

В. Н. ПОДЛЕСНОВ

КИНЕМАТИКА И НАСТРОЙКА
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Учебное пособие

Научно-техническая
библиотека ВолгГТУ

РПК
"Политехник"
Волгоград
2002

Подлеснов, В.Н. 124

Рецензенты:

В. П. Бычков, В. С. Солодников

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Подлеснов В. Н.

Кинематика и настройка металлорежущих станков: Учебное пособие / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2002. – 89 с.

ISBN 5-230-03964-7

Излагаются вопросы построения и анализа кинематических структур станков на основе рассмотрения процессов формообразования и движений в металлорежущих станках. Дается методика анализа кинематических схем и расчета кинематической настройки станков. В качестве примера рассматривается устройство и кинематика фрезерных станков. Пособие структурно состоит из трех контролирующих обучающих модулей.

Предназначено для студентов направления 552900 – Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств, изучающих в бакалавриате дисциплину "Оборудование машиностроительного производства".

Ил. 43. Табл. 24. Библиогр.: 8 назв.

ISBN 5-230-03964-7

© Волгоградский государственный
технический университет, 2002.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими задачами курса "Оборудование машиностроительного производства", в частности, являются следующие:

1) научить студентов разбираться в методах обработки деталей на металлорежущих станках, умению выбрать станок для обработки определенной детали;

2) сообщить фундаментальные знания по вопросам формообразования поверхностей на металлорежущих станках, по принципам построения кинематических структур станков; привить навыки анализа кинематических структур;

3) научить студентов читать кинематические схемы станков, составлять уравнения кинематического баланса, выводить расчетные формулы настройки и производить кинематическую настройку станков.

Основы изучения этих вопросов закладываются материалом данного учебного пособия. Вопросы формообразования поверхностей на станках и связанное с этим изучение движений, кинематики имеют фундаментальное значение при изучении любых станков – как с ручным управлением, так и с числовым программным управлением, в частности, многоцелевых станков.

Структурно учебное пособие состоит из трех разделов – контролирующе-обучающих модулей (КОМ):

КОМ – 1. Кинематическая структура металлорежущих станков;
КОМ – 2. Кинематическая настройка металлорежущих станков;
КОМ – 3. Фрезерные станки.

Изучение первых двух модулей позволяет усвоить основы кинематики станков. В КОМ – 3 сначала дается общее представление об устройстве фрезерных станков, а затем решаются задачи по ки-

кинematике этих станков, что будет способствовать закреплению материала, изученного в первых двух модулях, на примере станков конкретной группы.

В данном пособии каждый модуль включает характеристику изучаемого раздела (темы) курса, теоретический материал (в сжатом изложении), контрольные вопросы, методику решения задач, задачи для самостоятельного решения, список литературы, перечень дисциплин и разделов, предшествующих изучению данного модуля, а также тех дисциплин и разделов, для усвоения которых необходимо знание данного модуля. Для удобства изучения каждый раздел является вполне автономным, поэтому общий список литературы не приводится.

1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

Металлорежущие станки, как определенный вид рабочих машин, отличаются чрезвычайно большим разнообразием по кинематике и конструкциям. Парк металлорежущих станков насчитывает многие сотни моделей и постоянно обновляется. Изучить все эти модели практически невозможно. Вместе с тем кинематическая структура станков основывается на ряде общих закономерностей и может быть сведена к определенному небольшому числу классов с учетом особенностей процессов формообразования поверхностей при обработке резанием.

Знание основных классов кинематических структур, их типовых представителей является необходимым для бакалавров по направлению 552900 и для инженера по специальности 1201 или 1202, поскольку дает возможность разобраться в кинематике, устройстве и технических возможностях любого станка, произвести его анализ, кинематическую настройку и обеспечить правильную эксплуатацию.

Знание основ построения кинематических структур металлорежущих станков позволит будущему инженеру заниматься и вопросами проектирования новых станков.

Данный контролирующие-обучающий модуль предусматривает изучение теоретического материала, включающего вопросы образования поверхностей при обработке на станках, классификации движений, кинематических связей, кинематических групп, структурных схем и классов структур. Изучив теоретический материал, следует усвоить методику решения задач по анализу и синтезу кинематических структур станков. Далее следует приобрести практические навыки решения задач, используя задания, приведенные в подразделе 1.6.

Изучив данный модуль, студент должен знать: методы образования поверхностей при обработке на станках; движения в станках; принципы построения кинематических структур станков и классификацию типовых структур; принципы настройки движений по параметрам.

Студент должен уметь: анализировать кинематическую структуру станка; составлять структурные схемы станков (простые и средней сложности, по заданной кинематике формообразования).

1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В наиболее полном виде вопросы кинематической структуры металлорежущих станков исследованы проф. А. А. Федотенком. Ниже дается необходимый для освоения модуля минимум теоретического материала в соответствии с его работой [3].

1.2.1. Образование поверхностей при обработке на станках

1.2.1.1. При обработке на металлорежущих станках получают детали, ограниченные определенными поверхностями. Эти реальные поверхности получают теми же методами, что и идеальные геометрические поверхности. Для образования геометрической поверхности необходимо производящие линии – образующая и направляющая. При движении образующей линии по направляющей и получается заданная поверхность.

1.2.1.2. Производящие линии реальных поверхностей получают с помощью вспомогательных элементов – материальных линий и точек, образуемых на инструменте режущими кромками. Для того, чтобы материальные элементы образовали производящие линии, им надо придать определенные движения. Движения, необходимые для образования геометрических производящих линий, называют движениями формообразования и обозначают буквой Φ .

Геометрические производящие линии можно получить четырьмя методами – методом копирования, обката, следа и касания.

При образовании линии методом копирования (рис. 1.1, а) форма и протяженность вспомогательного элемента (линия 1) такие же, что и у образуемой линии 2. Линия 2 является точной копией вспомогательной линии 1. Для образования линии методом копи-

