

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра машиноведения

СТАНОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Рабочая программа, методические указания и
контрольные задания
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
заочной формы обучения

Брест 2007

Рабочая программа, методические указания и задания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Станочное оборудование» предназначены для студентов заочной формы обучения, а также студентов института повышения квалификации и переподготовки кадров по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В методических указаниях изложены основные сведения о методах формообразования зубчатых колес, затылования инструментов. Рассмотрены вопросы наладки и настройки станков. Представлены варианты заданий.

Рабочая программа и методические указания обсуждены и одобрены на заседании кафедры машиноведения.

Составители: В.П. Горбунов, доцент, к. т. н.
Ю.И. Плющёв, доцент

Рецензент: В.В. Стельмашук, главный инженер ОАО «Брестмаш»

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Рабочая программа по дисциплине «Станочное оборудование»	4
1.1 Цели и задачи дисциплины	4
1.2 Содержание дисциплины	4
1.3 Список рекомендуемой литературы	7
2 Методические указания к выполнению контрольной работы	8
2.1 Общие положения	8
2.2 Наладка зубодолбежного станка	8
2.3 Наладка зубофрезерного станка	13
2.4 Наладка зубошлифовального станка	24
2.5 Наладка зубозатыловочного станка	26
3 Задания к контрольной работе	30
3.1 Основные требования	30
3.2 Варианты заданий	31
3.3 Кинематические схемы металлорежущих станков	33

1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТАНОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

Рабочая программа составлена на основании образовательного стандарта РД РБ 02100.5.006-98 и учебной программы по дисциплине «Станочное оборудование» для студентов специальности I - 36 01 01 «Технология машиностроения», утвержденной Советом университета, протокол №4 от 22.02.2005 г.

Объемы лекционного курса (обзорные лекции), лабораторных работ, число контрольных работ, зачеты, экзамены определены рабочими учебными планами, которые предоставляют деканаты заочного обучения и ИПК и ПК.

1.1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Станочное оборудование» входит в цикл специальных дисциплин и служит для приобретения знаний, умений и навыков в производственно-технологической, проектно-конструкторской и ремонтно-эксплуатационной областях (применительно к машиностроению) профессиональной деятельности. Основывается на фундаментальной общенаучной, общепрофессиональной подготовке и направлена на формирование базы знаний к будущей углубленной подготовке по специализации.

Целью изучения дисциплины является формирование представления об основных видах технологического оборудования, процессах образования поверхностей обрабатываемых деталей, устройстве и наладке механизмов и элементов кинематических цепей, критериях работоспособности, а также технико-экономических показателей станочного оборудования.

Задачей изучения дисциплины является формирование у студентов системного подхода к использованию станочного оборудования как составной части технологической системы, усвоение методов настройки и наладки, а также практическое использование данных о состоянии станочного оборудования, условиях его функционирования для обеспечения технико-экономических показателей механосборочного производства.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- технологические возможности оборудования;
- особенности конструкции основных узлов станков для различных видов обработки;
- принципы настройки оборудования на выполнение основных операций;
- принципы построения автоматических линий и гибких производственных систем;

уметь:

- оценить технико-экономические показатели станочного оборудования;
- производить кинематическую настройку и наладку оборудования.

1.2. Содержание дисциплины

Введение

Металлорежущие станки - основной тип технологического оборудования в машиностроении. Основные направления развития станкостроения на современном этапе. Комплексная автоматизация изготовления деталей и всего производства на базе автоматических линий и автоматических станочных систем с управлением от ЭВМ. Краткая характеристика станкостроения Республики Беларусь.

Литература: [1] стр. 3-5.

Тема 1. Классификация станков.

Основные определения: металлорежущий станок, главный привод, привод подачи, привод позиционирования, несущая система, вспомогательные устройства.

Классификация станков по технологическому признаку, видам обработки, универсальности, точности. Размерные ряды станков.

Литература: [1] стр. 4-12; [2] стр.6-14.

Тема 2. Техничко-экономические показатели станков.

Эффективность станочного оборудования. Производительность станков и методы ее оценки. Основные направления повышения производительности. Надежность станков. Безотказность станков и ее показатели. Долговечность и ремонтпригодность станков. Основные пути повышения надежности. Гибкость станочного оборудования. Точность, жесткость, виброустойчивость, теплостойкость станков.

Литература: [1] стр. 12-24.

Тема 3. Формообразование на станках.

Образующая и направляющая линии. Формообразующие движения. Методы образования производящих линий: копирования, обката, следа, касания. Классификация движений в станках. Кинематическая группа, внутренняя и внешняя. Кинематические связи группы, органы настройки. Кинематическая структура станков. Методика кинематической настройки станков.

Литература: [1] стр. 24-42; [2] стр.19-21.

Тема 4. Приводы и основные механизмы металлорежущих станков.

Приводы станков. Особенности применения электрических источников движения. Особенности и область применения гидравлических и пневматических источников движения. Достоинства и недостатки.

Основные механизмы приводов станков. Приводы ступенчатого изменения скорости. Конус Нортон. Механизм Меандр. Механизм с вытяжной шпонкой. Реверсивные механизмы. Суммирующие механизмы. Дифференциальный винт. Ременная пара. Червячная пара. Дифференциальная (планетарная) зубчатая передача с цилиндрическими колесами. Конический дифференциал. Обгонные механизмы. Механизмы прерывистого движения.

Литература: [1] стр. 24-42; [2] стр.21-31.

Тема 5. Станки для обработки тел вращения.

Токарные станки. Основные движения в токарных станках. Вспомогательные движения. Компонировка токарных станков общего назначения. Основные узлы станков. Станины, шпиндельный узел, суппорты, задние бабки.

Особенности конструкций токарных станков с ЧПУ. Особенности компоновки привода главного движения, привода координатных перемещений, механизмов смены инструмента.

Кинематическая схема токарно-винторезного станка на примере станка модели 16К20.

Кинематическая схема токарно-винторезного станка с ЧПУ на примере станка модели 16К20Ф3С32.

Наладка станков на нарезание метрической, дюймовой и питчевой резьб.

Токарно-револьверные станки.

Токарно-карусельные станки.

Токарные автоматы. Классификация по количеству шпинделей, по расположению шпинделей. Кулачковый привод.

Многошпиндельные токарные автоматы. Их компоновка. Основные узлы. Особенности конструкции шпиндельного блока. Механизм двойной фиксации шпиндельного блока. Продольный суппорт и его привод. Многошпиндельные вертикальные автоматы. Их компоновка.

Кинематические схемы горизонтальных и вертикальных токарных автоматов.

Литература: [1] стр. 63-78; [4] стр.4-76, 90-155; [8] стр. 40-45; 47-50.

Тема 6. Станки для обработки отверстий.

Методы образования поверхностей на сверлильных станках. Схема сил, действующих на сверлильный станок при резании. Основные и вспомогательные движения на сверлильных станках. Компонировка сверлильных станков. Основные узлы.

Кинематическая схема сверлильного станка общего назначения.

Конструктивные особенности сверлильных станков с ЧПУ. Сверление отверстий по координатам. Крестовый стол. Устройства автоматической смены инструмента.

Кинематическая схема сверлильного станка с ЧПУ с крестовым столом.

Расточные станки общего назначения. Основные движения в расточных станках. Вспомогательные движения. Компонировка расточных станков. Основные узлы.

Кинематическая схема горизонтально-расточного станка общего назначения.

Координатно-расточные станки.

Литература: [1] стр. 40-42; [4] стр.211-271; [8] стр. 51-60.

Тема 7. Станки для абразивной обработки.

Способы круглого шлифования. Конструкция основных узлов круглошлифовального станка. Кинематическая схема круглошлифовального станка мод. 3М151.

Способы и схема бесцентрового шлифования. Кинематическая схема бесцентрово-шлифовального станка модели 3М182.

Способы внутреннего шлифования.

Способы плоского шлифования. Кинематическая схема плоскошлифовального станка.

Литература: [1] стр. 104-117; [4] стр.367-402; [8] стр.116-121.

Тема 8. Зубообрабатывающие станки.

Зубообрабатывающие станки для нарезания цилиндрических колес.

Зубодолбежные станки. Движения при нарезании цилиндрических колес рейкой и зуборезным долбяком. Кинематическая структура зубодолбежного станка. Кинематическая схема зубодолбежного станка модели 5140. Методика кинематической настройки.

Зубофрезерные станки. Формообразующие движения при зубофрезеровании.

Кинематическая структура универсального зубофрезерного станка модели 5М324. Методика кинематической настройки. Дифференциальные цепи настройки.

Зубошлифовальные станки для обработки цилиндрических колес.

Формообразование цилиндрических колес профильным, червячным обкатным кругом и двумя обкатными тарельчатыми кругами. Кинематическая структура зубошлифовального станка. Кинематическая схема зубошлифовального станка модели 5В833.

Зуборезные станки для нарезания конических колес. Формообразование конических прямозубых колес с помощью двух зубострогальных резцов, двух дисковых фрез.

Формообразование конических колес с круговыми зубьями резцовой головкой.

Кинематическая структура зуборезного станка для нарезания конических колес. Кинематическая схема станков моделей 5236П и 5С26В.

Методика кинематической настройки.

Литература: [1] стр. 42-63; [2] стр.51-75; [4] стр.403-484; [8] стр. 51-75; [10] стр.99-104.

Тема 9. Токарно-затыловочные станки.

Схема резания и движения формообразования. Кинематическая структура токарно-затыловочных станков. Узлы настройки станков.

Кинематическая схема токарно-затыловочного станка модели 1Б811(1Е811).

Кинематические цепи и настройка станка.

Литература: [2] стр. 42-45; [4] стр.495-508; [5] стр.45-55, стр.65-69; [8] стр. 190-194.

Тема 10. Станки для обработки призматических деталей (фрезерные станки).

Фрезерные станки. Методы образования поверхностей на фрезерных станках. Основные движения во фрезерных станках. Вспомогательные движения.

Компоновка фрезерных станков.

Консольно-фрезерные станки (универсальные, широкоуниверсальные, горизонтальные, вертикальные). Бесконсольно-фрезерные станки. Продольно-фрезерные станки. Карусельно-фрезерные станки. Основные узлы фрезерных станков.

Кинематическая схема консольно-фрезерного станка общего назначения.

Особенности конструкций фрезерных станков с ЧПУ. Устройства для смены инструмента (револьверные головки).

Литература: [1] стр. 68-78; [4] стр.175-190; [8] стр. 61-78.

Тема 11. Протяжные, строгальные и долбежные станки.

Технологические возможности протяжных станков. Горизонтальные и вертикальные протяжные станки для внутреннего протягивания. Протяжные станки для наружного протягивания.

Технологические возможности строгальных и долбежных станков. Принципы работы, компоновки и основные узлы поперечно-строгальных, продольно-строгальных и долбежных станков.

Литература: [1] стр. 76-90; [4] стр. 292-305; [8] стр. 78-91.

Тема 12. Многооперационные станки.

Назначение станков. Операции, выполняемые на многооперационных станках. Основные движения в многооперационных станках. Вспомогательные движения. Классификация многооперационных станков. Компоновка многооперационных станков, выполненных на базе токарных станков. Компоновка многооперационных станков, выполненных на базе станков сверлильно-фрезерной группы. Особенности конструкций основных узлов. Компоновка многооперационных станков, выполненных на базе станков расточной группы.

Устройства для смены инструмента. Устройства для накопления инструмента (магазины).

Кинематическая схема сверлильно-фрезерного станка.

Кинематическая схема фрезерно-расточного станка.

Кинематическая схема токарного многооперационного станка.

Литература: [2] стр. 90-104; [4] стр. 191-210.

Тема 13. Агрегатные станки.

Силовые головки. Силовые столы. Поворотные делительные столы. Сверлильные, фрезерные, расточные бабки. Компоновки агрегатных станков.

Литература: [7] стр. 83-94, [8] стр. 238-248.

Тема 14. Автоматические линии.

Технологическое оборудование и агрегаты автоматических линий. Классификация автоматических линий. Автоматические линии для обработки корпусных деталей. Автоматические линии для обработки деталей тел вращения. Принципиальная и конструктивная схемы роторных линий. Переналаживаемые автоматические линии.

Жесткие и гибкие транспортные системы. Устройства для удаления стружки.

Литература: [4] стр.553-567; [7] стр.186-218, 222, 223; [8] стр.273-286.

Тема 15. Автоматизированные участки и производства на базе станков с ЧПУ.

Назначение и классификация. Понятия об автоматизированном участке, автоматизированной линии и автоматизированном производстве, построенных на базе станков с ЧПУ.

Классификации участков и линий по технологическому назначению: для обработки деталей тел вращения; для обработки корпусных деталей.

