) \cdot \frac{26}{29} \cdot i_{АКС} \cdot \frac{22}{34} \cdot \frac{52}{52} \left(\text{или} \frac{21}{84} \right) \cdot \frac{42}{65} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{24}{96} = n_{шп}, \text{ мин}^{-1}$$

АКС и шпиндельная бабка обеспечивает 15 различных частот вращения шпинделя в диапазоне 2,25...56 мин^{-1} .

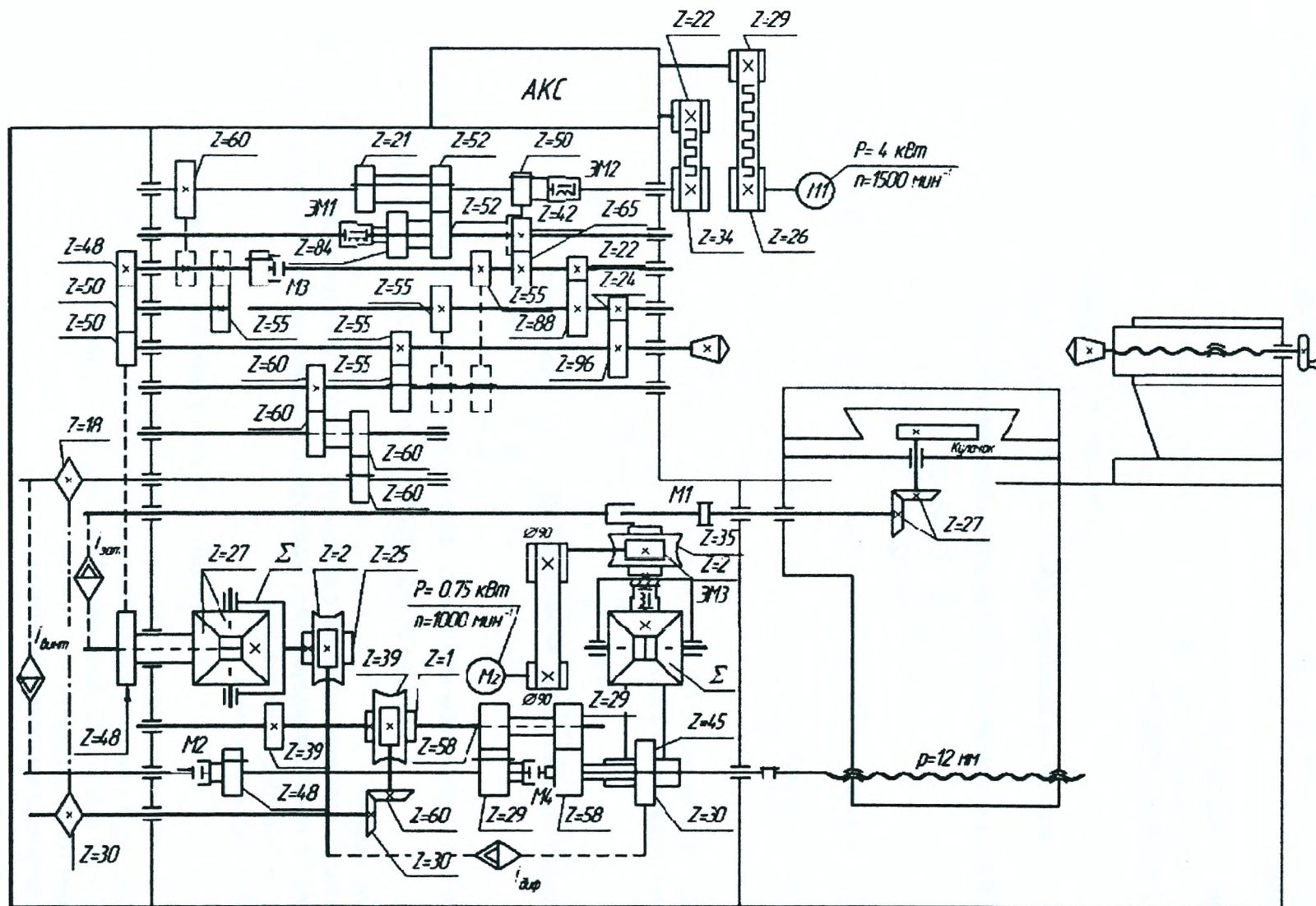


Рисунок 3.4 – Кинематическая схема токарно-затывочного станка мод.1E811

При холостом обратном ходе (возврат суппорта и реверсирование вращения шпинделя), включается электромагнитная муфта ЭМ2, тогда уравнение кинематического баланса:

$$n_{M1}(1500) \cdot \frac{26}{29} \cdot i_{AKC} \cdot \frac{22}{34} \cdot \frac{50}{65} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{24}{96} = n_{шп, мин}^{-1}$$

Шпиндель станка при обратном ходе имеет девять различных частот вращения в диапазоне 10,6...67 мин⁻¹.

Цепь затылования

Согласует вращение шпинделя станка с вращением кулачка К.

Расчетные перемещения:

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

где z – число зубьев заготовки (фрезы); k – число заходов кулачка.

Уравнение кинематического баланса (зубчатая муфта М3 включена):

$$1 \text{ об.шп.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot i_d \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{z}{k} \text{ об.кул,}$$

где i_d – передаточное отношение конического дифференциала, в данном случае $i_d=1$.

Формула настройки гитары затылования при $k=1$:

$$i_{зат} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{z}{16}$$

Если зубчатая муфта М3 выключена и зубчатые колеса $z=55$, $z=55$ введены в зацепление, то уравнение кинематического баланса будет иметь вид:

$$1 \text{ об.шп.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot i_d \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{z}{k} \text{ об.кул.}$$

Формула настройки гитары затылования при $k=1$ в данном случае:

$$i_{зат} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{z}{4}$$

Сменные колеса гитары затылования должны удовлетворять следующим условиям сцепляемости:

$$150 \geq a + b \geq 90; \quad 150 \geq b + c \geq 90; \quad 256 \geq a + 2b + c \geq 200.$$

Цепь подачи

Согласует вращение шпинделя с вращением ходового винта при обработке цилиндрических поверхностей (точении). Используется при бездифференциальной наладке – например при затыловании инструмента остроконечными резцами.

Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об.заготовки} \rightarrow S, \text{ мм перемещения каретки,}$$

где S – величина продольного перемещения каретки.

Движение от шпинделя передается через те же передачи, что и в винторезной цепи. Переключением зубчатого колеса $z=55$ звена увеличения шага обеспечивается три величины продольной подачи в диапазоне 0,075...1,2 мм/об.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об.шп.} \cdot i_{ш} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{18}{30} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{1}{39} \cdot \frac{29}{58} \cdot 12 = S, \text{ мм / об,}$$

где $i_{ш}$ – передаточное отношение звена увеличение шага, $i_{ш}=1; 4; 16$.

Винторезная цель

Согласует вращение шпинделя станка с вращением ходового винта.

Расчетные перемещения:

1 об. заготовки $\rightarrow P_3$, мм продольного перемещения каретки,

где P_3 – осевой шаг винтовой нарезки зубьев фрезы:

$$P_3 = \frac{\pi \cdot m_n}{\cos \omega},$$

где угол наклона стружечной канавки ω равен углу наклона винтовой линии зуба β .

Движение передается через реверсивный механизм, двухпарную гитару и муфту M2. На реверсивный механизм движение от шпинделя передается напрямую ($i=1$), либо через звено увеличения шага переключением зубчатого колеса $z=55$:

$$i_{ш1} = \frac{96}{24} = 4; \quad i_{ш2} = \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} = 16.$$

При настройке без звена увеличения шага уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{\text{ВИНТ}} \cdot 12 = P_3, \text{ мм}$$

Формула настройки гитары:

$$i_{\text{ВИНТ}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{P_3}{12}$$

При настройке со звеном увеличения шага $i_{ш1}=4$ уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{\text{ВИНТ}} \cdot 12 = P_3, \text{ мм}$$

Формула настройки гитары:

$$i_{\text{ВИНТ}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{P_3}{48}$$

При настройке со звеном увеличения шага $i_{ш2}=16$ уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. шп. фр.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{\text{ВИНТ}} \cdot 12 = P_3, \text{ мм}$$

Формула настройки гитары:

$$i_{\text{ВИНТ}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{P_3}{192}$$

Условия сцепляемости зубчатых колес винторезной гитары:

$$a_1 \leq a_1 + b_1 \geq c_1 + 27; \quad c_1 + d_1 \geq b_1 + 22; \quad 155 \geq a_1 + b_1 \geq 87; \quad a_1 + b_1 + c_1 + d_1 \geq 280.$$

Дифференциальная цель

Используется при затыловании фрез со спиральными стружечными канавками. При этом согласовывается вращение ходового винта с дополнительным поворотом кулачка.

Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об. заготовки} \rightarrow \frac{z}{k} \left(1 \pm \frac{P_3}{P_k} \right) \text{ об. кулачка,}$$

где P_k – шаг винтовой линии стружечной канавки фрезы:

$$P_k = \frac{\pi \cdot m_n}{\sin \omega};$$

знак *плюс* соответствует левому, а *минус* – правому направлению винтовой линии зуба.

Движение на кулачок может передаваться через перебор:

$$i_{\Pi} = \frac{29}{58} \cdot \frac{29}{58} = \frac{1}{4}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$\frac{P_3}{12} \cdot i_{\Pi} \cdot \frac{30}{45} \cdot i_{д1} \cdot i_{диф} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{д2} \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{P_3 \cdot Z}{P_K \cdot K},$$

где $i_{д1}$ – передаточное отношение конического дифференциала коррекции отбоя, в данном случае $i_{д1}=1$; $i_{диф}$ – передаточное отношение гитары дифференциальной цепи; $i_{д2}$ – передаточное отношение конического дифференциала, $i_{д2} = 2$.

Формулы настройки при $k=1$:

$$\text{при } i_{зат} = \frac{z}{4}; \quad i_{диф} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{1800}{P_K};$$

$$\text{при } i_{зат} = \frac{z}{16}; \quad i_{диф} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{7200}{P_K}.$$

Если замкнуть муфту $M4$, то движение с ходового винта будет напрямую передаваться на колеса $z=30$ и $z=45$.

Тогда уравнение кинематического баланса:

$$\frac{P_3}{12} \cdot \frac{30}{45} \cdot i_{д1} \cdot i_{диф} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{д2} \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{P_3 \cdot z}{P_K \cdot k}$$

Формулы настройки при $k=1$:

$$\text{при } i_{зат} = \frac{z}{4}; \quad i_{диф} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{450}{P_K};$$

$$\text{при } i_{зат} = \frac{z}{16}; \quad i_{диф} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{1800}{P_K}.$$

При обработке фрез с правой стружечной спиральной канавкой в гитару устанавливается паразитное колесо l .

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары дифференциала:

$$b_2 \leq 62; \quad d_2 \leq 63; \quad 142 \geq b_2 + a_2 \geq 64; \quad b_2 + a_2 \geq c_2 + 22;$$

$$c_2 + d_2 \geq 48; \quad c_2 + d_2 \geq a_2 + 22; \quad a_2 + b_2 + c_2 + d_2 \geq 122;$$

$$92 \geq b_2 + l \geq 66; \quad a_2 + l \geq 64.$$

Цепь коррекции затылования (отбоя)

Обеспечивает доворот кулачка затылования для согласования начала затыловочного движения с вращением изделия.

Движение коррекции передается от электродвигателя $M2$ через ременную и червячную передачи на конический дифференциал отбоя, гитару дифференциала и через конический дифференциал дифференциальной цепи к кулачку затылования.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{M2}(1000) \cdot \frac{90}{90} \cdot \frac{2}{35} \cdot i_{д1} \cdot i_{диф} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{д2} \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = n_{K, \text{мин}}^{-1}.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить схемы затылования и их особенности.
2. Изучить устройство, кинематическую структуру и формообразующие движения токарно-затыловочного станка.
3. Изучить кинематические цепи токарно-затыловочного станка модели 1E811.