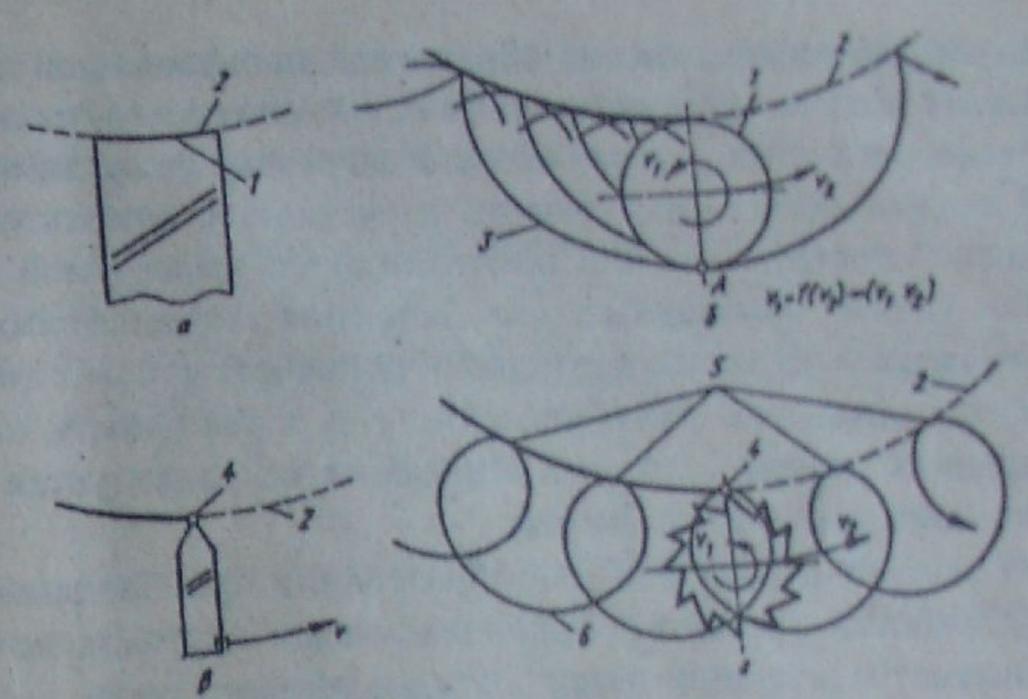


Рис. 1.1. Методы образования производящих линий: а – метод копирования; б – метод обката; в – метод следа; г – метод касания;

1 – вспомогательный элемент (линия режущей кромки инструмента); 2 – образуемые производящие линии; 3 – траектория движения точки А режущей кромки инструмента; 4 – режущая точка инструмента; 5 – точка касания образуемой производящей линией режущей точкой 4 инструмента; б – траектория режущей точки 4 инструмента; V_1, V_2 – относительные скорости

рования не нужно движение формообразования, надо только привести вспомогательную линию 1 в исходное положение, но это уже будет установочное движение.

Метод обката (огибания) – рис. 1.1, б – реализуется в случаях, когда форма образуемой на заготовке производящей линии 2 возникает в виде огибающей последовательных положений, занимаемых режущим лезвием (контуром) 1 инструмента при огибании или обкатывании им образуемой линии (то есть лезвие или контур инструмента либо огибает форму образуемой линии, либо они взаимно обкатываются). Для получения формы производящей линии этим методом требуется одно (но всегда сложное) формообразующее движение. Метод обката используется, например, при образовании одной из производящих линий – эвольвенты – при нарезании зубчатых колес на зубофрезерных станках.

Метод следа (рис. 1.1, в) состоит в том, что геометрическая линия 2 образуется материальной точкой (например, вершиной режущего инструмента 4). Здесь необходимо одно движение формообразования – движение материальной точки.

При методе касания форма образуемой производящей линии 2 (рис. 1.1, *г*) получается в виде огибающей множества точек 5 периодического и многократного касания заготовки режущими кромками 4 вращающегося инструмента в результате относительного перемещения инструмента или заготовки вдоль образуемой линии. В данном случае необходимы два движения формообразования: движение точки 4 по окружности для образования вспомогательного элемента и движения этого элемента (т. е. в реальности инструмента) вдоль образуемой линии 2. Иногда метод реализуется и при трех движениях формообразования.

Метод касания характерен для образования производящих линий при обработке фрезами и шлифовальными кругами, которые имеют множество режущих точек, а следовательно, точек касания, формирующих траекторию образуемой производящей линии.

Имея производящие линии, можно получить различные поверхности. На рис. 1.2 показаны примеры образования поверхностей при движении образующей линии 1 по направляющей 2. При образовании плоской поверхности (*а, б*), цилиндрической (*в, г*) и эвольвентной (*е, ж*) образующие и направляющие производящие линии можно менять местами; при образовании конической поверхности (*д*) это невозможно (обратимые и необратимые поверхности).

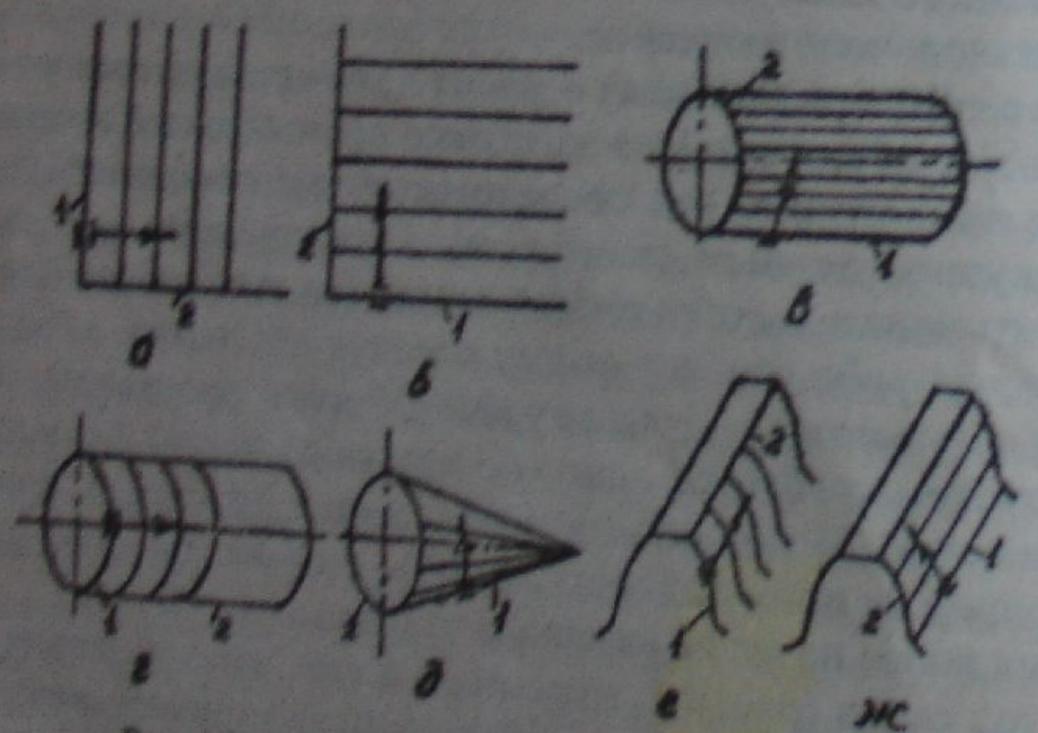


Рис. 1.2. Примеры образования поверхностей:
а, б – плоской, *в, г* – цилиндрической, *д* – конической, *е, ж* – эвольвентной,
 1 – образующая производящая линия, 2 – направляющая

1.2.1.3. Возможные методы образования поверхностей в зависимости от методов образования образующих и направляющих производящих линий показаны в табл. 1.1.

Таблица 1

Методы образования поверхностей

		Методы образования направляющих			
		Копиров.	Обкат	След	Касание
Методы образования образующих	Копиров.	а	б	в	г
	Обкат	д	е	ж	з
	След	и	к	л	м
	Касание	н	о	п	р

При обработке на станках не применяются методы *а, б, е, д, и, н*. Таким образом, практически используются десять методов образования поверхностей. Метод образования поверхности целесообразно обозначать двумя словами: сначала называется метод образования образующей производящей линии, а затем – направляющей, например, метод копирования и следа (*в*), метод обката и касания (*з*) и т. д. В литературе, однако, их иногда называют сокращенно – метод копирования или метод обката.