Классификация участков и производств по компоновке: с линией одно- и многорядной компоновки, с круговой компоновкой; с модульным принципом компоновки.

Понятие о станочном модуле, как основной ячейке, комплектующей автоматизированные участки в ГАП. Структура модуля токарного станка: станок, робот портального типа, транспортеры подачи и отвода деталей, поворотные столы, места замеров.

Литература: [1] стр. 117-128; [4] стр.568-589.

Тема 16. Станки с электрофизическими и электрохимическими методами обработки.

Станки для электроэрозионной обработки. Электроэрозионные копировально-прошивочные станки. Особенности электроконтактной обработки.

Ультразвуковые станки.

Станки для лазерной обработки. Технология лазерной обработки металлов.

Литература: [4] стр.306-366.

1.3 Список рекомендуемой литературы

1.3.1 Основная литература

1. Металлорежущие станки: Учеб. для машиностроит. ВУЗов /Под ред. В.Э.Пуша – М.: Машиностроение, 1986. – 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. Т1. – М.: Издательство «Станкин», 1993 .- 584 с .
4. Станочное оборудование автоматизированного производства. В 2-х томах. /Под ред. В.В. Бушуева. Т2. – М.: Издательство «Станкин», 1994 .- 656 с.

1.3.2 Дополнительная литература

5. Вереина Л.И., Усов Б.А. Конструкции и наладка токарно-затыловочных станков – М.: Высшая школа, 1985.- 181с.
6. Григорьев В.Ф. Металлорежущие станки. Альбом кинематических схем и механизмов металлорежущих станков для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» - Брест: БрГТУ, 2004.- 41с.
7. Кочергин А.И. Автоматы и автоматические линии. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980 .- 288с.
8. Металлорежущие станки. Учебное пособие для ВТУЗов. /Н.С. Колев, Л.В.Красниченко, Н.С.Никулин и др. - М.: Машиностроение , 1980. – 500 с.
9. Лабораторный практикум по металлорежущим станкам / Под ред. А.И.Кочергина.- Мн.: Вышэйшая школа,1986.- 134 с.
10. Лоскутов В.В, Ничков А.Г. Зубообрабатывающие станки. – М.: Машиностроение, 1978.- 192 с.
11. Справочник по технологии резания материалов. В 2-х книгах. Книга 2 / Под ред. Г. Шпура, Т.Штеферле; Пер. с нем. под ред. Ю.М.Соломенцева – М.: Машиностроение, 1985 .- 688 с.
12. Сандаков М.В. Таблицы для подбора шестерен. Справочник. – М.: Машиностроение, 1982.- 232 с.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Общие положения

Контрольная работа по дисциплине "Станочное оборудование" является основной формой контроля самостоятельной работы студента.

Выполнение работы основано на рассмотрении различных способов нарезания и отделки зубчатых колес, затылования зубьев, анализе формообразующих движений, кинематических цепей, кинематической наладке и настройке станка.

Контрольная работа включает в себя задание по расчету настройки зубообрабатывающего или зубозатыловочного станка, работающих по одному из методов формообразования зубьев. Это:

- настройка зубодолбежного станка на нарезание прямозубых и косозубых цилиндрических колес;
- настройка зубофрезерного станка на нарезание прямозубых, косозубых цилиндрических, а также червячных зубчатых колес;
- настройка зубошлифального станка на шлифование прямозубых и косозубых цилиндрических колес червячным абразивным кругом;
- настройка токарно-затыловочного станка для затылования червячной модульной фрезы.

Номер варианта контрольной работы студента определяется по последним двум цифрам зачетной книжки студента.

План решения задачи не зависит от номера варианта, он одинаков для всех видов заданий и заключается в следующем порядке выполнения.

1. Построить кинематическую структуру станка для заданного метода обработки.
2. Определить необходимое число кинематических групп и формообразующие движения в каждой группе.
3. Определить кинематические цепи, расчетные перемещения конечных звеньев в кинематических цепях и записать уравнения кинематического баланса для каждой цепи станка по предложенной кинематической схеме.
4. По кинематической схеме станка записать расчетные перемещения конечных звеньев кинематические цепи и уравнения кинематического баланса.
5. Определить величину параметра органа настройки, используя расчетные формулы настройки приведенные в данных методических указаниях.
6. Произвести подбор сменных зубчатых колес из предлагаемого комплекта и определить относительную погрешность найденного передаточного соотношения по формуле:

$$\delta = \frac{i - i'}{i}, \quad (1)$$

где i - расчетное передаточное отношение;

i' - передаточное отношение гитары (по подобранным зубчатым колесам).

2.2 Наладка зубодолбежного станка

2.2.1 Кинематическая структура и исполнительные движения зубодолбежного станка

Для образования эвольвентного профиля зуба методом обката на зубодолбежном станке требуется сложное формообразующее движение $\Phi(V_1 V_2 \Pi_3)$, которое представляет собой согласованные движения двух кинематических групп (рисунок 1): $\Phi_V(\Pi_3)$ и $\Phi_S(V_1 V_2)$.

Механизмы зубодолбежного станка осуществляют следующие формообразующие движения:

- а) главное движение $\Phi_V(\Pi_3)$ - возвратно-поступательное перемещение долбяка в вертикальной плоскости;
- б) движение обката $\Phi_S(V_1 V_2)$ (делительное движение) – вращение долбяка и стола с заготовкой;
 - а также:
 - в) движение врезания $V_r(\Pi_4)$ радиальной подачи стола;
 - г) вспомогательное движение отвода долбяка при холостом ходе $V_{сп}(\Pi_5)$.

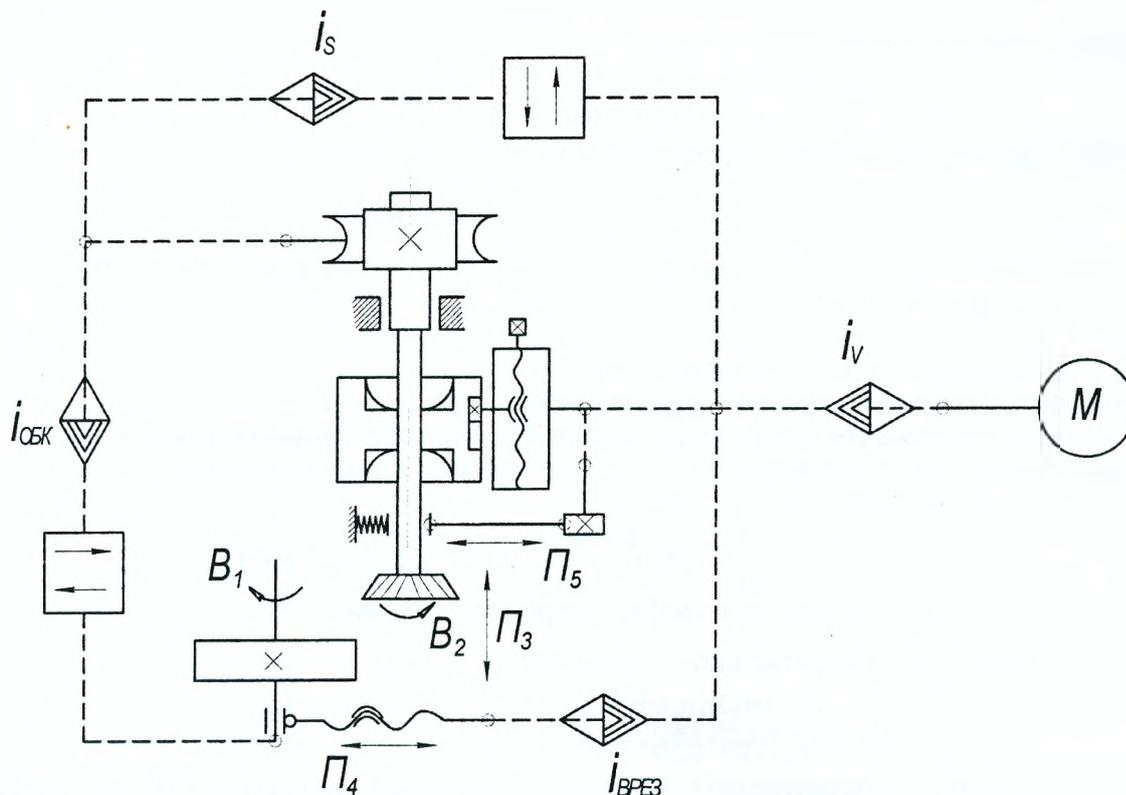


Рисунок 1- Кинематическая структура зубодолбежного станка:

i_v - гитара сменных колес цепи главного движения;
 i_s - гитара сменных колес цепи круговой подачи;
 $i_{обк}$ - гитара сменных колес цепи обката (деления).

2.2.2 Расчетные перемещения:

Цепь главного движения:

$$n_3, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{дв.ход}, \text{ мин}^{-1}$$

где n_3 – частота вращения электродвигателя цепи главного движения, мин^{-1} ;
 $n_{дв.ход}$ - число двойных ходов долбяка, мин^{-1} .

Цепь движения обкатки (деления):

$$\frac{1}{Z_0} \text{ об.долб.} \rightarrow \frac{1}{Z} \text{ об.заготовки},$$

где Z_0 – число зубьев долбяка;
 Z - число зубьев нарезаемого колеса (заготовки).

Цепь круговой подачи:

$$1 \text{ дв.ход.долб.} \rightarrow 1 \cdot \frac{S_{кр}}{\pi \cdot m \cdot Z_0},$$

где m – модуль нарезаемого колеса, мм.

Цепь движения радиальной подачи:

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

Цепь движения ускоренного вращения детали:

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

Расчет числа двойных ходов долбяка (главное движение).

Число двойных ходов долбяка определяют исходя из необходимой скорости резания, установленной заданием (таблица 2).

Зная величину хода l долбяка, которая определяется по формуле:

$$l = b + 2 \dots 5 \text{ мм},$$

где b - ширина венца обрабатываемого колеса,

и формулу скорости резания:

$$V = \frac{2 \cdot l \cdot n_{\text{дв.ход}}}{1000}, \text{ м} \cdot \text{мин}^{-1}, \quad (2)$$

можно определить расчетное число двойных ходов долбяка:

$$n_{\text{дв.ход}} = \frac{500 \cdot V}{l}, \text{ дв.ход, мин}^{-1}. \quad (3)$$

По рассчитанному $n_{\text{дв.ход}}$ подбирается ближайшее из ряда паспортных значений двойных ходов рассматриваемого станка.

2.2.3 Зубодолбежный станок мод. 5140.

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 7.

Настройка станка на нарезание цилиндрического прямозубого колеса

Главное движение обеспечивает требуемое значение числа двойных ходов долбяка.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{э}} \cdot \frac{100}{160} \cdot 0,985 \cdot i_V \cdot \frac{180}{355} \cdot 0,985 = n_{\text{дв.ход}}, \text{ мин}^{-1}$$

где i_V – передаточное отношение коробки скоростей станка.

Решив уравнение относительно i_V , получим:

$$i_V = \frac{n_{\text{дв.ход}} \cdot 160 \cdot 355}{n_{\text{э}} \cdot 100 \cdot 0,985 \cdot 160 \cdot 0,985} = 3,25 \cdot \frac{n_{\text{дв.ход}}}{n_{\text{э}}}$$

По найденному i_V определяют порядок включения зубчатых блоков коробки скоростей:

$$\left(\frac{44}{44} \cdot \frac{47}{47} \right); \left(\frac{44}{44} \cdot \frac{29}{65} \right); \left(\frac{29}{59} \cdot \frac{47}{47} \right); \left(\frac{29}{59} \cdot \frac{29}{65} \right); \left(\frac{36}{24} \cdot \frac{47}{47} \right); \left(\frac{36}{24} \cdot \frac{29}{65} \right).$$

Коробкой скоростей и двухскоростным двигателем М1 ($n=940|1420 \text{ мин}^{-1}$) 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 электродвигателя.

Движение обката (деления) обеспечивает согласованное вращение долбяка и заготовки.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \cdot \text{об.долб} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{56}{46} \cdot \frac{46}{54} \cdot \frac{54}{36} \cdot i_X \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{38}{56} \cdot \frac{1}{190} = \frac{Z_{\text{д}}}{Z},$$

где i_X – параметр настройки двухпарной гитары цепи обката.

Решив уравнение относительно i_X , получим:

$$i_X = \frac{Z_{\text{д}} \cdot 36 \cdot 190}{Z \cdot 38 \cdot 90} = 2 \cdot \frac{Z_{\text{д}}}{Z}.$$

При условии, что

$$i_X = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

формула настройки имеет вид:

$$i_X = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{2 \cdot Z_{\text{д}}}{Z}.$$

Из имеющегося набора следует подобрать необходимые зубчатые колеса и определить относительную погрешность в соответствии с формулой (1).