4. Выполнить расчеты настройки кинематических цепей:

– Движение затылования: гитара настройки $i_{\text{ЗАТ}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

– Винторезное движение: гитара настройки $i_{\text{ВИНТ}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$.

– Дифференциальное движение: гитара настройки $i_{\text{ДИФ}} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}$.

Передаточное отношение пары сменных колес, находящихся в зацеплении, должны находиться в пределах:

$$\frac{1}{4} \leq \frac{a}{b} \leq 4; \quad \frac{1}{4} \leq \frac{c}{d} \leq 4.$$

Сменные колеса подобрать из набора: 20...100 через 1; 105; 108; 110; 112; 113; 120; 127.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета настройки станка (число заходов фрезы K=1)

| Вариант | Параметры затылуемой червячной фрезы | | | |
|---------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Число зубьев Z | Модуль m _n , мм | Угол наклона винтовой линии β | Направление винтовой канавки |
| 1 | 12 | 1,0 | 1°12' | левое |
| 2 | 14 | 1,125 | 1°29' | правое |
| 3 | 16 | 1,25 | 1°33' | левое |
| 4 | 18 | 1,375 | 2°02' | правое |
| 5 | 20 | 1,5 | 1°25' | левое |
| 6 | 22 | 1,75 | 1°44' | правое |
| 7 | 24 | 2,0 | 1°48' | левое |
| 8 | 26 | 2,25 | 2°24' | правое |
| 9 | 28 | 2,5 | 1°33' | левое |
| 10 | 30 | 2,75 | 2°12' | правое |
| 11 | 12 | 3,0 | 2°08' | левое |
| 12 | 14 | 3,25 | 2°20' | правое |
| 13 | 16 | 3,5 | 2°52' | левое |
| 14 | 18 | 3,75 | 2°44' | правое |
| 15 | 20 | 4,0 | 3°20' | левое |
| 16 | 22 | 4,25 | 2°47' | правое |
| 17 | 24 | 4,5 | 3°33' | левое |
| 18 | 26 | 5,0 | 2°57' | правое |
| 19 | 28 | 5,5 | 3°43' | левое |
| 20 | 30 | 6,0 | 3°12' | правое |
| 21 | 12 | 6,5 | 4°03' | левое |
| 22 | 14 | 7,0 | 3°50' | правое |
| 23 | 16 | 8,0 | 4°00' | левое |
| 24 | 18 | 9,0 | 4°10' | правое |
| 25 | 20 | 10,0 | 4°21' | левое |
| 26 | 22 | 12,0 | 4°27' | правое |
| 27 | 24 | 14,0 | 4°16' | левое |
| 28 | 26 | 16,0 | 4°32' | правое |
| 29 | 28 | 18,0 | 4°40' | левое |
| 30 | 30 | 20,0 | 4°50' | правое |

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Тема, цель работы, индивидуальное задание (таблица 3.1).
2. Краткое описание видов затылования.
3. Кинематическая структура и формообразующие движения токарно-затыловочного станка.
4. Расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей станка.
5. Подбор сменных зубчатых колес из предлагаемого комплекта с проверкой условий сцепляемости
6. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность и область применения процесса затылования.
2. Виды затылования и их особенности.
3. По рисунку 1,2 пояснить принцип работы затыловочного суппорта.
4. Формообразующие движения затылования.
5. Органы настройки кинематических цепей станка (рисунок 3.3).
6. Расчетные перемещения кинематических цепей станка.
7. По кинематической схеме токарно-затыловочного станка модели 1E811 (рисунок 3.4) показать цепи:
 - главного движения;
 - движения затылования;
 - движения подачи;
 - винторезного движения;
 - дифференциального движения;
 - коррекции затылования (отбоя).

Лабораторная работа №4

Тема: «Изучение кинематической схемы и расчет настройки кинематических цепей зубошлифовального станка модели 5В833»

Цель работы:

- изучение методов шлифования зубчатых колес;
- изучение устройства и кинематики станка;
- расчет настройки кинематических цепей.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

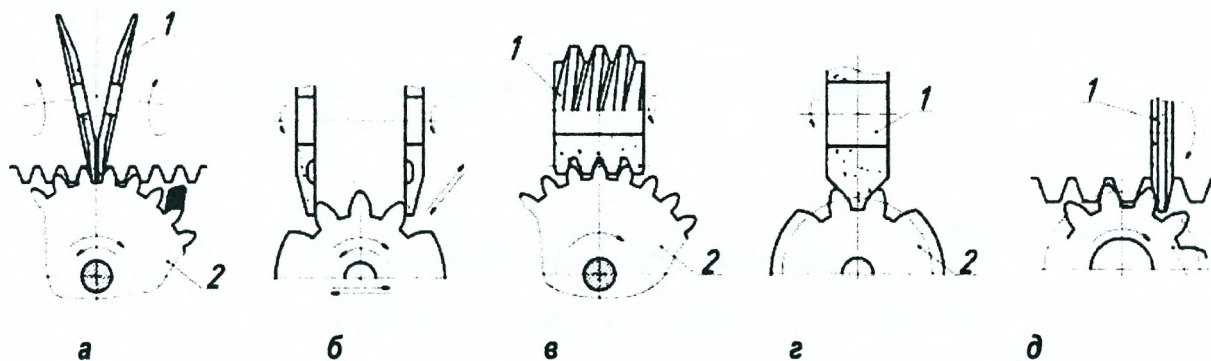
1 Методы шлифования зубчатых колес

Шлифование зубьев является наиболее распространенным способом отделочной обработки точных закаленных зубчатых колес. При шлифовании можно получить 6...7-ю степень точности зубьев с высокой чистотой обработанной поверхности.

Шлифование боковых поверхностей зубьев колес производится тремя методами: непрерывным шлифованием по методу обката, шлифованием по методу обката с периодическим делением и профильным шлифованием.

При непрерывном шлифовании по методу обката (станки, работающие червячным шлифовальным кругом) обрабатываются одновременно левая и правая боковые поверхности зубьев шестерни (рисунок 4.1, в). Вследствие непрерывного протекания процесса и одновременности обработки обоих профилей зуба данный метод обеспечивает наибольшую производительность труда, особенно при обработке мелкозубчатых колес. Число зубьев, находящихся в зацеплении с левой и правой боковыми поверхностями, разное, вследствие чего при входе или выходе зубьев из зацепления могут образовываться погрешности их профиля. Однако непрерывное шлифование в отличие от шлифования с периодическим делением практически исключает погрешности шага.

При обработке данным методом окружная скорость шлифовального круга и скорость обката находятся в определенном отношении, что затрудняет возможность их варьирования для предотвращения шлифовочных прижогов, а также для внедрения высокоскоростного шлифования.



а, б – по методу обкатки двумя тарельчатыми шлифовальными кругами; в – по методу обкатки абразивным червяком; г – по методу профильного копирования фасонным шлифовальным кругом; д – по методу обкатки одним дисковым шлифовальным кругом, имеющим профиль зуба рейки; 1 – шлифовальный круг; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо
Рисунок 4.1 – Схемы зубошлифования

При непрерывном шлифовании по методу обката, как правило, применяют однозаходные червячные круги. Применение двухзаходных кругов позволяет сократить время обработки на 30-40%.

Профиль зуба на круге образуется посредством отдельного профилирующего приспособления вне станка или на станке.

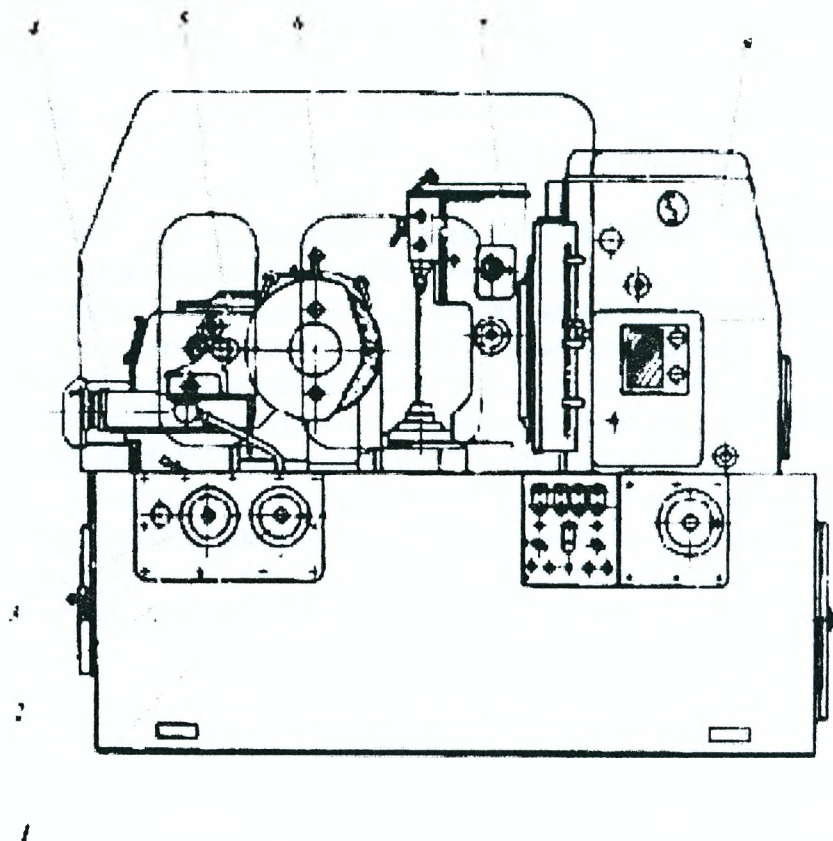
При шлифовании по методу обката с периодическим делением боковая поверхность зубьев образуется за счет обката коническим шлифовальным кругом (рисунок 4.1, д); также применяют два тарельчатых круга, и каждый круг обкатывается по одной боковой поверхности зуба (рисунок 4.1 а, б).

При профильном шлифовании (рисунок 4.1,з) практически весь профиль зуба шлифуется за один ход круга, что существенно повышает производительность обработки. Точность профиля зуба в значительной степени зависит от формы и положения режущей кромки инструмента.

Недостатком профильного шлифования является трудность формообразования профиля круга. Кроме того, при изменении геометрических параметров обрабатываемых зубчатых колес необходимо заново профилировать инструмент.

2 Назначение и основные узлы станка

Зубошлифовальный полуавтомат модели 5В833 предназначен для шлифования зубьев цилиндрических прямозубых и косозубых колес, а также для шлифования долбяков, шеверов и накатников. Зубчатые колеса модулем до 0,8мм можно шлифовать на станке без предварительного нарезания зубьев.



1 – станина; 2,3 – рукоятки; 4 – механизм правки; 5 – шлифовальная бабка; 6 – кожух; 7 – суппорт; 8 – стойка
Рисунок 4.2 – Общий вид станка модели 5В833

На станине 1 станка (рисунок 4.2) размещены основные узлы, она имеет продольные и поперечные направляющие.

По продольным направляющим перемещают шлифовальную бабку 5 с механизмом для правки 4 червячного круга. Путем перемещения шлифовальной бабки 5 устанавливают необходимое межосевое расстояние между червячным кругом и нарезаемым зубчатым колесом в зависимости от диаметра последнего.

По поперечным направляющим станины 1 перемещают стойку 8, на которой размещены суппорт 7 и головка с бабками для установки между ними шлифуемого колеса. Головка своим цилиндрическим пояском входит в стойку 8 и может поворачиваться по отношению к суппорту 7 в обе стороны. В нижней части головки смонтированы шпиндель, а в верхней части – бабка верхнего центра. Между их центрами устанавливают шлифуемое колесо, в средней части – механизм ручного поворота суппорта на угол наклона зуба при шлифовании косозубых колес.