Примеры обработки по методу копирования и следа; копирования и касания показаны на рис. 1.3. При нарезании резьбы фасонным резцом на винторезном станке (*а*) образующая линия получается методом копирования,

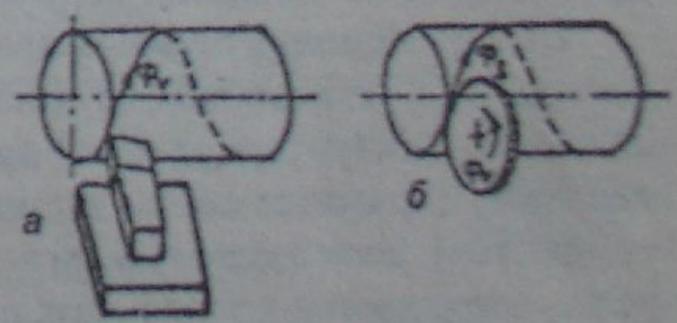


Рис. 1.3. Примеры обработки:
а – нарезание резьбы фасонным резцом на винторезном станке; *б* – нарезание резьбы резцовой фрезой на резьбофрезерном станке

так как форма режущего лезвия резца соответствует профилю нарезаемой резьбы. При этом не нужно движение формообразования. Направляющая линия (винтовая) получается в относительном движении заготовки и инструмента (движение формообразования Φ_v). При нарезании резьбы резьбовой фрезой на резьбофрезерном станке (б) образующая линия также получается по методу копирования без движения формообразования, а направляющая (винтовая) образуется по методу касания при двух движениях формообразования – вращательном Φ_v и винтовом Φ_s .

1.2.2. Движения в металлорежущих станках

1.2.2.1. Для того, чтобы заготовка и инструмент находились в требуемом относительном движении, в станке необходимо создать систему различных движений; некоторые из них находятся в строгой зависимости от других движений, некоторые непосредственно не связаны с другими, но занимают определенное место в общей последовательности движений, то есть начинаются и заканчиваются в определенные моменты времени.

В общем случае в пространстве движения определяются следующими параметрами: траектория; путь; скорость; направление; исходное положение; относительное положение траектории данного движения по сравнению с траекторией другого движения; абсолютное положение данных траекторий в пространстве при неизменном их относительном положении.

Во времени движения характеризуются моментом начала движения и характером движения во времени (непрерывное или прерывистое движение).

1.2.2.2. Для выполнения определенных производственных функций в станке необходимы исполнительные движения.

1.2.2.3. Исполнительные движения могут быть простыми или сложными в зависимости от числа составляющих их элементарных движений (поступательных или вращательных). Если исполнительное движение образуется одним элементарным движением, то оно является простым, если несколькими – сложным. В станках, как правило, редко встречаются исполнительные движения, состоящие более чем из трех элементарных движений.

Для того, чтобы лучше усвоить понятие об исполнительных движениях, представьте себе процесс токарной обработки (например,

обточки вала) на токарно-винторезном станке. Здесь имеет место два исполнительных движения – движение скорости резания (вращение шпинделя с заготовкой) и движение подачи (перемещение суппорта с резцом). Каждое из этих исполнительных движений состоит из одного элементарного движения, поэтому эти исполнительные движения являются простыми. Если же на токарно-винторезном станке производится нарезание резьбы (рис. 1.3, а), то создается одно исполнительное движение – винтовое. Оно является сложным и состоит из двух элементарных движений – вращения заготовки и перемещения резца. Обратите внимание: движения как будто бы те же, что и в первом случае. Но здесь они связаны между собой – за один оборот заготовки резец должен переместиться на величину шага нарезаемой резьбы. В данном случае относительное движение заготовки и инструмента осуществляется по сложной (винтовой) траектории.

1.2.2.4. Классификация исполнительных движений представлена на рис. 1.4.

Движения формообразования служат для образования на заготовке заданных поверхностей. Эти движения могут быть либо движениями скорости резания (Φ_v), либо движениями подачи (Φ_s). Если в станке создается одно движение формообразования, то оно является движением скорости резания. Если имеется несколько движений формообразования, то одно из них является движением скорости резания, а другие – движениями подачи. Элементарные движения, которые входят в исполнительное движение, обозначаются: *В* (вращательное) и *П* (поступательное) с соответствующими индексами. Система обозначений не предусматривает повторения

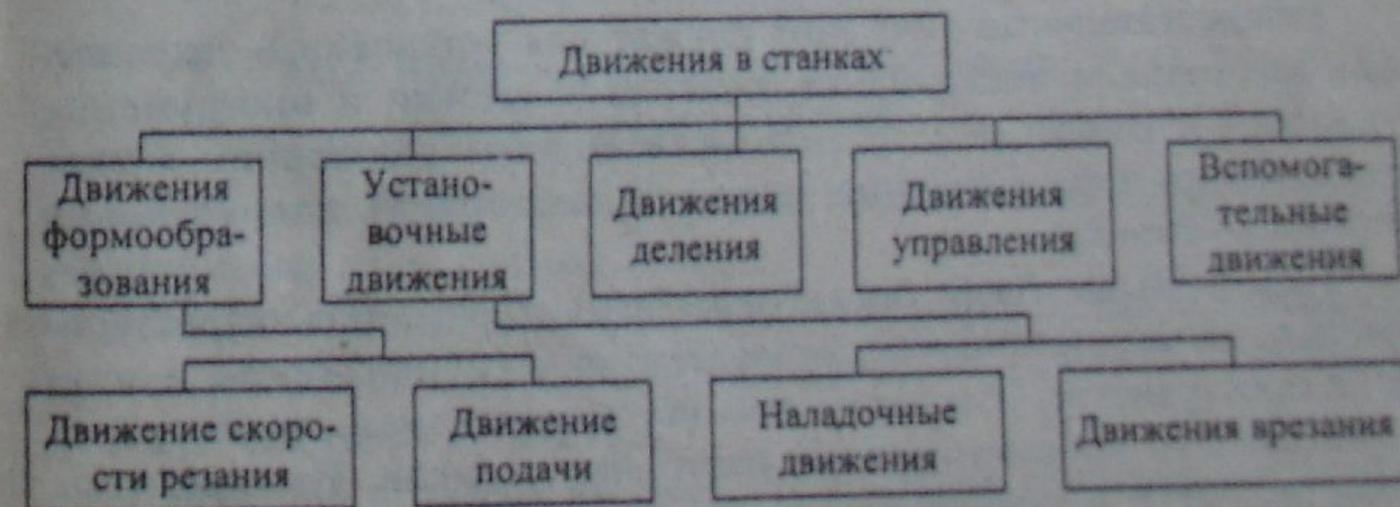


Рис. 1.4. Классификация исполнительных движений

индексов. Например, если в станке два движения – вращательное и поступательное, то они обозначаются V_1 и Π_2 .

Если вернуться к выше приведенному примеру обработки на токарно-винторезном станке, то движение можно обозначить следующим образом. При токарной обработке в станке создаются два движения формообразования – движение скорости резания $\Phi_v (V_1)$ и движение подачи $\Phi_s (\Pi_2)$. При нарезании же резьбы в станке создается одно движение формообразования – сложное двухэлементарное движение скорости резания $\Phi_v (V_1 \Pi_2)$.