Движение круговой подачи ($S_{\text{кр}}$) – поворот долбяка на его двойной ход.

Уравнение кинематического баланса:

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

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

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

$$i_{кп} = 376,6 \frac{S_{кп}}{\pi \cdot m \cdot Z_0}$$

Определив значение $i_{кп}$, найдем порядок включения зубчатых колес коробки подач.

Причем значение $i_{кп} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$, где i_1 может быть $\frac{46}{36}$ или $\frac{36}{46}$; i_2 может быть $\frac{46}{36}$ или $\frac{27}{55}$;

i_3 может быть $\frac{41}{41}$ или $\frac{46}{36}$.

Таким образом, круговую подачу устанавливают с помощью трех блоков колес в диапазоне от 0,15 до 0,75 при диаметре долбяка 100мм.

Движение радиальной подачи (S_p) обеспечивает перемещение заготовки в радиальном направлении до полной глубины нарезания.

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

Величину радиальной подачи устанавливают дросселем.

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

2.2.4 Зубодолбежный станок мод. 5В150

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 8.

Настройка станка на нарезание цилиндрического прямозубого колеса

Главное движение

Уравнение кинематического баланса:

$$n_э \cdot \frac{125}{265} \cdot 0,985 \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{19}{75} = n_{дв.ход}$$

Решив уравнение относительно $\frac{a}{b}$, получим:

$$\frac{a}{b} = \frac{n_{дв.ход} \cdot 265 \cdot 45 \cdot 75}{n_э \cdot 125 \cdot 0,985 \cdot 30 \cdot 19} = 12,8 \cdot \frac{n_{дв.ход}}{n_э}$$

Формула настройки имеет вид:

$$i_v = \frac{a}{b} = \frac{12,8 \cdot n_{дв.ход}}{n_э}$$

Из имеющегося набора (см.п.2.2.6) необходимо подобрать сменные зубчатые колеса, обеспечивающие расчетное или близкое к найденному соотношение $\frac{a}{b} = i_v'$, и определить относительную погрешность гитары в соответствии с формулой (1).

Движение обката (деления)

Уравнение кинематического баланса:

$$1об.долб. \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{1}{168} = \frac{Z_0}{Z}$$

Решив уравнение относительно $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$,

получим
$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{168}{90} \cdot \frac{Z_0}{Z}$$

Формула настройки:

$$i_x = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{1,867 \cdot Z_0}{Z}$$

Из имеющегося набора колес следует подобрать необходимые и определить относительную погрешность в соответствии с формулой (1).

Движение круговой подачи ($S_{кр}$)

Уравнение кинематического баланса:

$$i_{дв.ход} \cdot \frac{75}{19} \cdot \frac{83}{70} \cdot \frac{20}{32} \cdot i_{кл} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{90} = \frac{S_{кр}}{\pi \cdot m \cdot Z_d}$$

Сменные зубчатые колеса $\frac{a_3}{b_3}$ выбираются в зависимости от заданной круговой подачи по таблице 1.

Таблица 1- Значения сменных зубчатых колес гитары подач $\frac{a_3}{b_3}$ в зависимости от $S_{кр}$

Муфта включения	Число зубьев $\frac{a_3}{b_3}$		
	$\frac{20}{90}$	$\frac{36}{74}$	$\frac{50}{60}$
M20	0,2	0,4	0,8
M21	0,3	0,7	1,2
M22	0,4	0,9	1,5

При этом передаточные отношения коробки подач в зависимости от включенной муфты определяются соотношением:

при M20 $i_{кл} = \frac{57}{59}$; M21 $i_{кл} = \frac{38}{78}$; M22 $i_{кл} = \frac{50}{66}$.

Движение радиальной подачи (S_p)

Радиальная подача связывает частоты вращения электродвигателе M4 и ходового винта перемещения стола с шагом $P = 10$ мм.

Уравнение кинематического баланса:

$$1430 \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{1}{103} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{64}{64} \cdot \frac{1}{40} \cdot 10 = S_p \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$$

Формула настройки будет иметь вид:

$$S_p = 2,4 \cdot \frac{a_2}{b_2} \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$$

Из имеющегося набора подобрать необходимые сменные колеса, обеспечивающие необходимое соотношение $\frac{a_2}{b_2}$, и определить относительную погрешность гитары в соответствии с формулой (1).

В случаях, если радиальная подача не оговорена технологией, она определяется из следующего соотношения:

$$S_p = 0,1 \cdot S_{кр} \cdot n_{дв.ход}, \quad (4)$$

откуда:

$$\frac{a_2}{b_2} = S_{кр} \cdot \frac{n_{дв.ход}}{24}$$

2.2.5 Настройка зубодолбежных станков на обработку цилиндрических колес с косым зубом
Настройка зубодолбежных станков на нарезание цилиндрических колес с косым зубом не отличается от настройки на нарезание прямозубых колес.

Но в этом случае устанавливают копиры с винтовой направляющей, которые сообщают долбяку дополнительное вращение [2 стр. 52].

В результате вращательного и возвратно-поступательного движения, зубья долбяка перемещаются по винтовой линии, угол наклона которой должен быть равен углу наклона винтовой линии зуба нарезаемого колеса на делительном цилиндре [8]. Если известны:

- P_k - шаг винтовой линии колеса, мм;
- $P_{коп.}$ - шаг винтовой линии копира, мм;
- β - угол наклона винтовой линии зуба, град.;

Формообразующие движения:

- а) главное движение $\Phi(V_1)$ вращение фрезы;
- б) движение обката $\Phi_V(V_1 V_2)$ - сложное движение для образования профиля зубьев;
- в) движение продольной (вертикальной) подачи $\Phi_S(\Pi_3)$ – для образования прямого зуба;
- г) движение продольной (вертикальной) подачи $\Phi_S(\Pi_3 V_4)$ – для образования винтового зуба;
- д) движение продольной диагональной подачи $\Phi_{S1}(\Pi_3 V_4)$ и $\Phi_{S2}(\Pi_5 V_6)$ – для образования винтового зуба;
- е) движение радиальной подачи $\Phi_{SP}(\Pi_7)$ – для формирования зуба червячного колеса (движение врезания $V_P(\Pi_7)$);
- ж) движение тангенциальной подачи $\Phi_{S2}(\Pi_5 V_6)$ – для формирования зуба червячного колеса.

2.3.2 Расчетные перемещения

А. При нарезании прямозубых зубчатых колес

Главное движение (Вращение фрезы V_1):

$$n_{\text{э}}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{\text{ф}}, \text{ мин}^{-1},$$

где $n_{\text{э}}$ - частота вращения электродвигателя цепи главного движения, мин^{-1} ;

$n_{\text{ф}}$ - частота вращения инструмента (червячной фрезы), мин^{-1} .

Делительное движение (цепь образования эвольвенты – V_2 и V_1):

$$1 \text{ оборот фрезы} \rightarrow \frac{K}{Z} \text{ оборота заготовки},$$

где K – число заходов фрезы.

Цепь вертикальной (продольной) подачи – согласованное вращение стола и продольное перемещение суппорта фрезы (V_2 и Π_3):

$$1 \text{ оборот стола} \rightarrow S_{\text{в}}, \text{ мм/об. стола},$$

где $S_{\text{в}}$ – вертикальное перемещение суппорта за один оборот заготовки, мм.

Б. При нарезании цилиндрических зубчатых колес с косым зубом

При обработке косозубых колес для согласования движения фрезы вдоль оси заготовки Π_3 и дополнительного поворота заготовки V_4 с целью образования винтовой линии зуба используется цепь дифференциала. Таким образом заготовка должна получить сумму двух движений (V_2 и V_4 – дополнительный доворот заготовки), которые суммируются при помощи дифференциала.

Цепь дифференциала:

$$1 \text{ оборот стола} \rightarrow \pm \frac{Z}{K} \cdot \frac{S_{\text{в}}}{P_K},$$

где P_K – шаг винтовой линии зуба нарезаемого колеса.

В. При нарезании червячных зубчатых колес

Цепь радиальной подачи обеспечивает врезание инструмента

$$1 \text{ оборот стола} \rightarrow \pm S_{\text{р, мм}} / \text{об.стола}$$

Цепь тангенциальной подачи:

$$1 \text{ оборот заготовки} \rightarrow \left(\frac{Z}{K} \pm \frac{S_0}{\pi \cdot m \cdot K} \right) \text{ об. фрезы.},$$

где S_0 - величина осевого перемещения (тангенциальная подача), мм;

знак « + » - относится к левозаходным фрезам;

знак « - » - относится к правозаходным фрезам;

m - модуль нарезаемого зубчатого колеса, мм.

2.3.3 Схема наладки станка на нарезание цилиндрических зубчатых колес

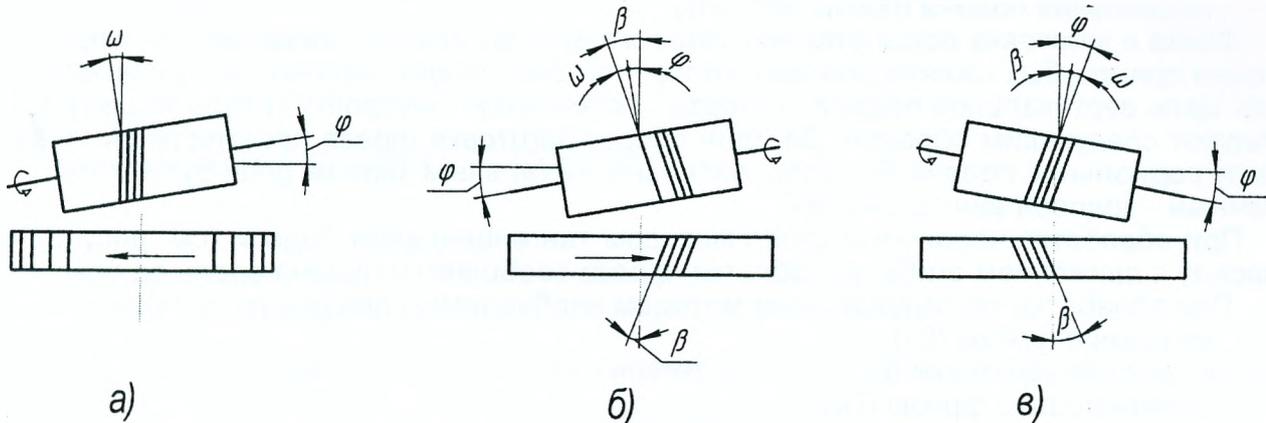


Рисунок 3 – Схема наладки на зубофрезерование зубчатых колес:

а) – с прямым зубом; б) – с косым зубом при одноименных направлениях винтовых линий зубьев нарезаемого колеса и фрезы; в) – с косым зубом, при разноименных направлениях винтовых линий зубьев нарезаемого колеса и фрезы.

При фрезеровании цилиндрических колес с косыми зубьями ось червячной фрезы устанавливается под углом относительно оси заготовки согласно схеме, показанной на рисунке 3. Значение угла определяется по формуле:

$$\varphi = \omega \pm \beta, \quad (8)$$

где φ - угол наклона суппорта фрезы;

β - угол подъема винтовой линии зубьев нарезаемого колеса;

ω - угол подъема винтовой линии.

При этом:

$\varphi = \omega$ - для наладки на рисунке 3а;

$\varphi = (\omega - \beta)$ - для наладки на рисунке 3б;

$\varphi = (\omega + \beta)$ - для наладки на рисунке 3в.

2.3.4 Схема наладки станка для нарезания червячных колес

Схемы установки инструмента для двух существующих методов нарезания червячных колес показаны на рисунке 4:

- с радиальной подачей (рисунок 4а);
- с тангенциальной подачей (рисунок 4б).

При фрезеровании радиальной подачей S_p фреза перемещается к заготовке в радиальном направлении до тех пор, пока между осью фрезы и центром нарезаемого колеса не установится размер A .