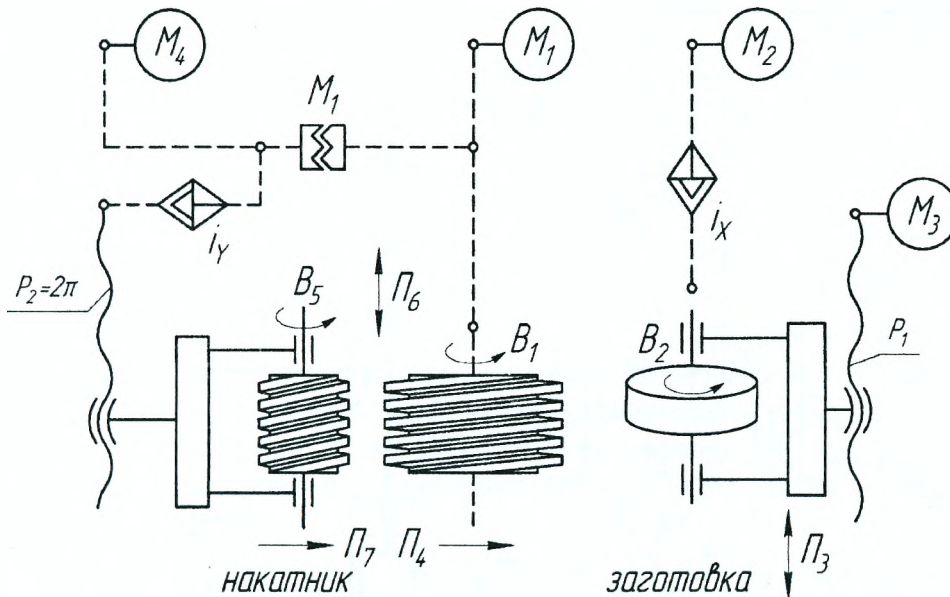
Рукоятка 3 служит для перемещения механизма правки 4. Рукояткой 2 устанавливают величину автоматической подачи шлифовальной бабки. Кожух 6 закрывает червячный круг.

Основные технические данные и характеристики станка

| | |
|--|-----------|
| Диаметр обрабатываемого колеса, мм..... | 40 – 320 |
| Модуль обрабатываемого колеса, мм | 0,5 – 4 |
| Наибольшая ширина обрабатываемого колеса с прямыми зубьями, мм | 150 |
| Число зубьев обрабатываемого колеса..... | 12 – 200 |
| Наибольший угол наклона зубьев обрабатываемого колеса, град..... | 45 |
| Наибольший размер шлифовального круга (диаметр x ширина), мм..... | 400x80 |
| Вид шлифовального круга | червячный |
| Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹ | 1500 |
| Мощность электродвигателя привода шлифовального круга, кВт | 4 |
| Габаритные размеры станка, мм: длина..... | 2400 |
| ширина..... | 2500 |
| высота | 2040 |
| Масса, кг | 8180 |

3 Кинематическая структура и исполнительные движения зубошлифовального станка

Наиболее производительным способом отделки зубьев прямозубых и косозубых зубчатых колес является шлифование абразивным червяком методом обкатки при непрерывном делении со сложным формообразующим движением $\Phi(B_1 B_2 \Pi_3)$. На рисунке 4.3 показана кинематическая структура зубошлифовального станка.



i_X – гитара цепи деления; i_Y – гитара настройки цепи правки круга
Рисунок 4.3 – Кинематическая структура зубошлифовального станка

Формообразующие движения:

- главное движение $\Phi_V(B_1)$ – вращение абразивного шлифовального круга;
- движение обкатки $\Phi(B_1 B_2)$ – образование профиля зуба;
- движение вертикальной (продольной) подачи $\Phi_S(\Pi_3)$ – для образования боковой поверхности зуба;
- $V_{P1}(\Pi_4)$ – движение врезания шлифовального круга,
- $\Phi_{пр.кр.}(B_5 \Pi_6)$ – движение правки круга,
- $V_{P2}(\Pi_7)$ – движение врезания накатника.

4 Кинематическая схема и расчетные цепи станка

Кинематическая схема зубошлифовального станка модели 5В833 представлена на рисунке 4.3.

Цепь главного движения

Шлифовальный круг получает постоянную частоту вращения от синхронного реактивного электродвигателя M_1 через зубчатую передачу 99/99 (муфта 1 выключена).

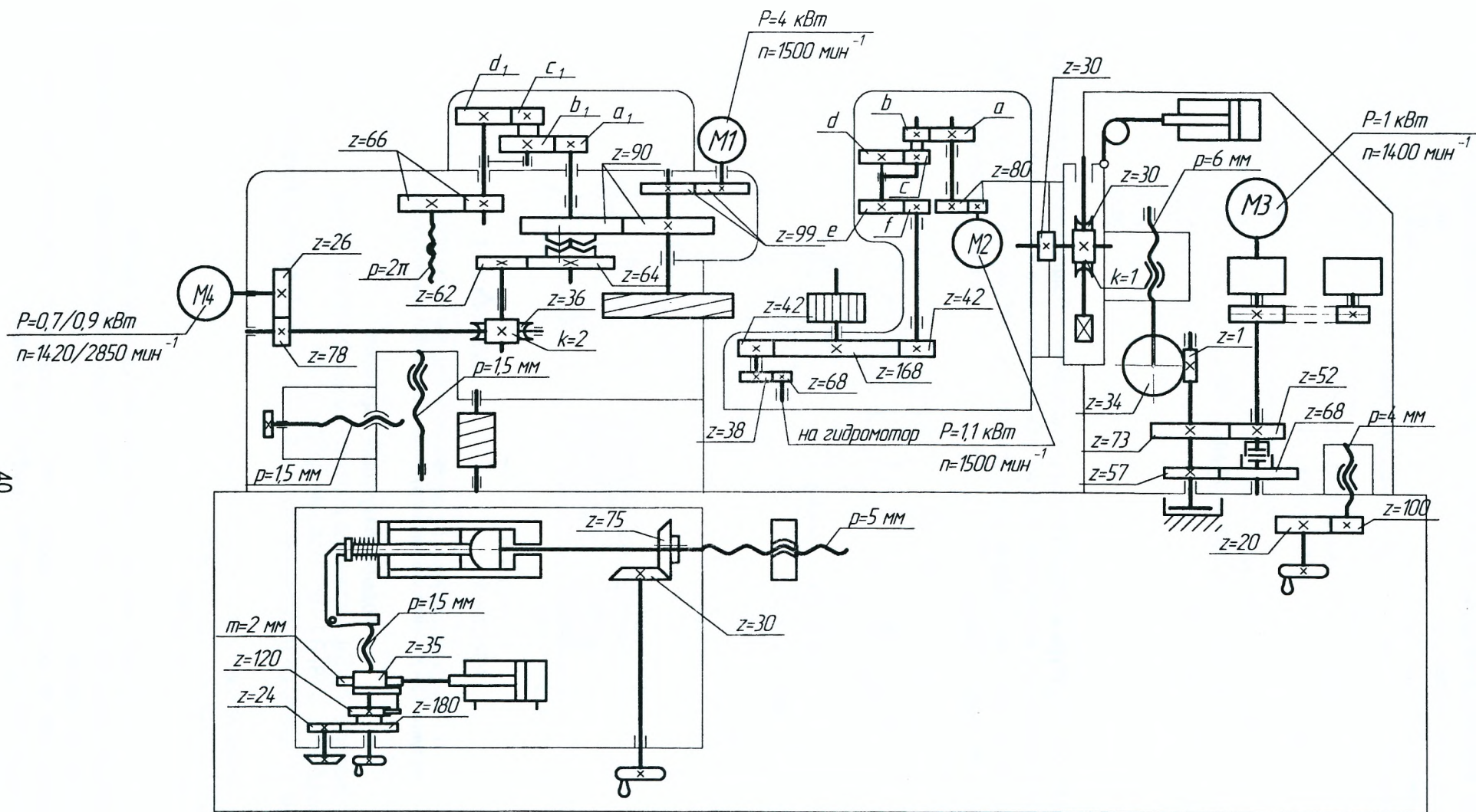


Рисунок 4.4 – Кинематическая схема зубошлифовального станка мод.5B833

Расчетные перемещения:

$$n_{M1}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{\text{шл.кр.}}, \text{ мин}^{-1},$$

где n_{M1} – частота вращения электродвигателя цепи главного движения, мин^{-1} ;

$n_{\text{шл.кр.}}$ – частота вращения шлифовального круга, мин^{-1} .

Уравнения кинематического баланса цепи имеет вид:

$$n_{M1} \cdot \frac{99}{99} = n_{\text{шл.кр.}}, \text{ мин}^{-1},$$

Тогда:

$$n_{\text{шл.кр.}} = 1500 \cdot \frac{99}{99} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

Цепь обкатки (деления)

Движение обкатки (деления) обеспечивает согласованное вращение абразивного червяка и шлифуемой заготовки. За один оборот червячного круга заготовка должна повернуться на один зуб.

Внешняя связь группы обеспечивает передачу вращения червячному кругу от электродвигателя M_1 при выключенной муфте 1 (главное движение).

Внутренняя связь группы – кинематическая цепь обкатки и деления, так как процесс обкатки идет при непрерывном вращении заготовки. Обеспечивается за счет электрической синхронизации электродвигателей M_1 и M_2 , имеющих в силу этого вращение с одинаковой частотой.

Система синхронизации вращения червячного круга и шлифуемой заготовки дает возможность отказаться от громоздких кинематических цепей, что повышает точность обработки.

Органом настройки группы (B_1B_2) является гитара деления i_x .

Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об.шл.кр.} \rightarrow \frac{K}{Z} \text{ об.заг.},$$

где K – число заходов шлифовального круга;

Z – число зубьев обрабатываемого зубчатого колеса.

Электродвигатель M_1 через пару цилиндрических колес 99/99 приводит во вращение шпиндель шлифовального круга, а электродвигатель M_2 через пару цилиндрических колес 80/80, гитару деления i_x , сменные колеса e - f и делительную пару 42/168 приводит во вращение шпиндель заготовки.

Так как оба электродвигателя имеют одинаковую частоту вращения, то уравнение баланса кинематической цепи обкатки (деления):

$$1 \text{ об.шл.кр.} \cdot \frac{99}{99} \cdot \frac{80}{80} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{42}{168} = \frac{K}{Z}$$

Формула настройки гитары деления при $K=1$:

$$\text{– при } Z = 12 \dots 19: \quad \frac{e}{f} = \frac{36}{108}; \quad i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{12}{Z};$$

$$\text{– при } Z = 20 \dots 200: \quad \frac{e}{f} = \frac{24}{120}; \quad i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{20}{Z}.$$

Расстояние между колесами e и f постоянно, сумма их зубьев также постоянна и равна:

$$36 + 108 = 24 + 120 = 144.$$

Цель радиальной подачи

Движение радиальной подачи (врезания) обеспечивает радиальную подачу шлифовальной бабки на заготовку за каждый двойной ход заготовки и отвод бабки после окончания шлифования.

Расчетные перемещения:

$$S_p, \text{ мм} \rightarrow 1 \text{ дв. ход заготовки.}$$

Цепь автоматической радиальной подачи состоит из храпового механизма ($Z=120$) и гидравлической следящей системы.

Качательное движение собачек храпового механизма сообщается гидроцилиндром через рейку ($m = 2 \text{ мм}$), зубчатое колесо $Z=35$. Далее движение передается на ходовой винт ($p=1,5 \text{ мм}$), который получает поступательное перемещение и поворачивает рычаг. Рычаг, имеющий соотношение плеч 8:5, перемещает следящий гидрораспределитель, в результате чего поршень перемещает шлифовальную бабку на величину радиальной подачи S_p , устанавливаемую лимбом посредством маховика и колес 180/24.