Установочными называют движения заготовки и инструмента, приводящие их в положение, при котором становится возможным с помощью движений формообразования получить на заготовке нужные поверхности. Если установочное движение осуществляется без резания, то оно называется наладочным, например, $H(V_6)$, если при установочном движении осуществляется резание, то такое движение называется движением врезания $V_p(V_3)$.

Движение деления позволяет переместить траекторию движения формообразования в новое геометрическое положение. Это движение дает возможность обработать на заготовке несколько одинаковых поверхностей. Например, при нарезании зубчатых колес дисковой модульной фрезой на горизонтально-фрезерном станке после обработки одной впадины заготовка поворачивается с помощью делительной головки на один шаг для обработки следующей впадины. Этот поворот заготовки и является делительным движением. Пример обозначения – $D(V_4)$.

Движения управления служат для установки режимов резания, пуска и останова станка, включения и выключения различных движений и т. п. Пример обозначения – $У(V_5)$.

Вспомогательные движения служат для установки и закрепления заготовки и инструмента, подвода заготовки и инструмента, удаления стружки и т. п. Вспомогательным движением может быть, например, вращение шнека транспортера для удаления стружки – $V_{сп}(V_6)$.

1.2.2.5. Выше были определены семь параметров, характеризующих движение точки (а следовательно, и рабочих органов станка) в пространстве. Эти параметры необходимо знать, чтобы уметь осуществлять кинематическую настройку станков. Из названных семи параметров два последних – относительное и абсолютное по-

ложение траекторий в станках не настраиваются, так как они неизменны и определяются положением направляющих, по которым движутся рабочие органы станка. Настраиваемыми параметрами являются: траектория, путь, скорость, направление и исходное положение.

Не все эти параметры необходимо настраивать при осуществлении всякого движения. Все зависит от вида движения и траектории (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Число настраиваемых параметров в зависимости от характера движения

Движение	Траектория движения			
	замкнутая		незамкнутая	
	Настраиваемые параметры движения			
	Количество	Наименование	Количество	Наименование
Простое	2	Скорость, направление	4	Путь, скорость, направление, исходное положение
Сложное	3	Траектория, скорость, направление	5	Траектория, путь, скорость, направление, исходное положение

И в самом деле, представьте себе процесс шлифования: совершенно ясно, что движение скорости резания (вращение шлифовального круга) нет смысла настраивать на исходное положение – совершенно безразлично, с какого положения круг начнет вращаться. Нет необходимости настраивать это движение также на траекторию (она всегда круговая) и путь.

1.2.3. Понятие о кинематических связях и кинематических группах

1.2.3.1. Кинематические связи представляют собой связи между движущимися элементами станка.

1.2.3.2. Кинематические связи показываются на так называемых структурных схемах. Условные обозначения элементов структурных схем показаны на рис. 1.5.

В качестве примера на рис. 1.6 показана структурная схема винторезного станка. Станок имеет две исполнительные кинемати-

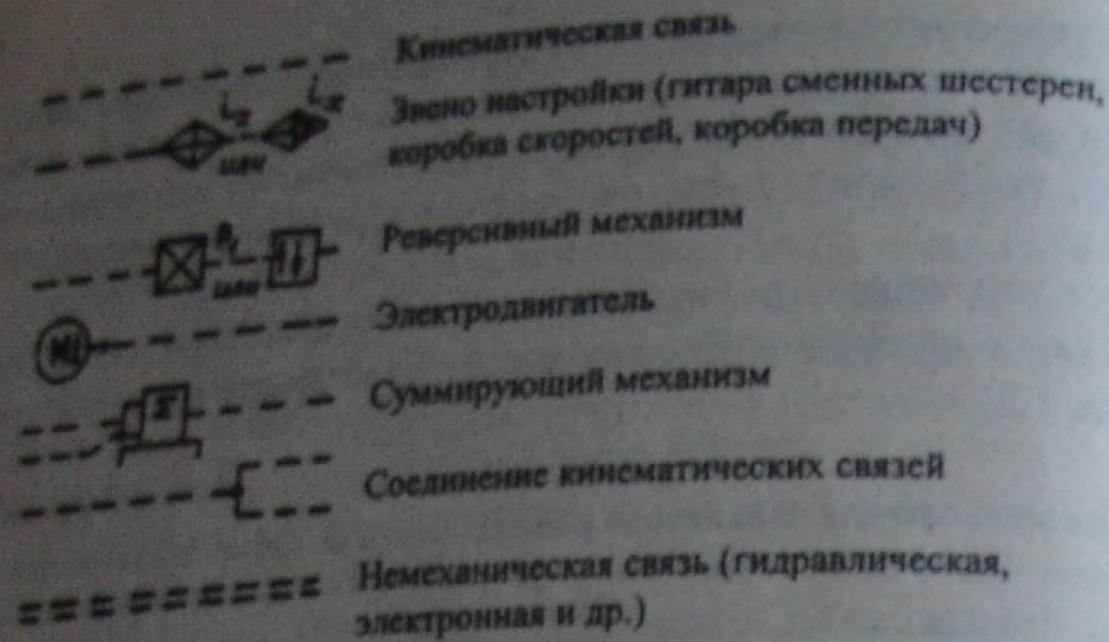


Рис. 1.5. Условные обозначения элементов структурных схем

ческие пары: вращательную – между шпинделем 1 и корпусом передней бабки 2 и поступательную – между суппортом 3 и станиной 4. Эти пары обеспечивают траектории элементарных движений B_1 и Π_2 , образующих исполнительное движение $\Phi_V (B_1 \Pi_2)$ – сложное, двухэлементарное, обеспечивающее создание винтовой линии резьбы.