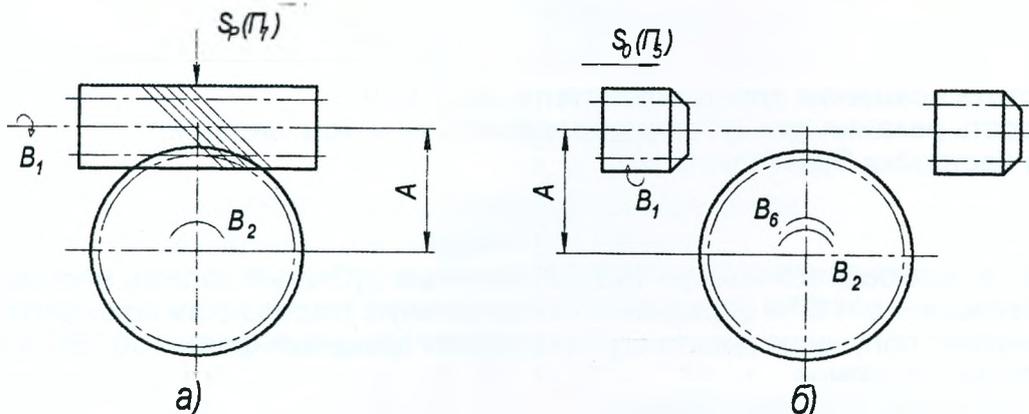


Рисунок 4 – Схемы нарезания зубьев червячных колес:

а) с радиальной подачей;

б) с тангенциальной подачей.

Для осуществления зубофрезерования при помощи радиальной подачи необходимы следующие движения (см. рисунок 4):

- вращение фрезы (B_1);

- вращение заготовки (B_2);
- радиальная подача фрезы S_p – (Γ_7).

Фреза и заготовка осуществляют такие же вращательные движения, как и при нарезании прямозубых цилиндрических колес, поэтому гитара деления настраивается также. Цепь вертикальной подачи суппорта отключается. Настройку гитары подач рассчитывают следующим образом. За один оборот заготовки фреза переместится на величину радиальной подачи S_p . Следовательно, начальным звеном цепи будет стол, а конечным - ходовой винт с шагом P .

При обработке червячных колес методом тангенциальной подачи (см. рисунок 4,б) наряду с движением обкатки (обкатки) фрезе сообщается подача вдоль её оси.

При обработке тангенциальным методом необходимы следующие движения:

- вращение фрезы (B_1);
- вращение заготовки (B_2);
- осевая подача фрезы (Γ_5);
- дополнительное вращение заготовки, вызываемое осевым перемещением фрезы (B_6).

Используется червячная фреза с заборным конусом, ось которой устанавливается на размер A относительно центра нарезаемого червячного колеса.

2.3.5 Зубофрезерный полуавтомат модели 5К324А

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 9.

Зубофрезерный полуавтомат предназначен для нарезания цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями и червячных зубчатых колес. Режущим инструментом является червячная фреза. Нарезание зубчатых колес производится методом обкатки. Станок позволяет работать «попутным» и «встречным» способами зубофрезерования. Червячные колеса нарезаются способом радиального врезания.

Настройка станка для нарезания цилиндрических колес с прямым зубом

Главное движения (вращение фрезы) осуществляется от электродвигателя М1

($P=7,5$ кВт, $n = 1460$ мин⁻¹) через гитару главного движения $i_v = \frac{a}{b}$.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_3 \cdot \frac{116}{234} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68} = n_\phi, \text{ мин}^{-1}$$

Решая уравнение относительно $\frac{a}{b}$, находим:

$$\frac{a}{b} = \frac{n_\phi}{n_3} \cdot \frac{2 \cdot 68}{17},$$

где n_ϕ - частота вращения фрезы определяется по формуле:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi}, \text{ мин}^{-1} \quad (9)$$

где n_3 – частота вращения электродвигателя, 1460 мин⁻¹.

V – скорость резания при зубофрезеровании, м/мин (см. задание).

Формула настройки будет иметь вид:

$$i_v = \frac{a}{b} = \frac{n_\phi}{180}.$$

Подобрав из имеющегося набора (п.2.3.8) сменные зубчатые колеса, необходимо выполнить условие: $a + b = 87$ и определить относительную погрешность по формуле (1). Гитара обеспечивает получение девяти ступеней частот вращения фрезы: 50...310 мин⁻¹.

Делительное движение

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{об.ф.} \cdot \frac{68}{17} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{27}{27} \cdot i_d \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96} = \frac{K}{Z} \text{ об.заг.}$$

Передаточное отношение механизма дифференциала $i_d=1$ при нарезании колес с прямым зубом.

Решая уравнение кинематического баланса относительно параметра настройки

$i_x = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1}$, получим:

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = 24 \cdot \frac{K}{Z} \cdot \frac{f}{e}.$$

Сменные зубчатые колеса e и f принимаются:

$$\text{при } Z = 12 \dots 161 \quad \frac{f}{e} = 1 = \frac{54}{54},$$

$$\text{при } Z \geq 162 \quad \frac{f}{e} = 2 = \frac{72}{36}.$$

Подставим значение $\frac{f}{e}$ в уравнение кинематического баланса, решенное относи-

тельно $\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1}$, найдем передаточное отношение гитары.

Тогда расчетные формулы примут вид:

$$i_x = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{24 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{f}{e} = \frac{54}{54}; \quad i_x = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{48 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{f}{e} = \frac{72}{36}.$$

Движение вертикальной подачи (S_B) обеспечивает перемещение фрезы в вертикальном направлении. Осуществляется при включенной электромагнитной муфте M_2 и выключенной M_1 .

Уравнение кинематического баланса:

$$\text{лоб.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{24} \cdot 10 = S_B$$

Решая уравнение относительно $\frac{a_3}{b_3}$, передаточное отношение гитары подач:

$$i_{кп} = \frac{a_3}{b_3} = 0,548 \cdot S_B.$$

Гитара подач однопарная $a_3 + b_3 = 96$. Сменные зубчатые колеса обеспечивают семь ступеней подач в пределах: 0,8...5,0 мм/об.

Настройка станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом

Для настройки станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом необходимо определить дополнительное вращение, которое должно быть сообщено столу через дифференциал ($i_{диф}$) и шаг винтовой линии нарезаемого колеса (P_K) через отношения:

$$P_K = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}, \text{ мм,}$$

$$i_y = \frac{S_B}{P_K}, \text{ мин}^{-1},$$

где m_n – модуль нарезаемого колеса в нормальном сечении;

P_K – шаг винтовой линии зуба нарезаемого колеса;

i_y – параметр настройки гитары цепи дифференциального движения.

Уравнение кинематического баланса дополнительной дифференциальной цепи согласно расчетному перемещению имеет вид:

$$\text{лоб.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot i_{кп} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{33}{22} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot i_{д} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68} = \frac{Z}{K} \cdot \frac{S_B}{P_K}$$

Передаточное отношение конического дифференциала при нарезании колес с косым зубом $i_D = 2$.

Передаточное отношение $i_{кп} = \frac{a_3}{b_3}$, найдено при расчете цепи вертикальной подачи S_B .

Подставив значения i_D , $i_{кп}$ и P_K в уравнение кинематического баланса, получим:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{24 \cdot Z}{K \cdot P_K}; \text{ так как } P_K = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}, \text{ то } i_Y = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot K}.$$

Настройка станка для нарезания червячные колес

Метод радиальной подачи (см. рисунок 4,а)

Осуществление радиальной подачи S_P происходит при включенной электромагнитной муфте M_1 и выключенной M_2 .

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$10 \text{ об.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot i_{кп} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{45}{50} \cdot \frac{34}{61} \cdot \frac{1}{36} \cdot 10 = S_P$$

Исходя из того, что $i_{кп} = \frac{a_3}{b_3}$, решим уравнение и получим

$$\frac{a_3}{b_3} = 1,6 \cdot S_P$$

Гитара подач однопарная $a_3 + b_3 = 96$. Сменные зубчатые колеса обеспечивают семь ступеней подач в пределах: 0,3... 1,7 мм/об.

Движение ускоренных перемещений каретки суппорта и стола осуществляется от электродвигателя M_2 ($n = 1440 \text{ мин}^{-1}$).

Уравнения кинематического баланса имеют вид:

а) в радиальном направлении:

$$n_{M_2} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{45}{50} \cdot \frac{34}{61} \cdot \frac{1}{36} \cdot 10 = S_{v.P.};$$

б) каретки суппорта в вертикальном направлении:

$$n_{M_2} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{24} \cdot 10 = S_{v.B.}$$

Периодическое перемещение фрезы в осевом направлении осуществляется от электродвигателя M_3 .

Уравнение кинематического баланса примет вид:

$$n_{M_3} \cdot \frac{1}{20} \cdot \frac{1}{62} \cdot P = S_{v.P.},$$

где P – шаг винтовой нарезки.

2.3.6 Зубофрезерный полуавтомат модели 5М324А

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 10.

Зубофрезерный полуавтомат мод. 5М324А является станком того же типоразмера, как и мод. 5К324А, но с конструктивными отличиями в кинематических цепях.

Настройка станка для нарезания цилиндрических колес с прямым зубом

Главное движение (вращение фрезы)

Уравнение кинематического баланса:

$$n_3 \cdot \frac{26}{56} \cdot \frac{56}{69} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{20}{80} = n_\phi, \text{ мин}^{-1}$$

Решая уравнение относительно $\frac{a}{b}$, находим:

$$\frac{a}{b} = \frac{n_\phi}{n_3} \cdot \frac{2 \cdot 69}{13},$$

где n_ϕ – частота вращения фрезы определяется по формуле:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi}, \text{ мин}^{-1},$$

где n_3 – частота вращения электродвигателя, 1460 мин^{-1} .

V – скорость резания при зубофрезеровании, м/мин (см. задание).

Формула настройки будет иметь вид:

$$i_V = \frac{a}{b} = 10.61 \cdot \frac{n_\Phi}{n_3}$$

Подобрав из имеющегося набора (п.2.3.8) сменные зубчатые колеса, необходимо выполнить условие: $a + b = 87$ и определить относительную погрешность по формуле (1).

Делительное движение

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об.ф.} \cdot \frac{80}{20} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{27} \cdot \frac{27}{27} \cdot i_D \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96} = \frac{K}{Z} \text{ об.заг.}$$

Передаточное отношение механизма конического дифференциала $i_D=1$ при нарезании колес с прямым зубом.

Решая уравнение относительно $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$, получим:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 24 \cdot \frac{K}{Z} \cdot \frac{f}{e}$$

Сменные зубчатые колеса e и f принимаются:

$$\text{при } Z \leq 161 \quad \frac{e}{f} = 1 = \frac{54}{54},$$

$$\text{при } Z \geq 161 \quad \frac{e}{f} = \frac{1}{2} = \frac{36}{72}.$$

Подставим значение $\frac{e}{f}$ в уравнение кинематического баланса, решенное относительно $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$, найдем передаточное отношение гитары.

Тогда расчетные формулы примут вид:

$$i_X = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{e}{f} = \frac{54}{54}; \quad i_X = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{48 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{e}{f} = \frac{36}{72}.$$

Движение вертикальной подачи (S_B)

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{48}{48} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{27} \cdot 10 = S_B$$

Решая уравнение относительно $\frac{a_3}{b_3}$, получим:

$$i_{КП} = \frac{a_3}{b_3} = 0,548 \cdot S_B$$

Настройка станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом

Для настройки станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом необходимо определить дополнительное вращение, которое должно быть сообщено столу через гитару дифференциала ($i_{диф}$) и шаг винтовой линии нарезаемого колеса (P_K) через отношения:

$$P_K = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}, \text{ мм,}$$

$$i_Y = \frac{S_B}{P_K}, \text{ мин}^{-1},$$

где m_n – модуль нарезаемого колеса в нормальном сечении;

P_K – шаг винтовой линии зуба нарезаемого колеса;

i_Y – параметр настройки гитары цепи дифференциального движения.

Уравнение кинематического баланса дополнительной дифференциальной цепи согласно расчетному перемещению имеет вид:

$$i_{об.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{48}{48} \cdot i_{кп} \cdot \frac{44}{52} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{33}{22} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot i_{д} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{20}{80} = \frac{Z}{K} \cdot \frac{S_B}{P_K}$$

Передаточное отношение конического дифференциала при нарезании колес с косым зубом $i_D = 2$.

Передаточное отношение $i_{кп} = \frac{a_3}{b_3}$, найдено при расчете цепи вертикальной подачи (S_B).

Подставив значения i_D , $i_{кп}$ и P_K в уравнение кинематического баланса, получим:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{25 \cdot Z}{K \cdot P_K}; \text{ так как } P_K = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}, \text{ то } i_Y = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{7,957 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot K}$$

Настройка станка для нарезания червячные колес

На станке данной модели можно фрезеровать червячные зубчатые колеса только при помощи радиальной подачи S_P (см рисунок 4,а). Цепь вертикальной подачи суппорта отключается.

Уравнение кинематического баланса:

$$i_{об.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{48}{48} \cdot i_{кп} \cdot \frac{44}{52} \cdot \frac{45}{50} \cdot \frac{34}{61} \cdot \frac{1}{36} \cdot 10 = S_F$$

Исходя из того, что $i_{кп} = \frac{a_3}{b_3}$, решим уравнение и получим :

$$\frac{a_3}{b_3} = S_P \cdot \frac{13}{8} \cdot \frac{39}{17} \cdot \frac{61}{22} = 10,3 \cdot S_P$$

2.3.7 Зубофрезерный полуавтомат модели 5К32

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 11.