Ручное перемещение шлифовальной бабки при наладке станка осуществляется маховиком через коническую зубчатую пару 30/75 и ходовой винт с шагом $p=5 \text{ мм}$.

При шлифовании косозубых колес каретку с заготовкой поворачивают на угол наклона шлифуемого зуба с помощью передачи 1/30.

Уравнение кинематического баланса (при повороте на один зуб храпового механизма и передаточного отношения рычага 8/5):

$$\frac{1}{120} \cdot 1,5 \cdot \frac{8}{5} = S_p; \quad S_p = 0,02 \text{ мм/дв.ход.}$$

Радиальная подача регулируется в пределах $S_p = 0,02 \dots 0,08 \text{ мм/дв.ход.}$

Цель вертикальной подачи

Движение вертикальной подачи обеспечивает продольное перемещение шлифовального круга по боковой поверхности обрабатываемого колеса для образования зуба по длине. Это движение заготовке сообщается от электродвигателя M_3 . Исполнительным звеном перемещения каретки с суппортом является пара винт-гайка с шагом $p=6 \text{ мм}$.

Расчетные перемещения:

$$n_{M3}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow S_{\text{ВЕРТ}}, \text{ мм/мин.}$$

От электродвигателя M_3 через бесступенчатый привод (гидродвигатель с дроссельным регулированием) каретке с заготовкой сообщается возвратно-поступательное движение по направлению шлифуемого зуба. Реверс движения каретки осуществляется самим приводом при подаче команды от регулируемых упоров.

Для увеличения диапазона регулирования величин подач между приводом и парой винт-гайка имеется двухступенчатый зубчатый перебор, переключаемый электромагнитной муфтой, с передаточными отношениями:

$$i_n = \frac{52}{73}, \quad \text{либо} \quad i_{n1} = \frac{68}{57}$$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$n_{M3} \cdot i_n \cdot \frac{1}{34} \cdot P_1 = S_{\text{ВЕРТ.}}$$

Величину вертикальной подачи каретки регулируют в пределах 3,78... 165 мм/дв.ход при рабочем ходе, а величина ускоренного вертикального перемещения каретки равна 300 мм/мин.

Цель правки шлифовального круга

Движение правки круга обеспечивает согласованное перемещение накатника с вращением шлифовального круга. Их движения согласуются через кинематическую группу ($B_5П_6$).

Профилирование и правка червячного круга производятся с помощью стального многониточного накатника. Накатник вращается непосредственно от шлифовального круга в результате трения между ними и перемещается возвратно-поступательно вдоль оси шпинделя по направляющим механизма правки от ходового винта с шагом $p=2\pi$.

Внешняя связь группы ($B_5П_6$) обеспечивает передачу вращения червячному кругу от электродвигателя M_4 при включенной муфте 1.

Внутренняя связь группы – движение подачи накатника, обеспечивает согласованное перемещение накатника с вращением червячного круга.

Органом настройки группы (В5П6) является гитара правки i_{γ} .

Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об.шл.кр.} \rightarrow P_{\text{шл.кр.}} \text{ (мм)},$$

где $P_{\text{шл.кр.}}$ – шаг винтовой образующей червячного шлифовального круга.

Радиальная подача суппорта с накатником к червячному кругу (движение П7) осуществляется гидравлически.

Вращение шлифовального круга при правке осуществляется от двухскоростного электродвигателя M_4 при включенной муфте 1 (шестерни 90/90 находятся в зацеплении).

Уравнение кинематического баланса цепи вращения шлифовального круга при правке:

$$n_{M_4} \cdot \frac{26}{78} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{62}{64} \cdot \frac{90}{90} = n_{\text{шл.кр.}}$$

При $n_{M_4}=1420 \text{ мин}^{-1}$ – рабочий ход, $n_{\text{шл.кр.}}=25 \text{ мин}^{-1}$;

при $n_{M_4}=2850 \text{ мин}^{-1}$ – холостой ход, $n_{\text{шл.кр.}}=50 \text{ мин}^{-1}$.

Уравнение кинематического баланса цепи продольной подачи накатника имеет вид:

$$1 \text{ об.шл.кр.} \cdot \frac{90}{90} \cdot i_{\gamma} \cdot \frac{66}{66} \cdot 2\pi = \pi \cdot m_n,$$

где m_n – нормальный модуль шлифуемого зубчатого колеса;

i_{γ} – передаточное отношение гитары правки.

Формула настройки гитары правки:

$$i_{\gamma} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{m_n}{2}.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить методы шлифования зубчатых колес.
2. Изучить назначение, основные узлы и характеристики станка.
3. Изучить кинематическую структуру и исполнительные движения зубошлифовального станка.
4. Изучить кинематическую схему и расчетные цепи станка. Записать уравнения кинематического

баланса цепей станка.

5. Выполнить расчеты настройки кинематических цепей с проверкой условий сцепляемости:

– Цепь обката (деления)

гитара настройки:
$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}.$$

Сменные колеса гитары деления подобрать из набора: 30, 31, 32, 33, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 50, 54, 60(2 шт.), 61, 63, 70, 72, 74, 75, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 110, 118.

Условия сцепляемости сменных зубчатых колес гитары деления:

$$a + b = c + 15; \quad c + d = b + 15.$$

– Цепь правки шлифовального круга

гитара настройки:
$$i_{\gamma} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}.$$

Сменные колеса гитары правки круга: 30, 36, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 54, 60.

Условие сцепляемости сменных зубчатых колес гитары правки:

$$a_1 + b_1 = 90.$$

Передаточное отношение пары сменных колес, находящихся в зацеплении, должны находиться в пределах:

$$\frac{1}{4} \leq \frac{a}{b} \leq 4; \quad \frac{1}{4} \leq \frac{c}{d} \leq 4.$$

Таблица 4.1 – Индивидуальные задания для расчета настройки кинематических цепей станка (число заходов абразивного червяка $K=1$)

| №№ Варианта | Параметры шлифуемого зубчатого колеса | | №№ Варианта | Параметры шлифуемого зубчатого колеса | |
|----------------|--|---------------------|----------------|--|------------------|
| | Модуль m_n , мм | Число зубьев Z | | Модуль m_n , мм | Число зубьев Z |
| 1 | 0,10 | 20 | 16 | 3,0 | 42 |
| 2 | 0,12 | 21 | 17 | 4,0 | 44 |
| 3 | 0,15 | 22 | 18 | 5,0 | 45 |
| 4 | 0,20 | 24 | 19 | 6,0 | 48 |
| 5 | 0,25 | 25 | 20 | 8,0 | 50 |
| 6 | 0,3 | 26 | 21 | 10,0 | 52 |
| 7 | 0,4 | 27 | 22 | 0,4 | 54 |
| 8 | 0,5 | 28 | 23 | 0,5 | 55 |
| 9 | 0,6 | 30 | 24 | 0,6 | 56 |
| 10 | 0,8 | 32 | 25 | 0,8 | 60 |
| 11 | 1,0 | 33 | 26 | 1,0 | 63 |
| 12 | 1,25 | 34 | 27 | 1,25 | 64 |
| 13 | 1,5 | 35 | 28 | 1,5 | 65 |
| 14 | 2,0 | 36 | 29 | 2,0 | 70 |
| 15 | 2,5 | 40 | 30 | 2,5 | 80 |

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Тема, цель работы, индивидуальное задание (таблица 4.1).
2. Краткое описание методов шлифования зубчатых колес.
3. Кинематическая структура и формообразующие движения зубошлифовального станка.
4. Расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей станка.
5. Подбор сменных зубчатых колес из предлагаемого комплекта с проверкой условий сцепляемости.
6. Выводы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Методы шлифования зубчатых колес и их особенности.
- 2 Формообразующие движения зубошлифовального станка.
- 3 Расчетные перемещения кинематических цепей станка.
- 4 Органы настройки кинематических цепей станка.
- 5 По кинематической схеме зубошлифовального станка модели 5B833 показать цепи:
 - главного движения;
 - обкатки (деления);
 - радиальной подачи;
 - вертикальной подачи;
 - правки шлифовального круга.

Лабораторная работа №5

Тема: «Изучение кинематической схемы и расчёт настройки кинематических цепей станка модели 5236П для нарезания конических колёс с прямым зубом»

Цель работы:

- изучение процесса формообразования при зубострогании;
- изучение кинематической схемы станка;
- расчет настройки кинематических цепей по заданным параметрам обрабатываемой детали.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Процесс формообразования прямых зубьев конического колеса при зубострогании и принцип работы зубострогального станка.

Обработка зубьев конических колес на зубострогальных станках, работающих по методу обката, теоретически основана на представлении о воображаемом плосковершинном коническом колесе, с которым обкатывается в процессе обработки заготовка. Характерным для плосковершинного колеса является величина угла при вершине начального конуса (рисунок 1а).

На практике трудно реализовать схему обработки, в основе которой лежит плосковершинное колесо, т.к. пришлось бы изменять угол движения инструмента θ_{i2} (рисунок 5.1, а) в зависимости от размеров зубьев нарезаемого колеса относительно оси производящего колеса.

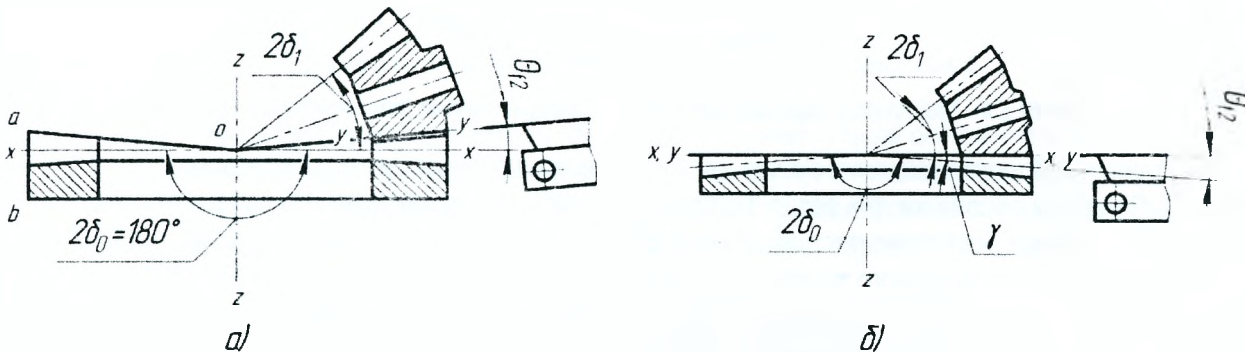


Рисунок 5.1 - Схемы зацепления нарезаемого колеса с производящим: а – плоское, б – плосковершинное

Для упрощения конструкции станка поступают следующим образом. Образующую YY дна впадины (рисунок 5.1) совмещают с плоскостью XX, перпендикулярной к оси вращения производящего колеса, и вершины резцов перемещают в эту плоскость.

В связи с этим угол при вершине начального конуса производящего колеса будет меньше 180° . Из схемы следует, что

$$2\delta_0 = 180^\circ - \theta_{i2}, \quad (5.1)$$

где θ_{i2} - угол ножки нарезаемого колеса.

Если Z - число зубьев нарезаемого колеса, Z_c - число зубьев производящего колеса, то

$$\frac{Z}{Z_c} = \frac{\sin\delta_1}{\sin\delta_0} = \frac{\sin\delta_1}{\sin(90^\circ - \theta_{i2})} = \frac{\sin\delta_1}{\cos\theta_{i2}}, \quad (5.2)$$

где δ_1 - половина угла начального конуса нарезаемого колеса.

Из соотношения (5.2) следует, что

$$Z_c = \frac{Z \cdot \cos\theta_{i2}}{\sin\delta_1}. \quad (5.3)$$

Так как угол θ_{12} мал и $\cos\theta_{12} \approx 1$, то вполне допустимо применить плосковершинное производящее колесо вместо плоского и обеспечить работоспособность изготавливаемой конической передачи при незначительном искажении формы зуба.