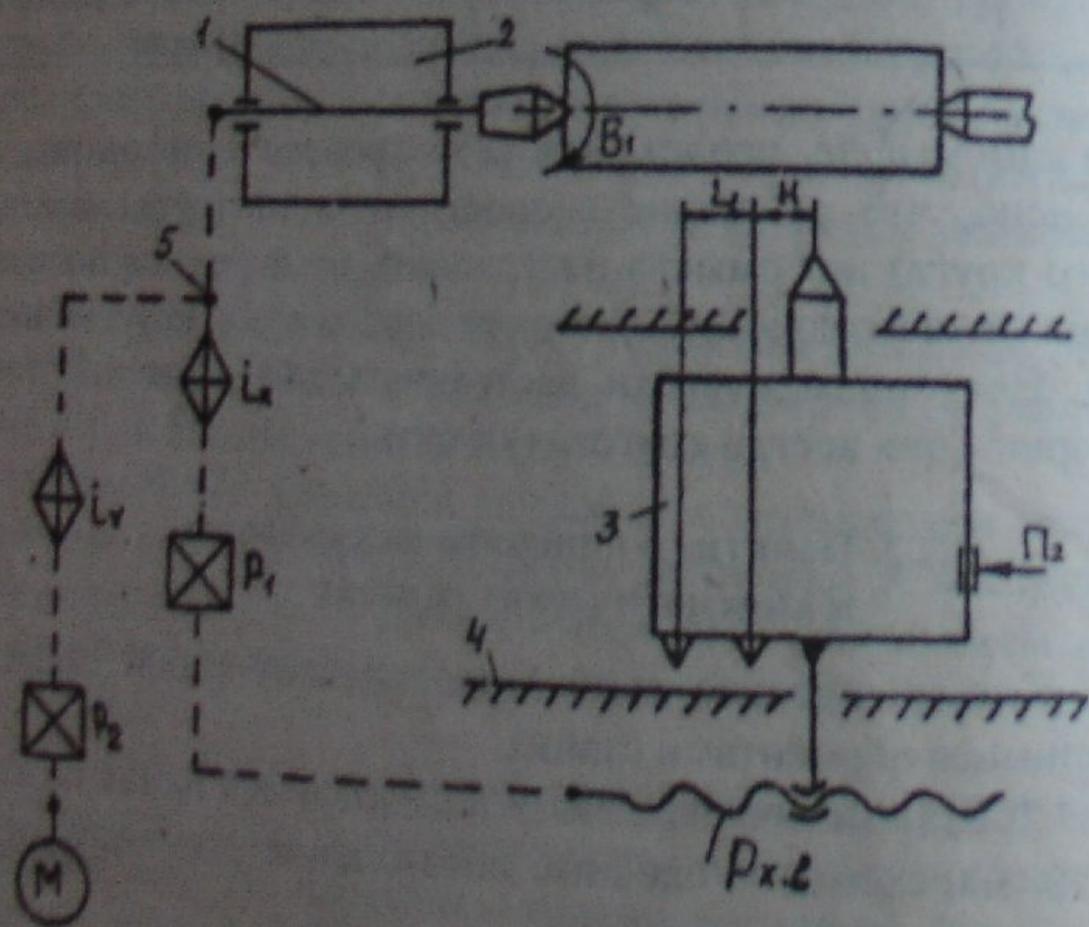


Рис. 1.6. Структурная схема винторезного станка

1.2.3.3. Кинематическая связь, обеспечивающая создание траектории исполнительного движения, называется внутренней связью. Кинематическая связь между источником движения и внутренней связью является внешней связью. В рассматриваемом примере внутренняя связь – это связь между шпинделем 1 и ходовым винтом станка, а внешняя связь – это связь между электродвигателем M и внутренней связью. Цифрой 5 обозначено звено соединения связей.

1.2.3.4. Сочетание источников движения, внутренней и внешней связей, обеспечивающих создание заданного исполнительного движения, называется кинематической группой. Кинематические группы, имеющие во внутренней связи одну или несколько кинематических цепей, называются сложными группами. В рассматриваемом примере внутренняя связь представляет собой кинематическую цепь между шпинделем и ходовым винтом, поэтому данная кинематическая группа является сложной.

1.2.3.5. Для того, чтобы рассмотреть понятие о простых кинематических группах следует обратиться к рис. 1.7.

На нем показана структурная схема токарно-винторезного станка. Структура этого станка состоит из двух частей структур: структуры винторезного станка (она была показана отдельно на рис. 1.6) и структуры токарного станка. Если токарно-винторезный станок рассматривать как простой токарный, то в его структуре можно

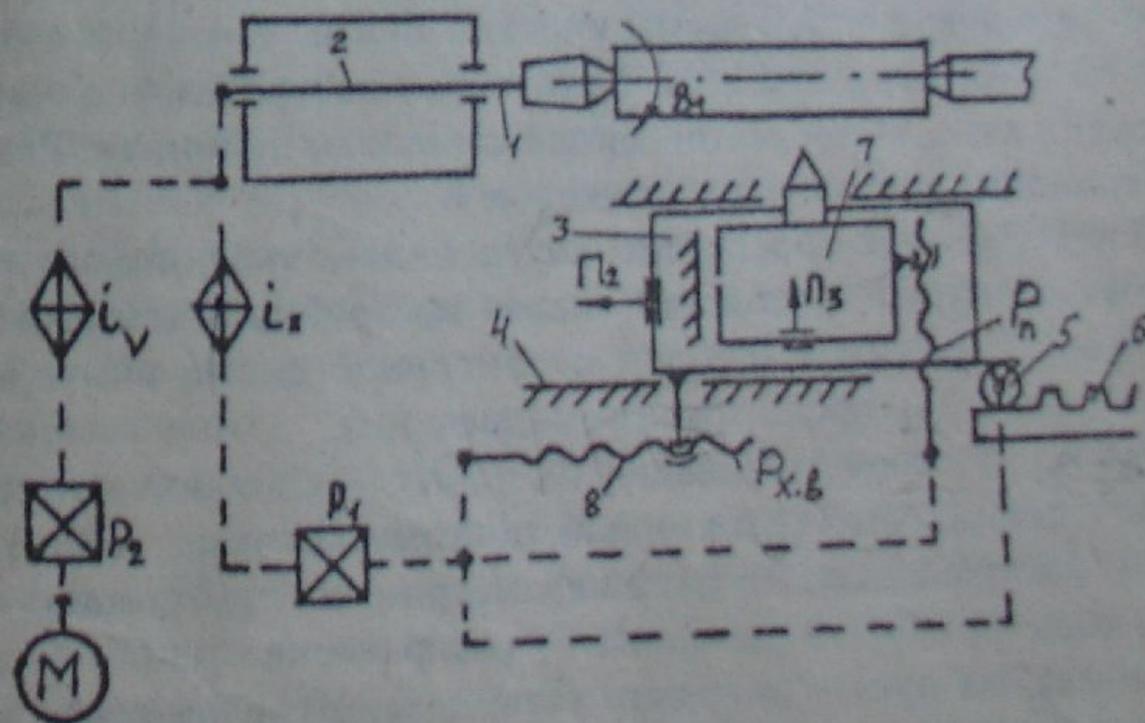


Рис. 1.7. Структурная схема токарно-винторезного станка

выделить две кинематические группы – группу движения скорости резания и группу движения подачи. Первая группа создает формообразующее движение скорости резания $\Phi_V (B_1)$ – вращение шпинделя. Внутренняя связь этой группы представляет собой вращательную пару между шпинделем 1 и корпусом передней бабки 2. Вторая группа создает формообразующее движение подачи $\Phi_S (П_2)$ – перемещение суппорта. Внутренняя связь этой группы представляет собой поступательную пару между суппортом 3 и станиной 4. Внешние связи идут: в первой группе от двигателя M к шпинделю во второй – от двигателя M к реечной шестерне 5, которая, перекапываясь по неподвижной рейке 6, увлекает за собой суппорт.

При нарезании резьбы продольное перемещение суппорту сообщается от ходового винта 8, а при токарной обработке – от реечной шестерни 5.

В станке может осуществляться движение поперечной подачи поперечных салазок 7 относительно каретки суппорта 3. В этом случае создается движение поперечной подачи $\Phi_S (П_3)$.

Если кинематическая группа имеет во внутренней связи простую кинематическую пару (как в рассмотренном примере), то группа называется простой.

1.2.3.6. Органами настройки исполнительных движений могут быть коробки скоростей и подач, гитары сменных колес и реверсивные устройства.