На станках такого типа можно нарезать прямозубые и косозубые зубчатые колеса, а также червячные колеса методами радиальной и осевой (тангенциальной) подач.

Настройка станка для нарезания цилиндрических колес с прямым зубом

Для нарезания цилиндрических прямозубых колес в станке предусмотрены следующие кинематические цепи:

- главного (вращательного) движения фрезы;
- делительная, согласующая вращательное движение червячной фрезы и нарезаемого колеса;
- вертикальной подачи червячной фрезы.

Цепь главного движения (вращение фрезы)

Уравнение кинематического баланса:

$$1460 \cdot \frac{116}{234} \cdot \frac{a^1}{b^1} \cdot 0,985 \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68} = n_\phi, \text{ мин}^{-1}$$

Решая уравнение относительно $\frac{a^1}{b^1}$, находим:

$$i_V = \frac{a^1}{b^1} = \frac{n_\phi}{178,4},$$

где n_ϕ - частота вращения фрезы определяется по формуле (9).

Подбором зубчатых колес a^1 и b^1 из комплекта (см.п.2.3.8) можно получить девять различных частот вращения фрезы: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250 и 315 мин^{-1}

Так же необходимо определить относительную погрешность в соответствии с формулой (1).

Делительное движение

Уравнение кинематического баланса:

$$i_{об.ф.} \cdot \frac{68}{17} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{27}{27} \cdot i_{д} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96} = \frac{K}{Z} \text{ об.заг.}$$

При нарезании прямозубых колес конический дифференциал работает как обычная зубчатая передача и передаточное отношение $i_D=1$.

В зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса Z сменные зубчатые колеса e и f принимаются:

$$\text{при } Z \leq 161 \quad \frac{e}{f} = 1 = \frac{54}{54} = 1,$$

$$\text{при } Z \geq 161 \quad \frac{e}{f} = \frac{1}{2} = \frac{36}{72} = \frac{1}{2}.$$

Подставим значения $\frac{e}{f}$ в уравнение кинематического баланса, решенное относительно $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, найдем расчетные формулы:

$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{e}{f} = \frac{54}{54}; \quad i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48 \cdot K}{Z} \quad \text{при } \frac{e}{f} = \frac{36}{72}.$$

Цепь вертикальной подачи (S_B)

Уравнение кинематического баланса:

$$106 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{33} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{24} \cdot 10 = S_B$$

Решая уравнение относительно $\frac{a_1}{b_1}$, получим:

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{39}{80} \cdot S_B = 0,337 \cdot S_B$$

Подбором сменных колес a_1 и b_1 из комплекта (см. п.2.3.8) можно получить семь различных вертикальных подач: 0,84; 1,02; 1,67; 2,05; 2,52; 4,1; 5 мм/об.

Настройка станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом

Цепь главного движения и делительную цепь станка настраивают так же, как и при нарезании цилиндрических прямозубых колес.

Но делительной цепи необходимо сообщить дополнительное вращение, равное:

$$\pm \frac{Z}{K} \cdot \frac{S_B}{P_K},$$

где P_K – шаг винтовой линии зуба нарезаемого колеса.

Для настройки станка на обработку цилиндрических колес с косым зубом необходимо определить дополнительное вращение, которое должно быть сообщено столу через гитару дифференциала ($i_{диф}$) и шаг винтовой линии нарезаемого колеса (P_K) через отношения:

$$P_K = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}; \text{ мм} \quad i_y = \frac{S_B}{P_K}, \text{ мин}^{-1}$$

где m_n – модуль нарезаемого колеса в нормальном сечении;

β – угол наклона зуба нарезаемого колеса;

i_y – параметр настройки гитары цепи дифференциального движения.

Уравнение кинематического баланса дополнительной дифференциальной цепи согласно расчетному перемещению имеет вид:

$$106 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{33}{22} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot i_{д} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68} = \pm \frac{Z}{K} \cdot \frac{S_B}{P_K}$$

Подставив в уравнение кинематического баланса передаточное отношение дифференциала (при нарезании колес с косым зубом $i_{д} = 2$) и передаточное отношение

$\frac{a_1}{b_1} = \frac{39}{80} \cdot S_B$, получим:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{24 \cdot Z}{K \cdot P_K}.$$

Если вместо P_K подставим его значение $\frac{\pi \cdot m_n \cdot Z}{\sin \beta}$, то получим следующий вид формулы настройки:

$$i_Y = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot K}$$

Настройка станка для нарезания червячные колес

А. Метод радиальной подачи (см. рисунок 4,а)

Фреза и заготовка совершают такие же вращательные движения, какие они совершают при нарезании прямозубых цилиндрических колес. Поэтому гитару деления настраивают по обычным формулам:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot K}{Z} \quad \text{при} \quad \frac{e}{f} = \frac{54}{54}; \quad \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48 \cdot K}{Z} \quad \text{при} \quad \frac{e}{f} = \frac{36}{72}$$

Цепь радиальная подачи

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{об.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot i_{кп} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{45}{50} \cdot \frac{34}{61} \cdot \frac{1}{36} \cdot 10 = S_p$$

Откуда $i_{кп} = \frac{a_3}{b_3} = 1,62 \cdot S_p$

Подбором сменных колес a_1 и b_1 из комплекта (см. п.2.3.8) можно получить семь различных радиальных подач: 0,25; 0,31; 0,5; 0,62; 0,76; 1,24; 1,5 мм/об.

Б. Метод тангенциальной подачи (см. рисунок 4,б)

При фрезеровании методом тангенциальной подачи необходимо согласовать вращательное движение заготовки и фрезы так, как это записано расчетными перемещениями, можно двумя видами настроек:

- бездифференциальной;
- дифференциальной.

В первом случае определяется значение осевой подачи фрезы.

Цепь осевой подачи фрезы (см. рисунок 4,б)

Уравнение кинематического баланса цепи осевой подачи:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{33}{22} \cdot i \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{40}{70} \cdot \frac{70}{40} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{68}{40} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{5}{48} \cdot 12 = S_o,$$

где i - передаточное отношение трехскоростной коробки диагональной подачи с передаточными отношениями $\frac{36}{36}$; $\frac{24}{48}$; $\frac{46}{26}$.

Преобразовав уравнение кинематического баланса, получим:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot i = \frac{13}{17} \cdot \frac{15}{8} \cdot S_o$$

Формула настройки примет вид :

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot i = 1,43 \cdot S_o$$

При дифференциальной настройке настраивают основную и дифференциальную цепи.

По основной цепи фрезе сообщается $\frac{Z}{K}$ оборотов относительно одного оборота стола- заготовки.

Эта цепь настраивается так, как ее настраивали бы на нарезание прямозубых колес, а именно:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24K}{Z} \quad \text{или} \quad \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{48K}{Z}$$

По дифференциальной цепи одновременно фрезе сообщается дополнительное вращение, равное $\pm \frac{S_o}{\pi \cdot m_n \cdot K}$.

В результате частота вращения фрезы относительно одного оборота стола уменьшается или увеличивается.

Расчетное перемещение запишется так

$$1 \text{ об. заг.} \rightarrow \pm \frac{S_o}{\pi \cdot m_n \cdot K} \text{ об. фрезы.}$$

Уравнение кинематического баланса, связывающее вращательное движение стола и фрезы, примет следующий вид:

$$i_{\text{об.заг.}} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{39}{65} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{33}{22} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot i_{\text{д}} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68} = \frac{S_o}{\pi \cdot m \cdot K}$$

Подставляя ранее вычисленные значения $\frac{a_1}{b_1} = \frac{13}{17} \cdot \frac{15}{8} \cdot S_o$, приняв при этом $i_{\text{д}}=1$ и $i_{\text{д}}=2$, получим передаточное отношение сменных колес гитары дифференциала:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{2,705}{m_n \cdot K}$$

Формула для подбора сменных колес была бы справедлива, если бы колеса $Z = 17$ и $Z = 68$ были бы прямозубые. Но эти колеса имеют косые зубья, поэтому при осевом перемещении червячная фреза получает дополнительный поворот. При осевом перемещении фрезы от ходового винта с шагом $P = 12\text{мм}$ на величину подачи S_o фреза дополнительно повернется на величину $\frac{S_o}{P_k}$, а нарезаемое колесо на величину $\frac{S_o}{P_k} \cdot \frac{K}{Z}$.

Шаг винтовой линии косозубого колеса, посаженного на шпинделе $P_k=2765,3$ мм, поэтому величина дополнительного поворота фрезы $\frac{S_o}{2765,3} = 0,00036 S_o$, а величина дополнительного поворота нарезаемого колеса равна $0,00036 \frac{K}{Z} \cdot S_o$.

Следовательно, расчетные перемещения запишутся так:

$$\text{перемещение фрезы} \rightarrow 0,00036 \frac{K}{Z} \cdot S_o \text{ об. стола.}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$0,00036 \cdot \frac{K}{Z} \cdot S_o = \frac{P_k}{12} \cdot \frac{48}{5} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{40}{68} \cdot \frac{36}{2} \cdot \frac{40}{70} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{1}{32} \cdot \frac{22}{i} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot \frac{2}{1} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96}$$

где i - передаточное отношение трехскоростной диагональной коробки подач;
 $i_{\text{д}}$ - передаточное отношение конического дифференциала, равняется 2.

После подстановки в уравнение значения $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24K}{Z}$ получим второе слагаемое

формулы настройки гитары дифференциала (учитывая косозубые колеса $\frac{17}{68}$)

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 0,00307 \cdot i$$

Приняв $i = 1$, формула настройки примет вид:

$$i_{\text{д}} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{2,705}{m_n \cdot K} \pm 0,00307.$$

Величина "+0,00307" для правозаходных фрез;
" - 0,00307" для левозаходных фрез.

2.3.8 Необходимые условия настройки

Зубофрезерный станок мод.5К324А (5М324А).

При настройке гитары деления и дифференциала сменные колеса выбираются из набора: 24, 25 (2шт.), 30, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 98, 100.

Необходимые условия сцепляемости колес: $a_1+b_1=c_1+15$; $c_1+d_1=b_1+15$ и $a_2+b_2=c_2+15$; $c_2+d_2=b_2+15$.

При настройке гитары главного движения набор сменных колес: 20, 23, 27, 36, 41, 46, 51, 56, 60, 64, 67. При этом необходимо учитывать, что $a + b = 87$.

Комплект сменных колес гитары подач: 28, 32, 43(2шт.), 53, 64, 68. При этом $a_3 + b_3 = 96$.

Зубофрезерный станок мод.5К32.

Сменные колеса гитары главного движения: 20, 23, 27, 36, 41, 46, 51, 56, 60, 64, 67, при этом учесть, что $a + b = 87$.

Сменные колеса гитары деления и дифференциала: 24, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 46, 46, 47, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 96, 100.

Условия сцепляемости: $a + b = c + 15$; $c + d = b + 15$; $a_2 + b_2 = c_2 + 15$; $c_2 + d_2 = b_2 + 15$.

Сменные колеса гитары вертикальных подач: 28, 32, 43, 53, 64, 68, при этом $a_1 + b_1 = 96$

2.4 Наладка зубошлифовального станка

2.4.1 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 $\Phi(V_1V_2\Pi_3)$. На рисунке 5 показана кинематическая структура зубошлифовального станка.