В рассматриваемой схеме зубострогания с плоским производящим колесом делительный конус превращается в цилиндр с осью ZZ образующей ab . При разворачивании цилиндра на плоскость зубья колеса образуют прямолинейную зубчатую рейку.

Зацепление нарезаемого колеса с производящим изображено на рисунке 5.2.

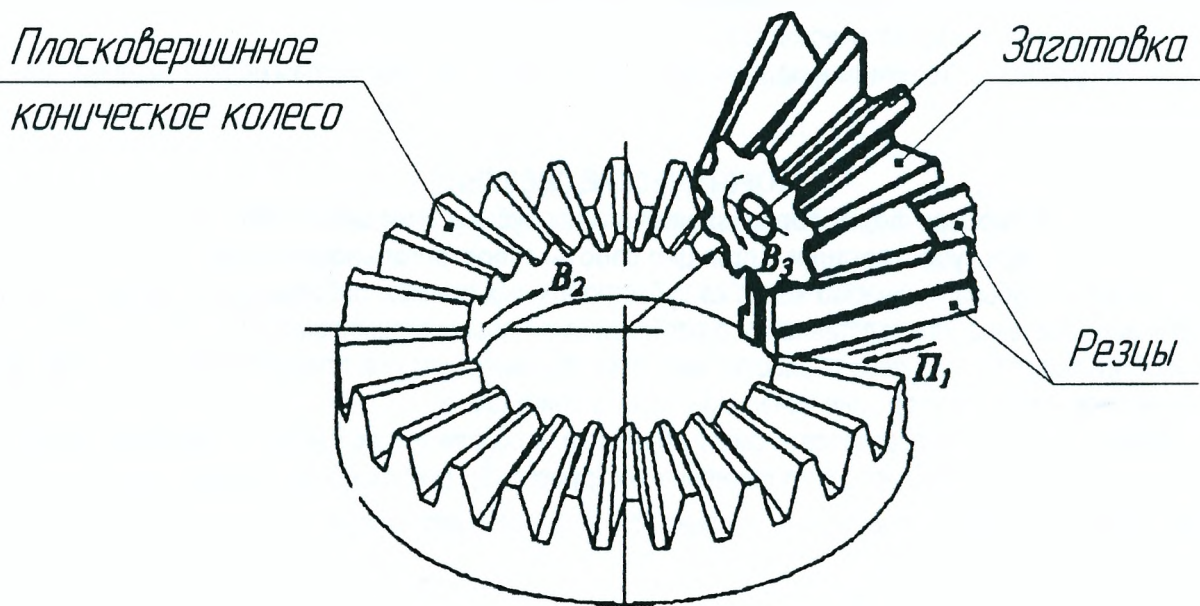


Рисунок 5.2 - Зацепление нарезаемого колеса с воображаемым (производящим) колесом

Процесс формообразования зубьев на заготовке можно представить следующим образом (рисунок 5.3). Во время обработки два резца 3, образующие впадину производящего колеса, получают главное прямолинейное возвратно-поступательное движение Π_1 в направлении, параллельном образующей конуса впадин нарезаемого колеса 2, причем прямолинейные траектории вершин резцов 3 проходят через вершину начального конуса нарезаемого колеса. Для обеспечения этого условия суппорты с резцами, смонтированные на планшайбе люльки 4 (рисунок 5.3), устанавливают между собой под углом (рисунок 5.4).

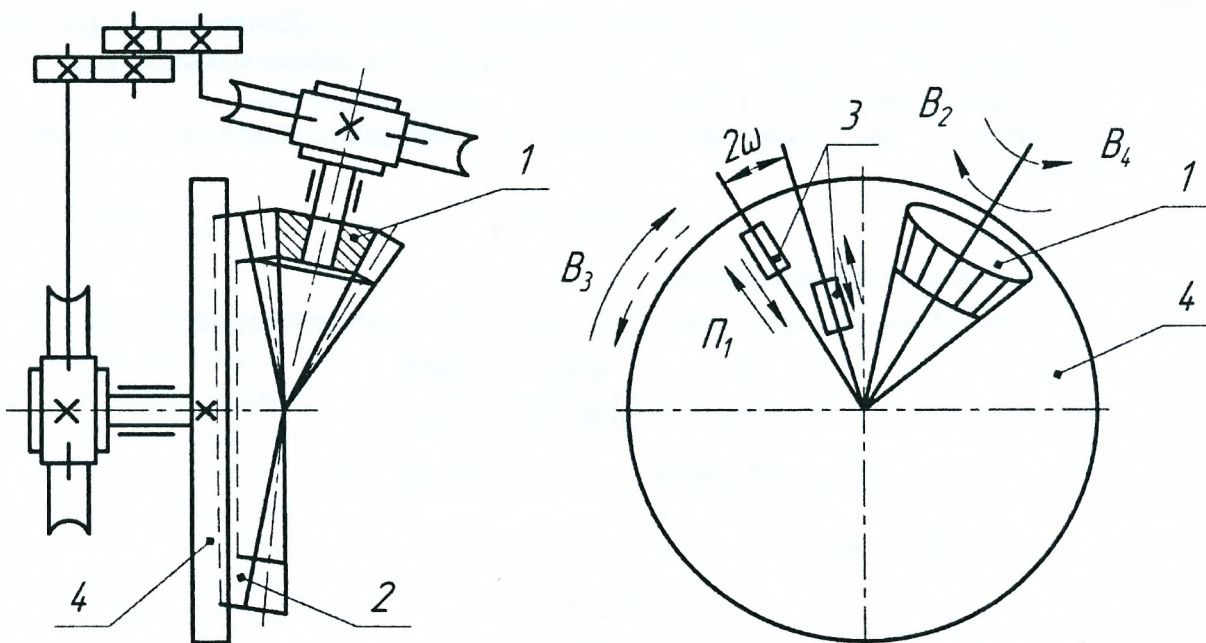
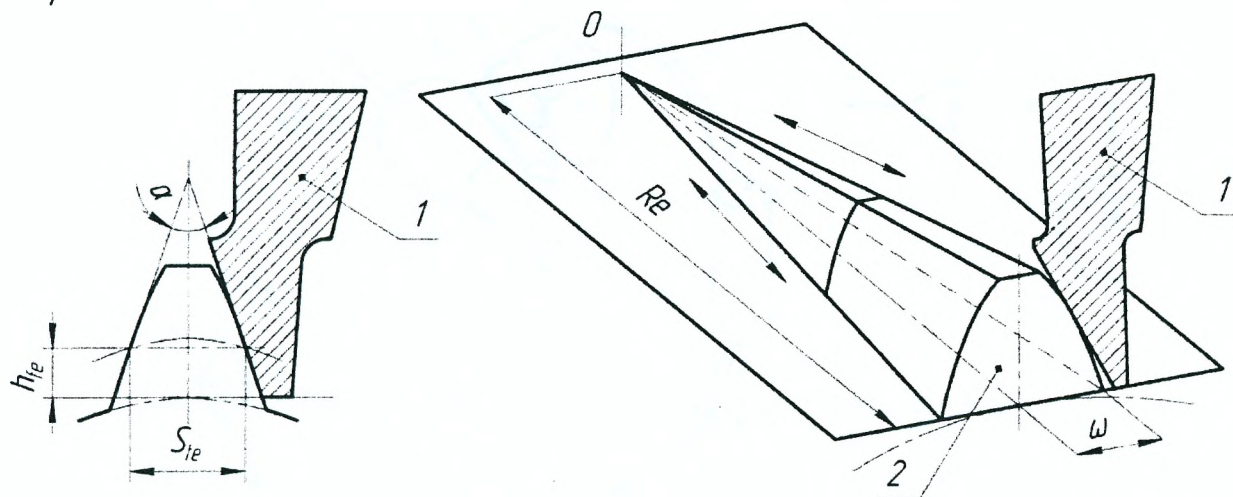


Рисунок 5.3 - Схема нарезания зубьев конического прямозубого колеса

При этом

$$\omega = \frac{57,3}{R_e} \cdot \left(\frac{S_e}{2} + h_{fe} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right). \quad (5.4)$$

Люлька 4 вместе с резцами 3 (рисунок 5.3) вращается то в одну, то в другую сторону (движение V_3), воспроизводя движение производящего колеса 2. Во время рабочего хода нарезаемое колесо (заготовка) 1 получает вращение V_2 , согласованное с вращением V_3 производящего колеса (движение обката).



1 – резец; 2 – зуб нарезаемого колеса

Рисунок 5.4 - Направление движения резцов при зубострогании

При этом образуется профиль боковых поверхностей зубьев. После окончания рабочего хода заготовку 1 отводят от люльки 4, производят реверс (движение V_3), и люлька получает быстрое вращение в обратном направлении. Во время холостого хода совершается делительный поворот заготовки (движение V_4 , рисунок 5.3). Далее заготовку подводят к люльке, и цикл обработки следующего зуба повторяется.

Угол качания люльки выбирается таким, чтобы резцы полностью обкатали (обработали) нарезаемые зубья по всей высоте профиля.

2 Кинематическая структура зубострогального станка, формообразующие движения и расчетные перемещения

Формообразующие движения и расчетные перемещения

Главное движение – Φ_V (Π_1) имеет простую, незамкнутую траекторию и настраивается по четырем параметрам: скорости – гитарой скорости резания i_v ; пути – изменением радиуса установки пальца кривошипа; направлению – соответствующей установкой сменных колес в гитаре скорости резания; на исходную точку – установкой резцедержателей на ползунах.

Внутренняя связь – поступательная пара (ползун с резцами – люлька).

Внешняя связь – 1-2-3.

Расчетные перемещения [РП]:

$$n_3, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n, \text{ дв.х. / мин резцов}$$

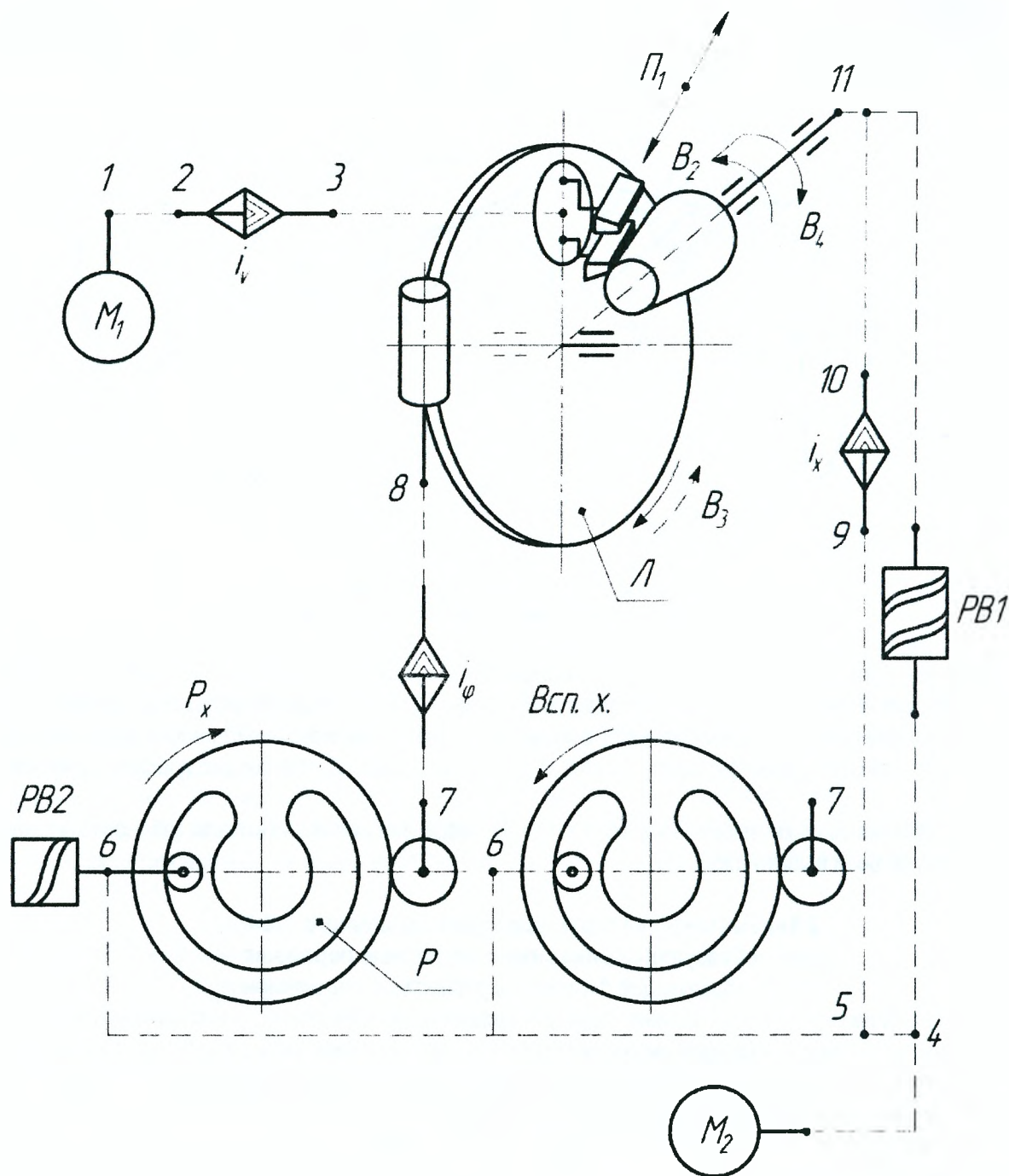
Орган настройки – i_v .