Если орган настройки (гитара или коробка скоростей, подач) лежит во внутренней кинематической связи, то рядом с ромбом ставится символ i_x , i_y или i_z . Если орган настройки находится во внешней связи, то он обозначается символом i_s или i_v . Реверсивный механизм обозначается символом P .

После того, как определены внутренние и внешние связи кинематических групп проводится анализ настройки движений по параметрам. Обратимся опять к структурной схеме винторезного станка (рис. 1.6) и проанализируем движения.

Движение скорости резания $\Phi_V (B_1 П_2)$ – сложное двухэлементарное с незамкнутой траекторией, поэтому, согласно табл. 1.2, оно должно настраиваться по пяти параметрам: на траекторию – гитарой i_x (шаг резьбы) и реверсом P_1 (направление резьбы – правая или левая); на путь – упорами, установленными на расстоянии L один от другого в соответствии с длиной r_x левой части детали;

на исходное положение – также упорами (размер H), при этом их относительное положение не меняется; на скорость – гитарой i_v ; на направление нарезания резьбы (суппорт движения к передней бабке или от нее) – реверсом P_2 . Реверс P_1 можно заменить установкой паразитного колеса в гитаре i_x .

1.2.4. Классификатор кинематических структур станков

Предложенный проф. А. А. Федотенком классификатор кинематических структур металлорежущих станков позволяет на основе анализа формообразующей части структур определить общие признаки этих структур, присущие станкам различных групп (по технологическому назначению), и на этой основе выделить типовые структуры.

Приведение кинематики станков к единой системе облегчает задачи анализа кинематики и проектирования станков; для студентов существенно упрощает задачу изучения кинематической структуры станков, создает условия для глубокого усвоения общих принципов построения кинематики любого станка.

Классификатор представлен в виде табл. 1.3. Все структуры разделены на три класса: простая структура ($П$) состоит только из простых групп формообразования, создающих исполнительное движение с одним элементарным движением; сложная ($С$) состоит только из сложных групп формообразования (каждая группа создает исполнительное движение, состоящее из двух или нескольких элементарных движений); комбинирования ($К$) состоит из простых и сложных групп формообразования. Классификатор учитывает формообразующую часть структуры.

Обозначение структуры состоит из букв $П$, $С$ или $К$; далее следует цифра, обозначающая число групп формообразования, а затем цифра, показывающая общее число элементарных движений (во всех группах), входящих в состав исполнительных движений формообразования.

Если, например, товарно-винторезный станок рассматривать как простой токарный (случай обточки поверхности), то структура станка будет $П22$: имеется две группы формообразования (первая цифра 2), каждая из которых создает одноэлементарное исполнительное движение – $\Phi_V (B_1)$ или $\Phi_S (П_2)$ – таким образом, общее число элементарных движений равно двум (вторая цифра 2). Если же

Количество групп	Количество элементарных движений	Класс структуры		
		П	С	К
1	1	П11	—	—
	2	—	С12	—
	3	—	С13	—
	4	—	С14	—
2	2	П22	—	—
	3	—	—	К23
	4	—	С24	К24
	5	—	С25	К25
	6	—	С26	К26
	3	П33	—	—
3	4	—	—	К34
	5	—	—	К35
	6	—	С36	К36
	7	—	С37	К37

1. Как образуются поверхности деталей при их обработке на металлорежущих станках? – См. п. 1.2.1.1.
2. Какими методами могут быть образованы геометрические производящие линии? – См. п. 1.2.1.2.
3. Назовите осуществимые на металлорежущих станках методы образования поверхностей в зависимости от сочетания методов образования образующей и направляющей производящих линий – См. п. 1.2.1.3.
4. Какими параметрами характеризуются движения в пространстве и во времени? – См. п. 1.2.1.1.
5. Для чего служат исполнительные движения? – См. п. 1.2.2.2.
6. Какие бывают исполнительные движения в зависимости от числа составляющих их элементарных движений? – См. п. 1.2.2.3.
7. Как классифицируются исполнительные движения по целевому назначению? – См. п. 1.2.2.4.
8. Как обозначаются исполнительные движения? – См. п. 1.2.2.4.
9. Какие параметры, характеризующие движение в пространстве, настраиваются в станках? – См. п. 1.2.2.5.
10. От чего зависит число настраиваемых параметров движения? – См. п. 1.2.2.5.
11. Что представляют собой кинематические связи? – См. п. 1.2.3.1.
12. Как обозначаются элементы структурных схем? – См. рис. 1.5.
13. Какие кинематические связи называются внутренними и внешними? – См. п. 1.2.3.3.
14. Что называется кинематической группой? – См. п. 2.3.4.
15. Какие кинематические группы называются простыми, а какие сложными? – См. п. 1.2.3.5.
16. По каким параметрам настраивается движение формообразования в винторезном станке? – См. п. 1.2.3.6.
17. Для чего нужен классификатор кинематических структур станков? – См. п. 1.2.4.
18. На какие классы делятся структуры? – См. п. 1.2.4.
19. Как обозначаются кинематические структуры станков? – См. п. 1.2.4.

станок рассматривать как винторезный, то его структура будет С12: имеется одна группа формообразования, создающая сложное двухэлементарное движение. Структура токарно-винторезного станка обозначается по этому наиболее сложному случаю.

Совершенно ясно, что структура, например, П12 не существует (прочерк в таблице), так как если структура простая и состоит из одной группы, то эта группа не может создавать движение, состоящее из двух элементарных движений; поэтому возможны лишь структуры П11, П22, П33. Структуры класса К имеют не менее двух групп (хотя бы одна из них должна быть простой и хотя бы одна – сложной).

1.4. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО АНАЛИЗУ И СИНТЕЗУ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В процессе изучения металлорежущих станков, а также последующей инженерной работы студенту и специалисту придется решать задачи по анализу и синтезу кинематических структур станков. Надо четко уяснить последовательность и методику анализа кинематики станка. Отступление от правильной последовательности анализа подчас приводит к ошибкам, неверным выводам.

Анализ кинематики станка следует начинать не с источника движения (электродвигателей), а с поиска подвижных исполнительных звеньев станка, несущих заготовку и инструмент, и с определения характера их относительного движения.

На рис. 1.8 показана укрупненная схема анализа кинематической структуры станка, а на рис. 1.9 – схема анализа основной части кинематической структуры (включающей группы формообразования, деления и врезания).

Анализ кинематической структуры станка можно производить по кинематической схеме, на которой в отличие от структурной схемы подробно изображаются кинематические связи в виде кинематических цепей с указанием всех передач, вариантов переключений и т. п. (см. ниже КОМ – 2).

Вместе с тем, если имеется для структурного анализа кинематическая схема, то целесообразно по ней составить структурную схему, заменив кинематические цепи условным обозначением внутренних и внешних связей, а коробки скоростей, подач, гитары реверсы и суммирующие механизмы – также упрощенным изображением (см. рис. 1.5). Кинематическая структура токарно-винторезного станка показана на рис. 1.7. Затем можно анализировать кинематические группы формообразования по изложенной выше методике.

Следует, однако, отметить, что на структурной схеме иногда не показываются кинематические группы деления, врезания и почти никогда не показываются группы управления и вспомогательных движений. Поэтому для подробного анализа этих групп можно обратиться к кинематической схеме.