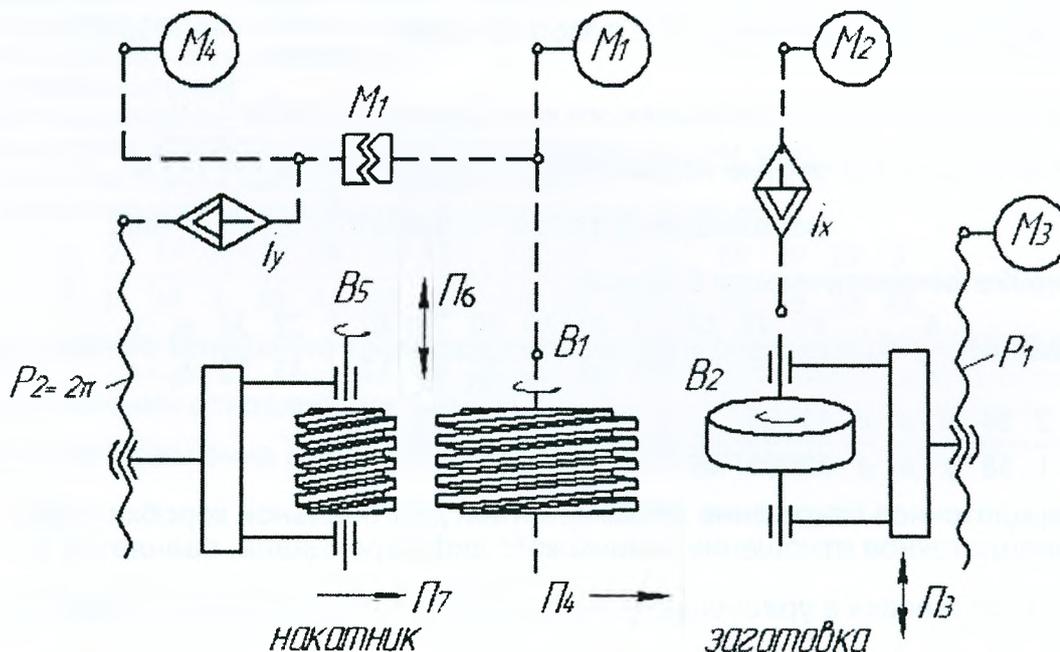


Рисунок 5 - Кинематическая структура станка:

i_x - гитара цепи деления; i_y - гитара настройки цепи правки круга.

Формообразующие движения:

- а) главное движение $\Phi_V (V_1)$ - вращение абразивного шлифовального круга;
- б) движение обкатки $\Phi (V_1 V_2)$ - образование профиля зуба;
- в) движение вертикальной (продольной) подачи $\Phi_S (\Pi_3)$ - для образования боковой поверхности зуба;
- а также $V_{P1} (\Pi_4)$ - движение врезания шлифовального круга, $\Phi_{пр.кр.} (V_5 \Pi_6)$ - движение правки круга, $V_{P2} (\Pi_7)$ - движение врезания накатника.

2.4.2. Расчетные перемещения

Цепь главного движения (вращение червячного круга V_1):

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

где $n_{\text{э}}$ - частота вращения электродвигателя цепи главного движения, мин^{-1} ;

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

Цепь движения обкатки (деления) обеспечивает согласованное вращение абразивного червяка и шлифуемой заготовки:

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

где $K_{\text{шл.кр.}}$ - число заходов шлифовального круга;

Z - число зубьев обрабатываемой заготовки.

Цепь движения вертикальной подачи обеспечивает продольное перемещение шлифовального круга по боковой поверхности обрабатываемой заготовки:

$$n_{\text{э}} \text{ мин}^{-1} \rightarrow S_{\text{верт.}} \text{ мм/мин.}$$

Цепь радиальной подачи (врезания) согласует движение бабки шлифовального круга с вертикальным (возвратно-поступательным) перемещением заготовки:

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

Цепь движения продольной подачи суппорта накатника обеспечивает согласованное перемещение накатника с вращением шлифовального круга:

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

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

2.4.3. Зубошлифовальный станок мод. 5В833

Кинематическая схема зубошлифовального станка мод. 5В833 представлена на рисунке 12.

Главное движение

Шлифовальный круг получает постоянную частоту вращения от синхронного реактивного двигателя М1 (РС52-4). Во время шлифования муфта M_1 (см. рисунок 5) разомкнута и шестерни $Z=90$ и $Z=90$ не зацепляются.

Уравнения кинематического баланса цепи имеет вид:

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

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

Движение обкатки (деления)

Особенностью кинематической схемы является электрическая синхронизация между электродвигателями М1 и М2 (оба электродвигателя имеют одинаковую частоту вращения $n_{\text{шл.кр.}} = 1500 \text{ мин}^{-1}$) и движением обката (деления) нарезаемого колеса. Это дает возможность отказаться от сложной кинематической цепи синхронизации. Движение обкатки обеспечивает согласованное вращение абразивного червяка и заготовки: за один оборот абразивного червяка нарезаемое колесо должно повернуться на один зуб $\frac{1}{Z}$.

Уравнение кинематического баланса цепи настройки вращения нарезаемого колеса:

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

Формула настройки гитары деления (при $K_{\text{шл.кр.}}=1$ - число заходов абразивного червяка):

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

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

Движение радиальной подачи осуществляет радиальную подачу бабки шлифовального круга на деталь за каждый ход детали и отвод бабки после окончания шлифования. Цепь автоматической радиальной подачи состоит из храпового механизма ($Z=120$) и гидравлической следящей системы.

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 $S_p = 0,02 \dots 0,08$ мм/дв.ход

Движение вертикальной подачи обеспечивает возвратно-поступательное движение суппорта во время шлифования. Привод вертикальной подачи бесступенчатый (с регулированием тахогенератором). Исполнительным звеном перемещения каретки с суппортом является пара винт-гайка с шагом $P_1 = 6$ мм.

Уравнение кинематического баланса цепи:

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

где i_{II} – двухступенчатый зубчатый перебор для увеличения диапазона $S_{\text{ВЕРТ.}}$.

По заданной (либо определенной режимами резания) $S_{\text{ВЕРТ.}}$ необходимо подобрать передаточные отношения:

$$i_{II} = \frac{52}{73} \text{ либо } i_{II} = \frac{68}{57},$$

тогда уравнение кинематического баланса примет вид:

$$n_{M3} \cdot \frac{52}{73} \cdot \frac{1}{34} \cdot 6 = S_{\text{ВЕРТ.}} \text{ мм/мин;}$$

$$n_{M3} \cdot \frac{68}{57} \cdot \frac{1}{34} \cdot 6 = S_{\text{ВЕРТ.}} \text{ мм/мин.}$$

Движение правки шлифовального круга

Точность обработки во многом зависит от того, насколько точно произведена правка профиля витка абразивного червяка. Правку производят стальным многониточным накатником (см. рисунок 5). Накатник приводится во вращение абразивным червяком и перемещается возвратно-поступательно вдоль оси шпинделя (строго согласовано с вращением абразивного червяка).

Вращение шлифовального круга при правке осуществляется от двухскоростного электродвигателя М4 при включенной муфте M_1 (шестерни $Z=90$ и $Z=90$ находятся в зацеплении).

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{Э}} \cdot \frac{26}{78} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{62}{64} \cdot \frac{90}{90} = n_{\text{ШЛ.КР.}}$$

При $n_{\text{Э}} = 1420 \text{ мин}^{-1}$ – рабочий ход, $n_{\text{ШЛ.КР.}} = 25 \text{ мин}^{-1}$.

При $n_{\text{Э}} = 2850 \text{ мин}^{-1}$ – холостой ход, $n_{\text{ШЛ.КР.}} = 50 \text{ мин}^{-1}$.

Уравнение кинематического баланса цепи продольной подачи накатника имеет вид:

$$1 \text{ об. шл.кр.} \cdot \frac{90}{90} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{66}{66} \cdot 2\pi = \pi \cdot m_n,$$

где m_n – модуль нормальный шлифуемого зубчатого колеса Z .

Формула настройки гитары цепи правки круга:

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

2.4.4. Необходимые условия настройки станка

Сменные колеса гитары деления подобрать из набора:

30, 31, 32, 33, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 50, 54, 60, 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 (60-2 шт.).

Условия сцепляемости сменных зубчатых колес гитары деления:

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

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

При этом учесть условие сцепляемости зубчатых колес: $a_1 + b_1 = 90$.

2.5 Наладка зубозатыловочного станка

2.5.1 Кинематическая структура и исполнительные движения зубозатыловочного станка

Для образования профиля задней поверхности затылуемого инструмента (на примере червячной модульной фрезы) необходимо совершать сложное формообразующее движение $\Phi(V_1 P_2 P_3)$, которое представляет собой совокупность (функционально согласованных между собой) вращения V_1 шпинделя с затылуемой фрезой, поперечного перемещения P_2 затыловочного суппорта 5 (рисунок 6) от кулачка K и продольного перемещения P_3 каретки 6 вдоль оси затылуемой фрезы.

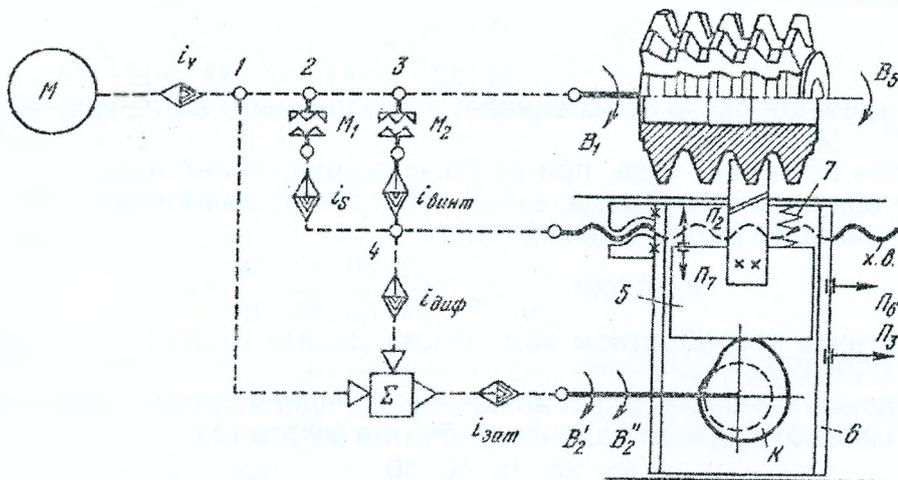


Рисунок 6 - Кинематическая структура зубозатыловочного станка:
 i_v – гитара главного движения; i_s – гитара продольного перемещения (каретки);
 $i_{зат}$ – гитара затылования; $i_{винт}$ – гитара винторезного движения;
 $i_{диф}$ – гитара дифференциальной цепи.

Формообразующие движения:

- а) главное движение Φ_v (B_1) – вращение заготовки;
- б) движение затылования Φ ($B_1 B_2$);
- в) винторезное движение (продольное перемещение каретки от ходового винта) Φ_s ($B_1 П_3$);
- г) дифференциальное движение Φ ($П_3 B_2$);
- д) продольное перемещение каретки (при точении, а также при наличии в станке передачи зубчатого колеса – рейки) Φ_s ($B_1 П_6$).

2.5.2 Расчетные перемещения

Цепь главного движения:

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

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

n_{ϕ} – частота вращения заготовки (фрезы), мин^{-1} .

Уравнение кинематического баланса:

$$n_э \text{ мин}^{-1} \cdot i_v = n_{\phi},$$

Цепь затылования:

$$1 \text{ об.заготовки} \rightarrow \frac{Z}{K} \text{ об.кулачка},$$

где Z – число зубьев заготовки (фрезы);

K – число заходов кулачка.

Винторезная цепь:

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

где τ – осевой шаг винтовой нарезки червячной фрезы.

Цепь дифференциального движения:

$$1 \text{ об.заготовки} \rightarrow \frac{Z}{K} \left(1 \pm \frac{\tau}{T}\right) \text{ об.кулачка},$$

где T – шаг винтовой стружечной канавки фрезы;

- знак «плюс» соответствует левому, а «минус» правому направлению винтовой линии зуба.

Цепь продольной подачи (используется при бездифференциальной наладке – например при затыловании инструмента остроконечными резцами):

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

где S – величина продольного перемещения каретки в мм.

2.5.3 Токарно-затыловочный станок мод. 1E811

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 13.

Особенностью привода главного движения станка является наличие автоматической коробки скоростей (АКС), имеющей на выходном валу девять разных частот вращения. Во время рабочего хода включается электромагнитная муфта ЭМ1 и движение через двойной блок 21/84 или 52/52 и постоянные зубчатые передачи передаются на шпиндель.

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

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

АКС и шпindelная бабка обеспечивает 15 различных частот вращения шпинделя в диапазоне 2,25...56 мин⁻¹.

При холостом обратном ходе, при котором осуществляется возврат суппорта и реверсирование вращения шпинделя, включается электромагнитная муфта ЭМ2 и уравнение кинематического баланса примет вид:

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

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

Движение затылования согласует вращение шпинделя станка с вращением кулачка К. Уравнение кинематического баланса (зубчатая муфта М3 включена):

$$1об.шп.фр. \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot i_D \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{Z}{K} об.кул.,$$

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:

$$1об.шп.фр. \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot i_D \cdot i_{зат} \cdot \frac{27}{27} = \frac{Z}{K} об.кул.$$

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:

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

Движение подачи

Цепь подачи согласует вращение шпинделя с вращением ходового винта при обработке цилиндрических поверхностей (точении). Движение от шпинделя передается через те же передачи, что и в винторезной цепи. Переключением зубчатого колеса $Z=55$ звена увеличения шага обеспечивается три величины подачи в диапазоне 0,075...1,2 мм/об.

Уравнение кинематического баланса:

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

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

S – продольная подача, мм/об.