Движение подачи (обката) – Φ_S (V_2V_3) имеет сложную траекторию и настраивается по четырем параметрам: на траекторию – гитарой обката i_ϕ ; на скорость – частотой вращения электродвигателя M2; на путь – подбором угла качания люльки ψ_r ; на исходную точку – установкой люльки в определенное угловое положение.

Внутренняя связь – люлька-шпиндель заготовки: 8-7-6-5-9-10-11.

Цепь обката [РП]:

$$1 \text{ об. люльки} \rightarrow \frac{Z_c}{Z} \text{ об. заг.}$$



M_1 – источник главного движения (электродвигатель); M_2 – источник движения цепей деления и обката; $PB1$ – распределительный вал управления циклом; $PB2$ – распределительный вал управления реверсивным механизмом; P – реверсивный механизм; $Л$ – люлька; P_x – рабочий ход люльки; $Всп. х.$ – реверс (обратный ход) люльки; i_v – гитара сменных колес главного движения; i_x – гитара сменных колес цепи деления; i_ϕ – гитара сменных колес цепи обката

Рисунок 5.5 - Кинематическая структура зубострогального станка

Внешняя связь 4-5 определяет скорость обкатывания, которая определяется скоростью вращения электродвигателя M_2 .

Станок работает в цикловом режиме.

Время цикла

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{х}}, \quad (5.5)$$

где $t_{\text{р}}$ – время рабочего хода люльки во время профилирования зуба;

$t_{\text{х}}$ – время вспомогательного (холостого) хода поворота люльки в исходное положение.

[РП] для $\Phi_{\text{с}}$ (B_2B_3):

$$1 \text{ об. РВ1} \rightarrow \frac{n_{\text{м}}}{60} \cdot t_{\text{ц}}, \text{ сек}^{-1} \text{ эл. двигателя } M_2,$$

где $\frac{n_{\text{м}}}{60}$ – число оборотов электродвигателя M_2 в секунду.

РВ1 совершает 1 оборот за время $t_{\text{ц}}$ цикла.

Настройка подачи [движение $\Phi_{\text{с}}$ (B_2B_3)] на величину пути, т.е. на угол качания люльки.

Орган настройки i_{φ} – гитара качания люльки.

$$[\text{РП}] \quad \frac{\psi_{\text{р}}}{360} \text{ об. РВ1} \rightarrow \frac{\theta}{360} \text{ об. люльки},$$

где $\psi_{\text{р}}$ – угол поворота РВ1, соответствующий времени $t_{\text{р}}$ цикла;

θ – полный угол качания люльки для полного профилирования зуба, град.

Полный угол качания люльки θ для колеса $\delta_1 < 70^\circ$ определяется по формуле:

$$\theta = \theta' + 0,5 \cdot \theta_{\Sigma} = \arccos\left(\frac{\cos \delta_a}{\cos \delta_f}\right) + 0,5 \cdot \theta_{\Sigma}, \quad (5.6)$$

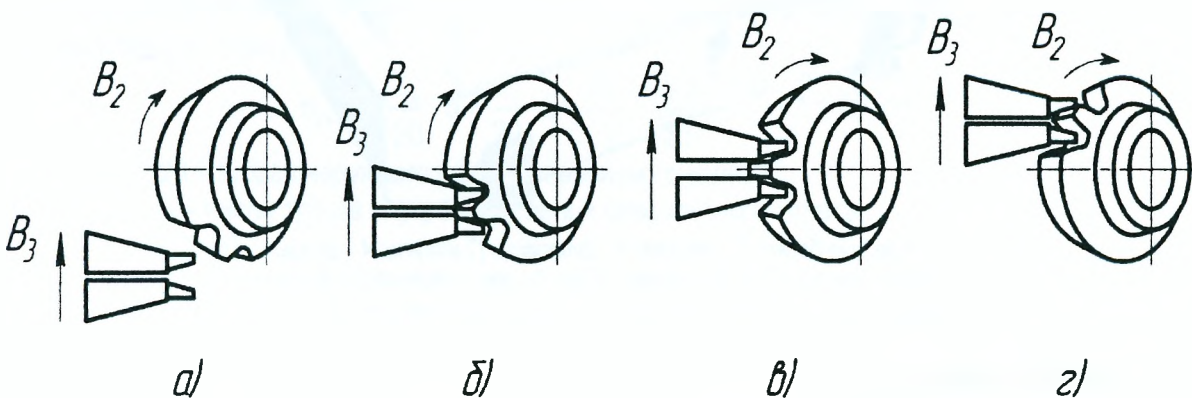
$$\text{где } \theta_{\Sigma} = \frac{1200}{Z_c} \text{ – угол качания люльки при профилировании зуба.} \quad (5.7)$$

Для колес с $\delta_1 > 70^\circ$:

$$\theta = \theta' + 0,56 \cdot \theta_{\Sigma} = \arccos\left(\frac{\cos \delta_a}{\cos \delta_f}\right) + 0,6 \cdot \theta_{\Sigma}. \quad (5.8)$$

Значения углов δ_a и δ_f приведены в приложении 1.

Схема последовательности образования зубьев показана на рисунке 5.6 (а...г).



а – подвод инструмента (резцов); б – врезание; в – резание (рабочий ход); г – выход инструмента (резцов)

Рисунке 5.6 - Схема последовательности образования зубьев

Движение деления – Д (B_4) - простое.

Внутренняя связь – вращательная пара шпинделя заготовки.

Внешняя связь: M_2 -4-5- 9-10-11.

Движение деления включается периодически от РВ1; настраивается на путь гитарой деления $i_{\text{х}}$.

[РП] $1 \text{ об. РВ1} \rightarrow \frac{Z_i}{Z} \text{ об. заготовки,}$
 где Z_i – число зубьев деления заготовки.

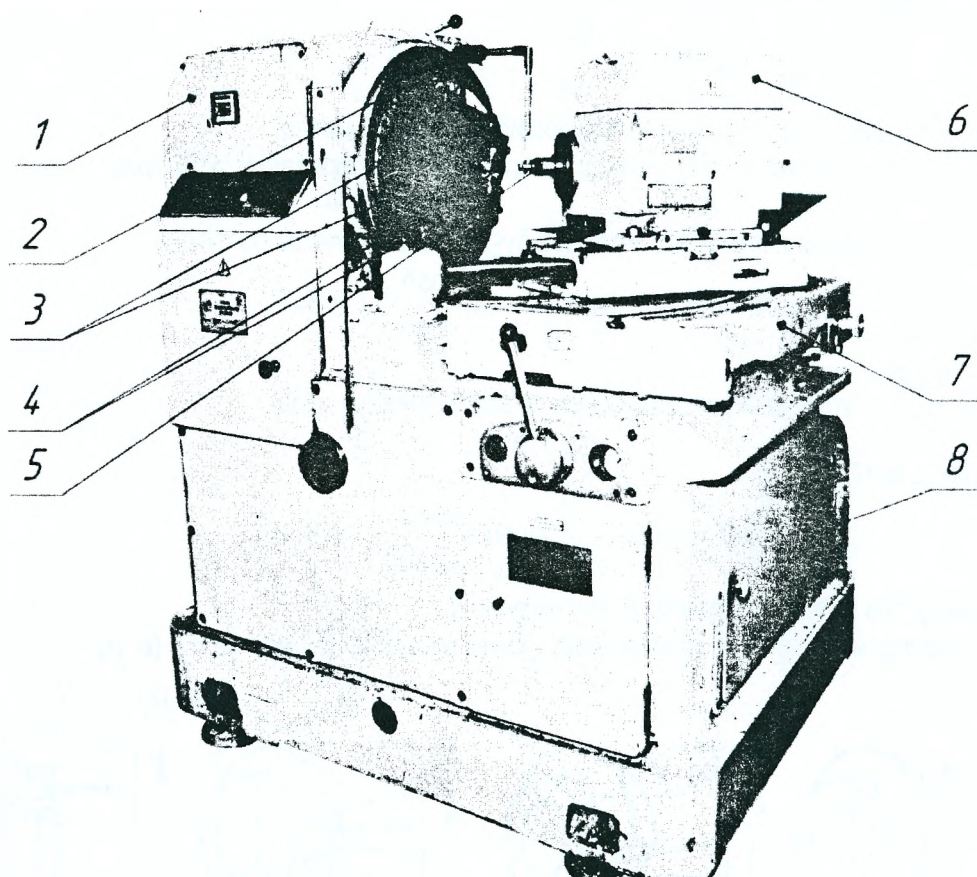
3 Зубострогальный полуавтомат модели 5236П

Зубострогальный полуавтомат модели 5236П работает по методу обката.

Техническая характеристика

| | |
|--|-----------|
| Наибольший диаметр нарезаемого колеса, мм | 125 |
| Модуль обрабатываемого колеса, мм | 0,5...2,5 |
| Частота движения резцов, двойных ходов мин ⁻¹ | 160...800 |

Общий вид станка представлен на рисунке 5.7.



1 – передняя бабка; 2 – люлька; 3 – суппорты (2 штуки); 4 – резцы;
 5 – шпиндель с заготовкой; 6 – задняя бабка; 7 – стол подвижный; 8 – станина
Рисунок 5.7 - Зубострогальный полуавтомат модели 5236П

Цикл обработки включает:

- подвод стола с заготовкой к резцам;
- рабочий ход люльки, которая поворачивается медленно и согласованно с заготовкой (обкат);
- быстрый отвод стола;
- реверсирование люльки - ускоренный вспомогательный ход (возврат) при неизменном вращении заготовки (деление).

Далее следует повторение цикла для обработки другого зуба.

Счетчик циклов, который настраивают на число зубьев нарезаемого колеса, выключает станок после обработки всех зубьев. Кинематическая схема станка представлена на рисунке 5.8.

Условные обозначения к кинематической схеме:

$i_v = \frac{a}{b}$ – гитара сменных колес главного движения;

$i_x = \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f}$ – гитара сменных колес цепи деления;

$i_\varphi = \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l}$ – гитара сменных колес цепи обката;

PB1 – распределительный вал управления циклом станка;

PB2 – распределительный вал управления реверсивным механизмом;

K₁; K₂; K₃; K₄ – кулачки управления PB1;

P – реверсивный механизм;

Л – люлька обката.