Синтез кинематической структуры следует производить согласно схеме, показанной на рис. 1.10.

1	Определяются кинематические группы формообразования, деления и врезания
2	Производится анализ каждой группы: определяются внутренние, а затем внешние связи и рассматривается настройка исполнительных движений по параметрам
3	Анализируются группы управления и вспомогательных движений

Рис. 1.8. Схема анализа кинематической структуры станка

1	Рассматривается форма образуемой на заготовке поверхности, определяется форма и размеры геометрических производящих линий. Рассматривается форма и протяженность режущих кромок инструмента и решается вопрос, каким методом можно получить каждую из производящих линий – образующую и направляющую и, в конечном итоге, каким методом можно получить данную поверхность
2	Определяется количество движений формообразования в соответствии с методами образования производящих линий. Если процессы деления и врезания осуществляются отдельными движениями, то их добавляют к движениям формообразования, получая полное количество движений. Определяется состав каждого исполнительного движения, составляется условная запись этих движений
3	Определяется класс кинематической структуры в соответствии с классификатором типовых структур
4	Анализируется структура каждой кинематической группы (движения скорости резания, подачи, деления, врезания) – определяются внутренние и внешние связи
5	Анализируется настройка движений по параметрам

Рис. 1.9. Схема анализа основной части кинематической структуры станка

1	Определяются формообразующие и другие исполнительные движения и составляется условная их запись; при этом становится известным количество и виды кинематических групп и класс структуры
2	Определяются и проводятся на схеме внутренние и внешние связи
3	Определяются и наносятся на структурную схему органы настройки

Рис. 1.10. Схема синтеза кинематической структуры станка по заданной кинематике формообразования

Необходимо также учесть, что структурные связи, определяемые при анализе кинематической структуры станка, отличаются от расчетных кинематических цепей, рассматриваемых при анализе кинематической схемы и при настройке станка. Структурные связи — это реальные связи, определяющие требуемое относительное перемещение заготовки и инструмента с целью образования нужных поверхностей. Кинематические же расчетные цепи составляют искусственно для расчета параметров настройки движений. Вопросы кинематической настройки станков составляют содержание другого контролирующе-обучающего модуля.

Более сложной задачей является синтез кинематической структуры станка. Такая задача решается при проектировании нового станка. Синтез можно осуществить по заданной кинематике формообразования: задаются заготовка, инструмент, их исходное положение, указываются их движения. В более сложном случае движения могут быть не заданы, их предварительно требуется определить в соответствии с получаемыми на станке поверхностями.

Поскольку некоторые кинематические группы связаны между собой, то они могут иметь общие участки во внутренних и внешних связях. Изменение параметров этих участков приводит к соответствующим изменениям в двух или трех группах, имеющих общий участок. В то же время изменение параметров участков связей, имеющих отношение только к одной группе, приводит к изменению настройки лишь этой группы. От размещения органов настройки может зависеть необходимость производить перенастройку лишь одного органа или двух, а это оказывает влияние на время настройки.

Все сказанное выше относится и к размещению реверсивных механизмов. Следует, однако, иметь в виду, что иногда вместо реверсивного механизма можно предусмотреть установку паразитного колеса в гитаре сменных колес, а при редких изменениях направления движения вместо реверсивного механизма можно предусмотреть реверсирование электродвигателем.

1.5. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример анализа кинематической структуры винторезного станка (рис. 1.6), по существу, был дан в подразделе 1.2. Следует только добавить, что в станке имеются еще кинематические группы деления, врезания и управления (на схеме не показаны). Группа деления создает исполнительное движение $D (B_3)$. Это движение используется при нарезании на станке многозаходных резьб. После нарезания одной нитки резьбы шпиндель с заготовкой поворачивается на угол $360^\circ/k$ (где k — число заходов резьбы). Поворот производится при разомкнутой внутренней связи. Практически он осуществляется вручную, отсчет угла поворота производится по лимбу с градусными делениями, закрепленному на шпинделе.

Кинематическая группа врезания создает исполнительное движение $Bp(P_4)$. Это перемещение суппорта в поперечном направлении с тем, чтобы обеспечить образование профиля резьбы в соответствии с выбранным числом проходов. Внутренняя связь этого движения представляет собой поступательную пару между суппортом и салазками. Внешняя связь идет от маховичка до винта поперечной подачи. Движение осуществляется вручную; настройка на исходное положение и путь производится по лимбу, по другим параметрам движение не настраивается.

Общая кинематическая структура зубофрезерного станка для нарезания цилиндрических и червячных колес червячными фрезами составляется из ряда частных структур, используемых при конкретных видах обработки. Рассмотрим в качестве примера анализ типовой частной структуры зубофрезерного станка при нарезании цилиндрического колеса с винтовым зубом (рис. 1.11). На структурной схеме показана только формообразующая часть структуры.

Боковая поверхность зуба нарезаемого колеса характеризуется профильной и продольной кривизной. По профилю зуб очерчен

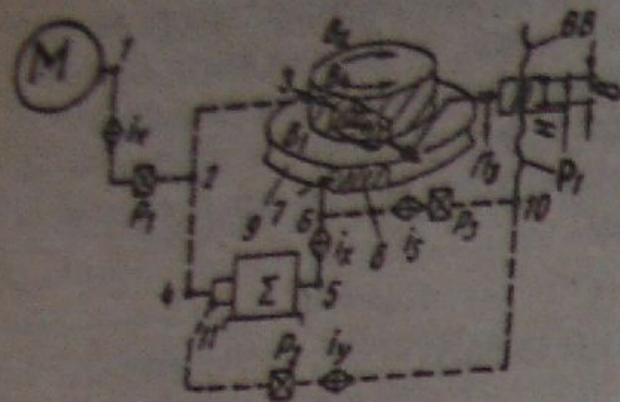


Рис. 1.11. Типовая частная структура зубофрезерного станка при нарезании цилиндрических колес с винтовыми зубьями

эвольвентой, а по длине – винтовой линией. В то же время в основе червячной фрезы лежит образующая рейка, зубья которой имеют прямобочный профиль. Образовать эвольвентный профиль зуба инструментом с прямолинейными режущими кромками можно только по методу обката. Таким образом, метод образования боковой поверхности зуба – обкат и касание.

Для создания образующей линии – эвольвенты в станке необходимо движение формообразования (движение скорости резания, оно же движение обката) – $\Phi_v (B_1 B_2)$. Это же движение является движением деления; за один оборот фрезы (элементарное движение B_1) заготовка должна повернуться на k/z оборота (элементарное движение B_2), где k – число заходов фрезы, а z – число зубьев нарезаемого колеса.

Для образования направляющей производящей линии (винтовой) в станке необходимо создать формообразующее движение подачи $\Phi_s (P_3 B_4)$. Это движение за один оборот заготовки (элементарное движение B_4) обеспечивает перемещение фрезы вдоль оси заготовки на величину шага винтовой линии зуба нарезаемого колеса (элементарное движение P_3).