Движение винторезное согласует вращение шпинделя станка с вращением ходового винта. Используется при затыловании резьбового режущего инструмента (с прямыми канавками). Движение передается через реверсивный механизм, двухпарную гитару и муфту М2. На реверсивный механизм движение от шпинделя передается напрямую ($i=1$), либо через звено увеличения шага $i_{ш}=4$; $i_{ш}=16$ переключение зубчатого колеса $Z=55$).

А. При настройке без увеличения шага уравнение кинематического баланса будет:

$$1об.шп.фр. \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{винт} \cdot 12 = P$$

Формула настройки гитары:

$$i_{винт} = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{q} = \frac{P}{12}$$

Б. При настройке со звеном увеличения шага $i_{ш}=4$ уравнение кинематического баланса примет вид:

$$1об.шп.фр. \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{винт} \cdot 12 = P.$$

Формула настройки гитары:

$$i_{\text{винт}} = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{q} = \frac{P}{48}$$

В. При настройке со звеном увеличения шага $i_{\text{ш}} = 16$ уравнение кинематического баланса равняется:

$$i_{\text{об.шп.фр.}} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{60}{60} \cdot i_{\text{винт}} \cdot 12 = P.$$

Формула настройки гитары:

$$i_{\text{винт}} = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{q} = \frac{P}{192}.$$

При подборе зубчатых колес винторезной гитары необходимо проверить условия их сцепляемости. Необходимо, чтобы:

$$d \leq d + e \geq f + 27; f + g \geq e + 22; 155 \geq d + e \geq 87; d + e + f + g \geq 280.$$

Дифференциальное движение.

Используется при затыловании фрез со спиральными стружечными канавками. При этом согласовывается вращение ходового винта с дополнительным поворотом кулачка. Движение на кулачок может передаваться через перебор $i_{\text{п}} \left(\frac{29}{58} \cdot \frac{29}{58} = \frac{1}{4} \right)$.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$\frac{P}{12} \cdot i_{\text{п}} \cdot \frac{30}{45} \cdot i_{\text{д1}} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{\text{д2}} \cdot i_{\text{зат}} \cdot \frac{27}{27} = \frac{P \cdot Z}{T \cdot K},$$

где $i_{\text{д1}}$ – передаточное отношение конического дифференциала коррекции отбоя, в данном случае $i_{\text{д1}} = 1$;

$i_{\text{диф}}$ – передаточное отношение гитары дифференциальной цепи;

$i_{\text{д2}}$ – передаточное отношение конического дифференциала, $i_{\text{д2}} = 2$;

T – шаг спиральной стружечной канавки.

Формулы настройки при $K=1$:

$$\text{при } i_{\text{зат}} = \frac{Z}{4} \quad i_{\text{диф}} = \frac{h}{i} \cdot \frac{j}{k} = \frac{1800}{T};$$

$$\text{при } i_{\text{зат}} = \frac{Z}{16} \quad i_{\text{диф}} = \frac{h}{i} \cdot \frac{j}{k} = \frac{7200}{T}.$$

Если замкнуть муфту М4, то движение с ходового винта будет напрямую передаваться на колеса $Z=30$ и $Z=45$.

Уравнение кинематического баланса запишется так:

$$\frac{P}{12} \cdot \frac{30}{45} \cdot i_{\text{д1}} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{\text{д2}} \cdot i_{\text{зат}} \cdot \frac{27}{27} = \frac{P \cdot Z}{T \cdot K}.$$

Формулы настройки при $K=1$:

$$\text{при } i_{\text{зат}} = \frac{Z}{4} \quad i_{\text{диф}} = \frac{h}{i} \cdot \frac{j}{k} = \frac{450}{T};$$

$$\text{при } i_{\text{зат}} = \frac{Z}{16} \quad i_{\text{диф}} = \frac{h}{i} \cdot \frac{j}{k} = \frac{1800}{T}.$$

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

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары дифференциала:

$$i \leq 62; k \leq 63; 142 \geq i + h \geq 64; i + h \geq j + 22; 92 \geq i + l \geq 66; j + k \geq h + 22; h + l \geq 64; j + k \geq 48; i + h + j + k \geq 122.$$

Цепь коррекции затылования (отбоя) обеспечивает доворот кулачка затылования для согласования начала затыловочного движения с вращением изделия. Движение коррекции передается от электродвигателя М2 через ременную и червячную передачи на конический дифференциал отбоя, гитару дифференциала и через конический дифференциал дифференциальной цепи к кулачку затылования.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{М2}}(1000) \cdot \frac{90}{90} \cdot \frac{2}{35} \cdot i_{\text{д1}} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{2}{25} \cdot i_{\text{д2}} \cdot i_{\text{зат}} \cdot \frac{27}{27} = n_{\text{об.к.}}$$

2.5.4 Необходимые условия настройки

Сменные колеса гитары затылования и дифференциального движения подобрать из набора: 20, 21, 24, 25, 28, 30, 32, 35, 36, 38, 40, 45, 48, 50, 60, 63, 64, 65, 66, 76, 78, 80, 84, 90, 100, 101, 105; 112.

Частоты вращения шпинделя, мин^{-1} : 2,25; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1; 9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28,04 35,5; 45; 56.

3 ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

3.1 Основные требования.

Предлагаемые варианты заданий представляют собой расчет настройки зубообрабатывающего станка по одному из четырех технологических способов обработки. Задания приведены в таблицах 2...5. Кинематические схемы станков представлены на рисунках 7...12.. Варианты заданий включают в себя решение следующих вопросов:

1. Произвести расчет настройки зубодолбежного станка (исходные данные представлены в таблице 2). При этом необходимо выполнить эскиз обрабатываемого зубчатого колеса, записать расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей, подлежащих настройке.

2. Произвести расчет настройки зубофрезерного станка для обработки цилиндрического либо червячного колеса (исходные данные представлены в таблице 3). При этом необходимо выполнить эскиз обрабатываемого колеса, схему установки фрезы и заготовки, определить угол установки фрезы, записать расчетные перемещения и уравнения кинематических цепей, подлежащих настройке.

3. Произвести расчет настройки зубошлифовального станка для обработки прямозубого цилиндрического колеса (исходные данные представлены в таблице 4). При этом необходимо выполнить эскиз обрабатываемого колеса. Записать расчетные перемещения и уравнения кинематических цепей, подлежащих настройке. Изобразить схему установки абразивного червяка и заготовки.

4. Произвести расчет настройки токарно-затыловочного станка для затылования зубьев червячной модульной фрезы (исходные данные представлены в таблице 5). Изобразить схему затылования. Записать расчетные перемещения и уравнения кинематических цепей, подлежащих настройке.

При оформлении контрольной работы необходимо учитывать следующее:

а) Оформление производится согласно стандарту вуза. Допускается оформление в ученической тетради (в любом случае для замечаний преподавателя оставляются поля);

б) Эскизы выполняются на листе формата А4 с соблюдением требований ЕСКД;

в) В конце работы указывается, какими источниками литературы пользовался студент;

г) При подборе сменных зубчатых колес гитар станка пользоваться справочником [12] и учебно-методическими разработками кафедры;

Расчеты ведутся с точностью: для движений образующих эвольвенту (обката, дифференциального) до пяти знаков после запятой; для остальных движений - до двух знаков после запятой;

д) Если контрольная работа не допущена к зачету, необходимо представить ее на повторную рецензию с исправленными ответами вместе с незачтенной работой. Отрецензированная и зачтенная работа студенту не возвращается и остается на кафедре.

3.2 Варианты заданий

Таблица 2 - Данные для расчета настройки зубодолбежных станков (долбяк дисковый с диаметром делительной окружности $D_{дел} = 100\text{мм}$)

№№ варианта	Модель станка	Тип колеса	Параметры нарезаемого колеса				Параметры долбяка		Режимы резания	
			β , град.	m , мм	Z	b , мм (ширина венца)	m_n , мм	Z_d	V , м/мин	$S_{кр}$, мм/дв.ход
1	5140	прямозубое	-	1,5	110	18	1,5	66	20	0,2
12	5140	прямозубое	-	2,5	96	25	2,5	40	25	0,3
30	5140	косозубое	12	2,0	82	25	2,0	50	25	0,2
37	5140	прямозубое	-	2,5	56	35	2,5	40	25	0,25
45	5140	прямозубое	-	3,0	46	30	3,0	34	15	0,2
2	5140	косозубое	12	3,0	40	20	3,0	34	25	0,3
11	5140	прямозубое	-	2,0	48	30	2,0	50	20	0,2
29	5B150	прямозубое	-	4,0	82	30	4,0	25	25	0,4
36	5B150	прямозубое	-	6,0	28	40	6,0	17	20	0,35
46	5B150	косозубое	12	4,0	92	35	4,0	25	25	0,4
3	5B150	косозубое	12	6,0	36	45	6,0	17	20	0,35
14	5B150	прямозубое	-	3,5	40	40	3,5	28	15	0,25
28	5B150	косозубое	12	5	25	45	5,0	20	15	0,2
49	5B150	прямозубое	12	4,5	34	45	4,5	22	20	0,3

Таблица 3 - Данные для расчета настройки зубофрезерных станков

№№ варианта	Модель станка	Параметры нарезаемого колеса				Параметры червячной фрезы					Режимы резания	
		m_n , мм	Z	β , град.	зуба	m_n , мм	K	Направление винтовой линии	ω , град.	D_ϕ , мм	V , м/мин	S , мм/об
12	5K324A	1,5	135	-	червячное	1,5	1	правое	$1^\circ 42'$	63	24	0,8
4	5K324A	2,0	100	$12^\circ 49'$	левое	2,0	2	правое	$2^\circ 47'$	80	18	2,0
27	5K32	4,0	35	$18^\circ 25'$	правое	4,0	1	правое	$3^\circ 43'$	100	13	2,0
35	5M324A	3,0	47	$17^\circ 00'$	левое	3,0	2	правое	$3^\circ 06'$	80	16	4,1
40	5M324A	3,5	64	$13^\circ 22'$	правое	3,5	1	правое	$3^\circ 46'$	90	24	1,0
20	5K32	4,0	56	$15^\circ 16'$	правое	4,0	1	правое	$3^\circ 43'$	100	23	1,6
5	5K32	4,5	52	$20^\circ 09'$	левое	4,5	1	правое	$4^\circ 03'$	100	30	2,0
26	5K324A	1,5	88	$17^\circ 38'$	левое	1,5	1	правое	$1^\circ 29'$	63	28	4,1
34	5K324A	2,0	76	$27^\circ 54'$	правое	2,0	1	правое	$3^\circ 06'$	80	26	0,8
41	5M324A	2,5	80	$21^\circ 52'$	левое	2,5	2	левое	$2^\circ 19'$	80	40	0,8
19	5K324A	3,0	66	-	червячное	3,0	1	левое	$3^\circ 20'$	90	45	2,5
6	5M324A	3,5	74	$14^\circ 32'$	левое	3,5	2	правое	$3^\circ 33'$	90	20	1,0
25	5K32	4,0	52	-	червячное	4,0	2	правое	$3^\circ 46'$	100	35	2,5
50	5K32	4,5	40	$22^\circ 03'$	правое	4,5	2	правое	$3^\circ 54'$	100	15	0,8
42	5K324A	2,25	61	$8^\circ 42'$	правое	2,25	1	правое	$2^\circ 24'$	63	25	1,0

Таблица 4 - Данные для расчета настройки зубошлифовального станка

№№ Варианта	Модель станка	Параметры шлифуемого колеса		Параметры абразивного червяка	
		m_n , мм	Z	m_n , мм	K
18	5B833	1,0	100	1,0	2
7	5B833	1,5	80	1,5	2
24	5B833	2,0	63	2,0	1
32	5B833	2,5	72	2,5	1
43	5B833	0,75	120	0,75	2
17	5B833	1,0	42	1,0	2
8	5B833	3,0	58	3,0	1
23	5B833	3,5	84	3,5	1
31	5B833	4,0	52	4,0	1
44	5B833	2,25	50	2,25	2

Таблица 5 - Данные для расчета настройки зубозатыловочных станков (число заходов фрезы K=1, материал заготовки – сталь 45)