4 Уравнения кинематического баланса цепей станка

Главное движение (возвратно-поступательное движение резцов) осуществляется от электродвигателя M1 (N=1,1 кВт, n_э = 920 мин⁻¹). Уравнение кинематического баланса:

$$n_э \cdot \frac{80}{80} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{30}{54} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{37}{53} = n, \text{ дв.х. / мин,}$$

где $n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot l}$, дв.х. / мин;

V – скорость резания, м/мин;

n – число двойных ходов резцов в минуту;

l – длина хода резцов, мм;

$$l = b + 2 \text{ мм,}$$

где b – ширина зубчатого венца нарезаемого колеса, мм.

Формула настройки

$$i_v = \frac{a}{b} = \frac{n}{355}$$

Реверсивный механизм

Количество оборотов за один цикл работы станка ведущего колеса Z=20 реверсивного механизма определяют по формуле:

$$n_{Z=20} = \frac{Z_A}{20} \cdot 5 + \frac{Z_B}{20} \cdot 5 + \frac{96 + 64 + 2 \cdot 10}{20} + 1 = 60 \text{ об.,}$$

где Z_A=120 – зубьев наружного венца реверсивного колеса;

Z_B=80 – число зубьев внутреннего венца реверсивного колеса;

$\frac{96 + 64 + 2 \cdot 10}{20}$ – передаточное отношение реверсивного механизма (P).

Число оборотов распределительного вала (PB1) за один цикл работы станка:

$$n_{PB1} = 60_{Z=20} \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{1}{60} = 1 \text{ об.}$$

Движение деления

В данной конструкции шпиндель заготовки непрерывно вращается с постоянной для данной наладки угловой скоростью. Переход к следующему зубу происходит путем поворота шпинделя на некоторый угол, пока люлька возвращается в исходное положение.

При черновой обработке поворот заготовки на следующий зуб осуществляется через Z_i=1.

При этом угол обката, выражаемый через θ полный угол качания люльки, мал и недостаточен для полного профилирования нарезаемого зуба.

Для увеличения угла качания люльки при чистовой обработке переходят к очередному зубу, пропуская несколько зубьев, причем Z_i не должно иметь общих множителей с числом зубьев Z нарезаемого колеса. Иначе после некоторого числа делений резцы повторно будут попадать в уже обработанные впадины, а часть зубьев останется необработанной.

От начала обработки одного зуба до начала обработки следующего зуба проходит ровно один цикл.

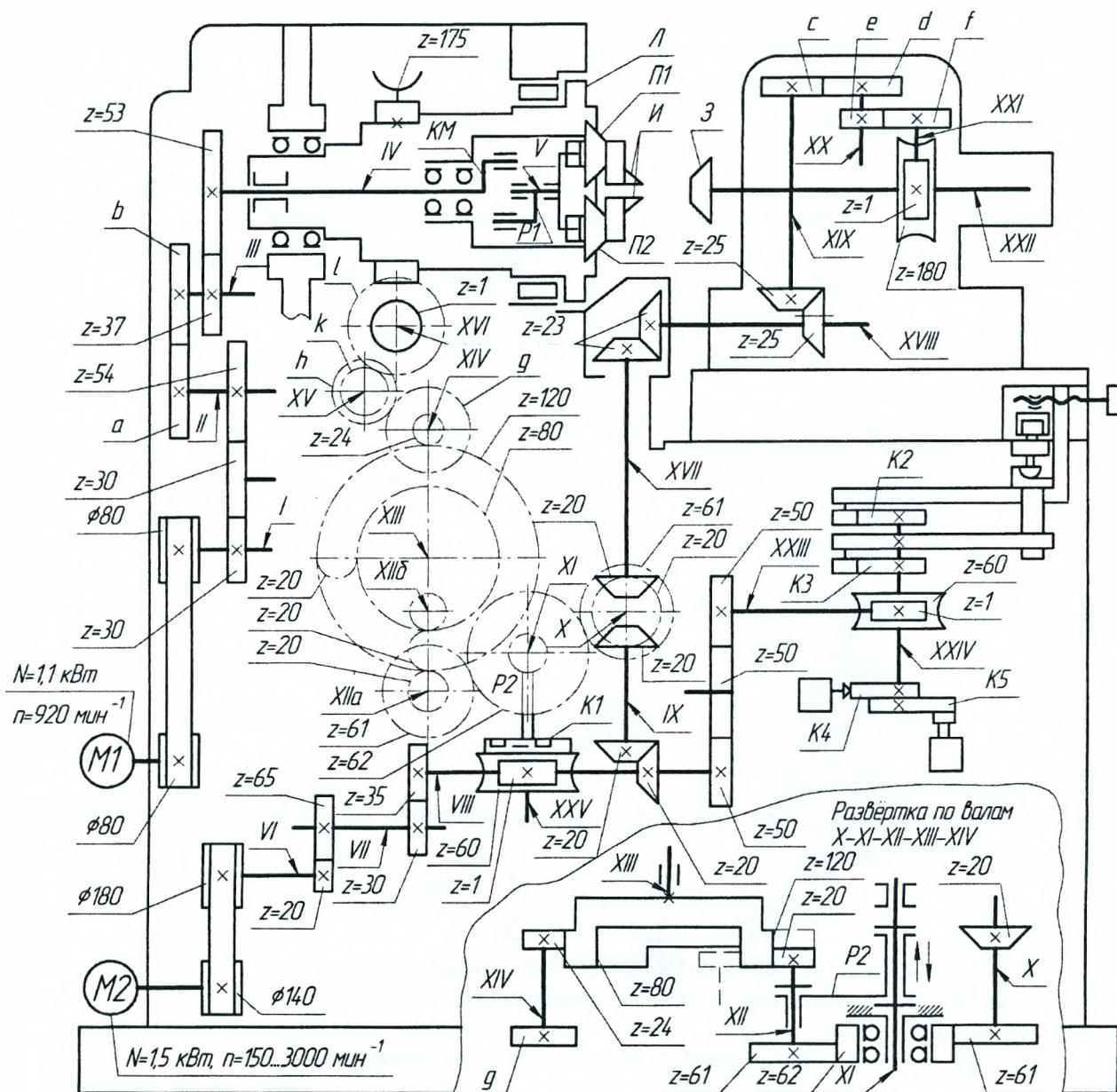


Рисунок 5.8 - Кинематическая схема станка

За время цикла заготовка повернется на часть оборота, равную $\frac{Z_1}{Z}$, а распределитель (PB1) – на один оборот.

Исходя из этих расчетных перемещений, настраивают цепь деления в соответствии с уравнением:

$$1 \text{ об. PB1} \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{1}{180} = \frac{Z_1}{Z}$$

Откуда формула настройки гитары деления:

$$i_x = \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} = 3 \cdot \frac{Z_i}{Z}$$

Движение обката

При повороте производящего колеса Z_c на один зуб обрабатываемое колесо Z тоже должно вернуться на один зуб.

[РП] $\frac{1}{Z_c}$ об. люльки $\rightarrow \frac{1}{Z}$ об. заготовки.

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{1}{Z_c} \cdot \frac{175}{1} \cdot \frac{l}{k} \cdot \frac{h}{g} \cdot \frac{24}{120} \cdot \frac{120}{20} \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{23} \cdot \frac{23}{25} \cdot \frac{25}{d} \cdot \frac{c}{f} \cdot \frac{1}{180} = \frac{1}{Z}$$

Так как $i_x = \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} = 3 \cdot \frac{Z_i}{Z}$, а также с учетом формулы (5.3), получаем формулу настройки гитары обката:

$$i_\varphi = \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l} = \frac{7}{2} \cdot \frac{Z_i}{Z} \cdot \sin \delta_1$$

Выбор Z_i связан с полным углом поворота люльки θ при обкате. Этот угол соответствует рабочей части цикла, на которую отведено 160° поворота РВ1.

[РП] 160° поворота РВ1 $\rightarrow \theta^\circ$ поворота люльки

Уравнение кинематического баланса:

$$160^\circ \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{120} \cdot \frac{120}{24} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l} \cdot \frac{1}{175} = \theta$$

Отсюда найдем выражение для передаточного отношения гитары и приравняем его к полученному выше:

$$i_\varphi = \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l} = \frac{7}{2 \cdot 160} \theta = \frac{7}{2} \cdot \frac{Z_i}{Z} \cdot \sin \delta_1$$

откуда

$$Z_i = \frac{Z}{\sin \delta_1} \cdot \frac{\theta}{160}$$

Движение подачи

Настраивается исходя из времени рабочего хода t_p в сек. Движение подачи осуществляется от электродвигателя М2. Кинематическая цепь согласует вращение электродвигателя с РВ1:

$$t_p \cdot \frac{n_{эд}}{60} \cdot \frac{140}{188} \cdot \frac{20}{65} \cdot \frac{30}{35} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{1}{60} = \frac{\theta_p}{360^\circ}$$

где $n_{эд}$ – частота вращения вала электродвигателя М2, мин⁻¹;

$\theta_p = 210^\circ$ – угол поворота РВ1 за время рабочего хода.

Формула настройки цепи подачи:

$$n_{эд} = \frac{10690}{t_p}$$

где t_p – определяется по формуле (5.5).

Необходимые условия настройки станка

Гитара главного движения – сменные колеса: 31, 36, 41, 47, 53, 59, 64, 69.

Условие сцепляемости: $a+b=100$.

Сменные колеса гитар деления и обката: 30, 30, 32, 33, 35, 36, 40, 42, 44, 45, 47, 48, 50, 52, 53, 55...58 (подряд), 60...84 (подряд), 86...89 (подряд), 90, 90, 91, 93, 94, 97...100 (подряд), 116.

Вначале подбирается гитара обката, а из оставшегося набора сменных колес подбирается гитара деления.

Условия сцепляемости гитар деления и обката:

$$c \leq 70; 89 \leq c+d \leq 128; f \leq 100; 100 \leq l+f \leq 168.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с геометрией и методикой образования поверхностей зубьев конических прямо-зубых колёс на станке.
2. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом работы, структурной и кинематической схемами станка.
3. Записать условной записью исполнительные движения в станке, необходимые для нарезания заданного колеса, и определить, по каким параметрам они должны настраиваться.
4. Рассчитать параметры, необходимые для настройки станка
5. Рассчитать настройку исполнительных движений по требуемым параметрам (написать расчётные перемещения, вывести формулы настройки, рассчитать передаточные отношения и подобрать сменные зубчатые колёса гитар скорости резания, обката).
6. Составить отчёт о работе.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Данные об обрабатываемой детали
Модуль внешний окружной m_e , мм
Число зубьев нарезаемого колеса Z
Длина зуба b , мм
2. Режимы резания
Скорость резания V , м/мин
3. Расчетные данные обрабатываемого колеса
Угол начального конуса обрабатываемого колеса δ_1 , град.
Угол ножки нарезаемого колеса θ_{f2} , град.
Высота ножки зуба h_{fe} , мм
Внешняя окружная толщина зуба S_{e1} , мм
Внешнее конусное расстояние R_e , мм
Угол конуса вершин δ_a , град.
Угол конуса впадин δ_f , град.
Ширина зубчатого венца b , мм
4. Данные о расчетных параметрах настройки станка
Число двойных ходов инструмента n , дв.х./мин
Число зубьев плосковершинного производящего колеса Z_c .
Угол полного качания люльки θ , град.
Угол качания люльки при профилировании зуба θ_Σ , град.
Угол установки резцов ω , град.
Число зубьев поворота заготовки для деления Z_i

Гитара настройки главного движения $i_v = \frac{a}{b}$

Гитара настройки цепи деления $i_x = \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f}$

Гитара настройки цепи обката $i_\varphi = \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l}$

Таблица 5.1 - Индивидуальные задания для расчёта настройки кинематических цепей станка

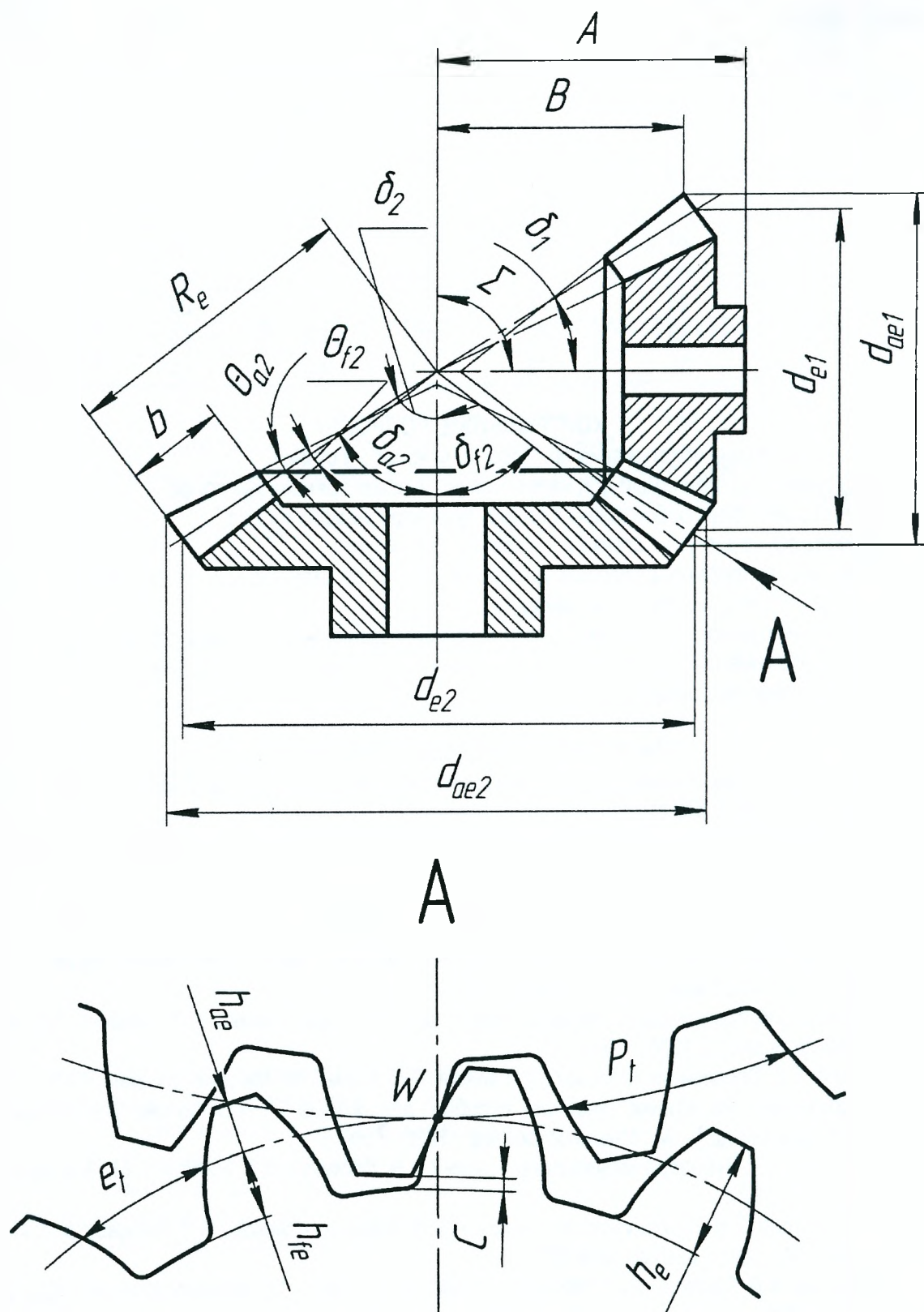
| № варианта | Параметры нарезаемого колеса | | Скорость резания V, м/мин | № варианта | Параметры нарезаемого колеса | | Скорость резания V, м/мин |
|------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Модуль m_e , мм | Число зубьев заготовки Z | | | Модуль m_e , мм | Число зубьев заготовки Z | |
| 1 | 0,5 | 60 | 14 | 11 | 0,5 | 70 | 16 |
| 2 | 1,0 | 35 | 18 | 12 | 1,25 | 40 | 14 |
| 3 | 1,25 | 30 | 20 | 13 | 0,75 | 21 | 12 |
| 4 | 2,5 | 26 | 18 | 14 | 1,0 | 24 | 16 |
| 5 | 1,0 | 60 | 16 | 15 | 2,0 | 31 | 25 |
| 6 | 2,0 | 24 | 12 | 16 | 2,5 | 40 | 17 |
| 7 | 2,5 | 36 | 16 | 17 | 3,0 | 20 | 18 |
| 8 | 1,5 | 25 | 20 | 18 | 1,5 | 28 | 24 |
| 9 | 2,0 | 30 | 22 | 19 | 1,0 | 46 | 26 |
| 10 | 1,0 | 30 | 18 | 20 | 2,0 | 44 | 17 |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность метода обкатывания при строгании колес на станке.
2. Инструмент, применяемый для нарезания конических прямозубых колес.
3. Описать цикл формообразования одного зуба нарезаемого колеса.
4. Назвать основные узлы станка и показать их на рисунке.
5. Перечислить формообразующие движения станка, по структурной схеме показать внешние, внутренние цепи и органы настройки.
6. Для цепей главного движения, обката и деления записать расчетные перемещения, пользуясь кинематической схемой составить уравнения кинематического баланса, вывести формулы настройки каждой цепи.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлорежущие станки: учеб. для машиностроит. вузов / Под ред. В.Э.Пуша – М.: Машиностроение, 1985. – 575 с.
2. Металлорежущие станки и автоматы: учеб. для машиностроит. вузов / Под ред. А.С. Проникова – М.: Машиностроение, 1981. – 479 с.
3. Станочное оборудование автоматизированного производства. – в 2-х томах / Под ред. В.В. Бушуева. – М.: Издательство «Станкин», 1993. – Т1. - 584 с.
4. Станочное оборудование автоматизированного производства. – в 2-х томах / Под ред. В.В. Бушуева. – М.: Издательство «Станкин», 1994. – Т2. - 656 с.
5. Вереина, Л.И. Конструкции и наладка токарно-затыловочных станков / Л.И. Вереина, Б.А. Усов. – М.: Высшая школа, 1985.- 191с.
6. Овумян, Г.Г. Справочник збореза / Г.Г. Овумян, Я.И. Адам. - М.: Машиностроение, 1983. - 218 с.
7. Металлорежущие станки: учебное пособие для вузов. / Н.С Колев, Л.В.Красниченко, Н.С.Никулин [и др.] - М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
8. Лоскутов, В.В. Зубообрабатывающие станки / В.В. Лоскутов, А.Г. Ничков. – М.: Машиностроение, 1978. - 192 с.
9. Сильвестров, Б.Н. Конструкции и наладка зубофрезерных станков / Б.Н. Сильвестров, И.Д. Захаров. – М.: Высш. школа, 1989.-271 с.
10. Сандаков, М.В. Таблицы для подбора шестерен: справочник. – М.: Машиностроение, 1982. - 572 с.
11. Зубодолбежный станок 5140: Руководство по обслуживанию станка.
12. Зубофрезерный станок 5К31П: Руководство по эксплуатации.
13. Токарно-затыловочный станок 1Е811: Руководство по эксплуатации.
14. Зубошлифовальный станок 5В833: Руководство по эксплуатации.
15. Зубострогальный станок 5236П: Руководство по эксплуатации.



S - радиальный зазор; e_t - окружная ширина впадин
Рисунок П1 - Элементы зацепления конических зубчатых колес

Таблица П1 - Формулы для расчета геометрических параметров конических колес с прямыми зубьями (по ГОСТ 19624-74)

| Параметры | Обозначение | Расчетные формулы |
|---|-------------|---|
| Межосевой угол, град. | Σ | 90 |
| Число зубьев: | | |
| шестерни | Z_1 | Выбирается конструктивно |
| колеса | Z_2 | |
| плоского колеса | Z_c | |
| Внешний окружной модуль, мм | m_e | Задается по вариантам |
| Угол профиля, град. | α | 20 |
| Внешнее конусное расстояние, мм | R_e | $R_e = 0,5 \cdot m_e \cdot Z_c$ |
| Ширина зубчатого венца, мм | b | $b \leq 0,3 \cdot R_e$ и $b \leq 10 \cdot m_e$ |
| Среднее конусное расстояние, мм | R | $R = R_e - 0,5 \cdot b$ |
| Средний окружной модуль, мм | m | $m = m_e \cdot R/R_e$ |
| Средний делительный диаметр, мм | d | $d = m \cdot Z$ |
| Угол делительного конуса | δ | $\text{tg} \delta_1 = Z_1/Z_2$; $\delta_2 = 90 - \delta_1$ |
| Передаточное число | u | $U = Z_2/Z_1$ |
| Внешняя высота, мм: | | |
| головки зуба | h_{ae} | $h_{ae1} = (h_a^* + x_1) \cdot m_e$; $h_{ae2} = 2h_a^* \cdot m_e - h_{ae1}$ |
| ножки зуба | h_{fe} | $h_{fe1} = h_{ae2} + c^* \cdot m_e$; $h_{fe2} = h_{ae1} + c^* \cdot m_e$ |
| зуба | h_e | $h_e = h_{ae} + h_{fe}$ |
| Коэффициент смещения у шестерни | x_1 | Рекомендации по выбору приведены в прил. 2 ГОСТ 19624-74 |
| Коэффициент высоты головки | h_a^* | При $m > 1$ - $h_a^* = 1$ |
| Коэффициент радиального зазора | c^* | При $m > 1$ - $c^* = 0,2$ |
| Угол ножки зуба | θ_f | $\text{tg} \theta_f = h_{fe}/R_e$ |
| Угол головки зуба | θ_a | $\theta_{a1} = \theta_{f2}$; $\theta_{a2} = \theta_{f1}$ |
| Угол конуса: | | |
| вершины | δ_a | $\delta_a = \delta + \theta_a$ |
| впадины | δ_f | $\Delta_f = \delta + \theta_f$ |
| Внешний диаметр, мм: | | |
| делительный | d_e | $d_e = m_e \cdot Z$ |
| вершин | d_{ae} | $d_{ae} = d_e + 2h_e \cdot \cos \delta$ |
| Внешняя окружная толщина зуба, мм | S_e | $S_{e1} = (0,5 \cdot \pi + 2x_1 \cdot \text{tg} \alpha + x_{r1}) \cdot m_e$; $S_{e2} = \pi \cdot m_e - S_{e1}$ |
| Коэффициент изменения расчетной толщины зуба | x_{r1} | Рекомендации по выбору x_{r1} см. в прил. 2 ГОСТ 19624-74; принять $x_{r1} = 0$ |
| Расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев, мм | B | $B = R_e \cdot \cos \delta - h_{ae} \cdot \sin \delta$ |
| Базовое расстояние конического колеса от вершины делительного конуса до базовой плоскости, мм | A | Задается из конструктивных соображений |

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

*Виктор Петрович Горбунов
Владимир Федорович Григорьев
Юрий Александрович Дакало
Игорь Александрович Мирошниченко*

Методические указания

к лабораторным работам
по дисциплинам «Металлорежущие станки»,
«Технологическое оборудование»
для студентов специальностей
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

Ответственный за выпуск: Дакало Ю.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 27.01.2015 г. Формат 60x84 1/8. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 7,0. Уч. изд. л. 7,5. Заказ № 1103. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.