№№ вари- анта	Модель станка	Параметры затылуемого колеса							
		D_e , мм	m , мм	Z	τ , мм Шаг основно- го червяка фрезы	T, мм Шаг стружеч- ной винтовой канавки	h, мм высота падения затылка	d, мм диаметр поса- дочного отверстия фрезы	Направление червячной винтовой ка- навки
16	1E811	50	1,0	12	3,143	6930	1,5	22	левое
9	1E811	55	1,5	12	4,714	5346	1,75	22	правое
22	1E811	55	2,0	12	5,501	4454	2	22	правое
38	1E811	60	2,25	10	7,075	3981	2,5	27	правое
47	1E811	70	3,0	10	9,436	3946	3,0	27	левое
15	1E811	70	3,5	10	11,015	3248	3,5	27	левое
10	1E811	75	4,0	9	12,591	3184	3,5	27	правое
21	1E811	80	4,5	9	14,169	3162	3,5	27	правое
39	1E811	85	5,0	9	15,747	3183	3,5	27	правое
48	1E811	90	5,5	9	17,320	3631	4,0	27	левое
33	1E811	100	6,0	9	18,900	3598	5,0	32	правое

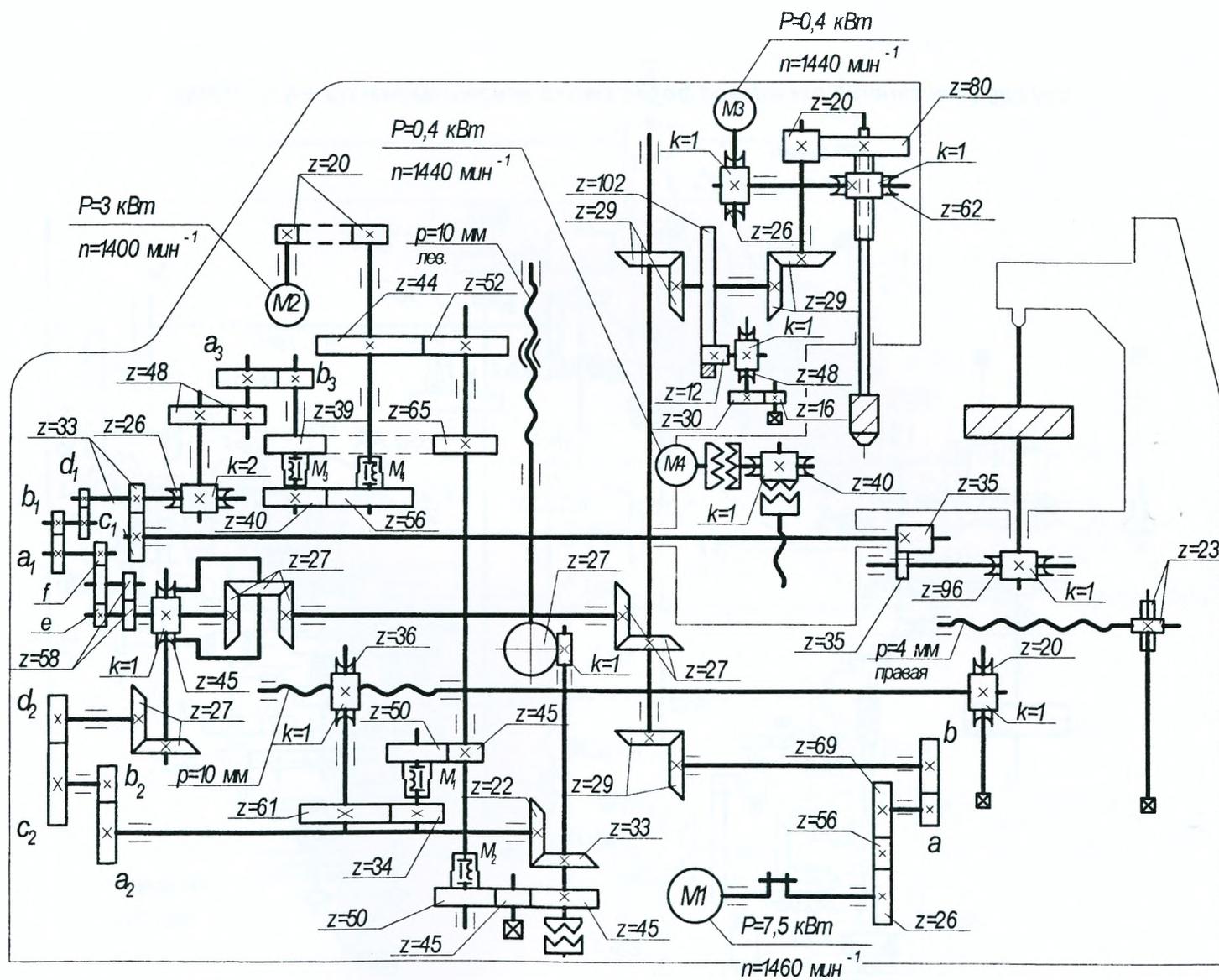


Рисунок 10 - Кинематическая схема зубофрезерного станка мод.5М324А

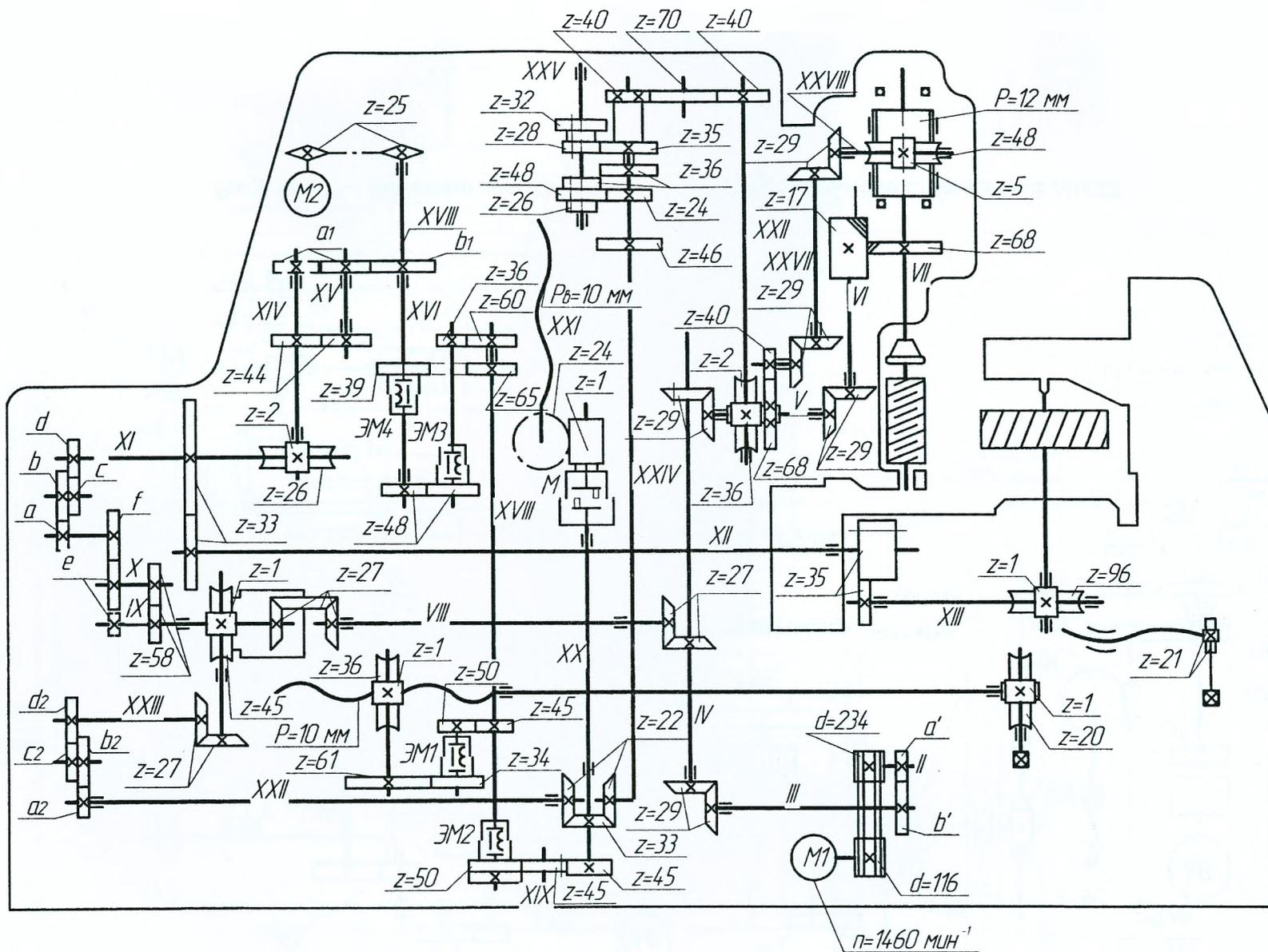


Рисунок 11 - Кинематическая схема зубофрезерного станка мод.5K32

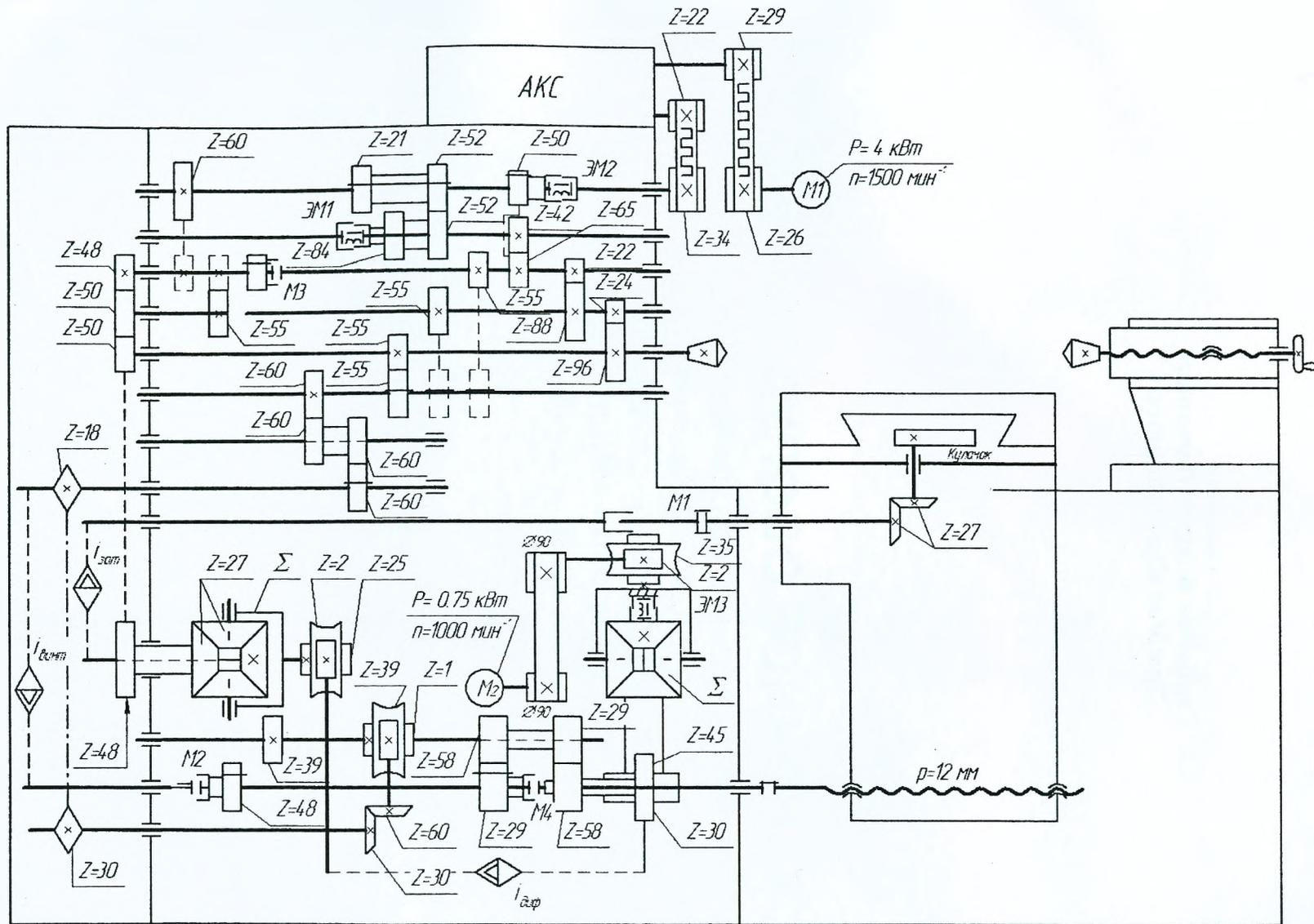


Рисунок 13 – Кинематическая схема токарно-затыловочного станка мод.1E811

Учебное издание

Составители:
Горбунов Виктор Петрович
Плющев Юрий Иванович

СТАНОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Рабочая программа, методические указания и
контрольные задания
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
заочной формы обучения

Ответственный за выпуск: Горбунов В. П.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 3.01.2008 г. Формат 60x84¹/₈. Бумага писчая. Усл. п. л. 4,65.
Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 100 экз. Заказ № 1350. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.