Таким образом, типовая частная структура зубофрезерного станка состоит в данном случае из двух кинематических групп формообразования: группы движения скорости резания, создающей движение $\Phi_v (B_1 B_2)$, и группы движения подачи, создающей движение $\Phi_s (P_3 B_4)$.

Кинематическая структура зубофрезерного станка относится к классу С24: структура состоит из двух сложных кинематических групп формообразования; общее число элементарных движений – четыре.

Проанализируем теперь каждую кинематическую группу в отдельности.

Группа движения скорости резания имеет внутреннюю связь в виде кинематической цепи между фрезой (движение B_1) и заготовкой (движение B_2): $B_1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow \Sigma \rightarrow 5 \rightarrow i_x \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow B_2$. Внеш-

няя связь идет от электродвигателя M до внутренней связи: $M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow P_1 \rightarrow 2$.

Движение скорости резания в данном случае сложное, с незамкнутой траекторией; настройка его: на траекторию – гитарой i_x , на скорость – гитарой i_v , на направление – реверсом P_1 .

Кинематическая группа подачи имеет внутреннюю связь в виде кинематической цепи между вертикальным ходовым винтом BB и столом с заготовкой: $P_3 \rightarrow BB \rightarrow 10 \rightarrow P_3 \rightarrow i_s \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow B_4$. Внешняя связь идет от электродвигателя M до внутренней связи: $M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow P_1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow \Sigma \rightarrow 5 \rightarrow i_x \rightarrow 6 \rightarrow i_s \rightarrow P_3 \rightarrow 10$.

Движение подачи – сложное с незамкнутой траекторией; настройка его осуществляется по пяти параметрам: на траекторию – гитарой дифференциала i_v и реверсом P_2 (правое или левое направление зуба), на скорость – гитарой продольной подачи i_s , на направление – реверсом P_3 (попутное или встречное фрезерование), на путь – упорами (размер B), на исходное положение – упорами (размер H).

Суммирующий механизм (дифференциал) Σ позволяет складывать два движения, которые получает стол станка (исполнительный орган): движение B_2 , которое входит в состав движения скорости резания $\Phi_v (B_1 B_2)$, настраиваемого из условия: один оборот заготовки соответствует z/k оборотов фрезы, и движение B_4 , которое входит в состав движения подачи $\Phi_s (P_3 B_4)$, настраиваемого из условия: один оборот заготовки соответствует перемещению фрезы на величину P_z шага винтовой линии зуба нарезаемого колеса.

Рассмотрим теперь структурную схему зубофрезерного станка с ЧПУ (рис. 1.12). В этой структуре сохранена лишь одна внутренняя жесткая кинематическая связь между червячной фрезой и столом с заготовкой: $B_1 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \Sigma \rightarrow 4 \rightarrow i_x \rightarrow 5 \rightarrow B_2$. Эта связь обеспечивает формообразующее движение скорости резания $\Phi_v (B_1 B_2)$; настройка его на траекторию производится гитарой i_x (гитара обката и деления). Другие кинематические связи по сравнению со станком без ЧПУ (см. типовую частную структуру на рис. 1.11) заменены на электронные.

Для обработки широкой номенклатуры зубчатых колес станок обеспечивает управляемые от устройства ЧПУ (УЧПУ) следующие координатные перемещения: P_3 – вертикальное перемещение фрезы; P_4 – радиальное перемещение фрезы; P_5 – осевое перемещение фрезы. Внешняя связь – движения скорости резания идет от двигателя до фрезы: $M1 \rightarrow 2 \rightarrow B_1$. Настройка движения скорости резания

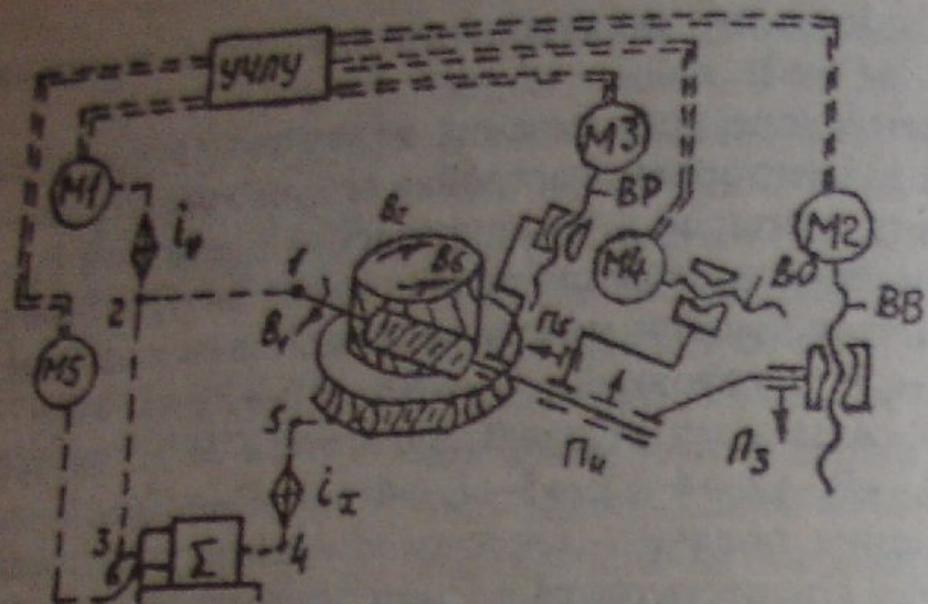


Рис. 1.12. Структурная схема зубофрезерного станка с ЧПУ

на скорость производится звеном i_v (автоматически переключаемая коробка скоростей, обеспечивающая работу привода в оптимальных режимах).

Для всех координатных перемещений используются следящие приводы постоянного тока с высокомоментными двигателями $M1-M5$.

При нарезании на станке цилиндрических колес с винтовыми зубьями можно выделить частную структуру, включающую внутреннюю связь между фрезой и заготовкой (через дифференциал), винт вертикальной подачи BB с приводом от двигателя $M2$. В станке создается формообразующее движение скорости резания $\Phi_v (B_1 B_2)$. Его анализ выполняется аналогично рассмотренному выше для зубофрезерного станка без ЧПУ. Кинематическая группа подачи создает формообразующее движение $\Phi_s (\Pi_3 B_6)$. Внутренняя связь этой группы: $\Pi_3 \rightarrow BB \rightarrow M_2 \rightarrow \text{УЧПУ} \rightarrow M_5 \rightarrow 6 \rightarrow \Sigma \rightarrow 4 \rightarrow i_x \rightarrow 5 \rightarrow B_6$. Движение подачи в данном случае обеспечивает за один оборот заготовки (элементарное движение B_6) перемещение фрезы в вертикальном направлении на величину шага винтовой линии зуба нарезаемого колеса (элементарное движение Π_3). Внутренняя связь — электронная, она обеспечивает согласование движений Π_3 и B_6 с помощью УЧПУ. Внешняя связь группы совпадает с внутренней, поскольку двигатели $M2$ и $M5$ находятся во внутренней связи.

Винты радиальной и осевой подачи (BP и BO) используются в частных структурах при нарезании червячных колес методами радиальной и тангенциальной подачи.

Синтез кинематической структуры станка состоит в разработке структурной схемы по заданной кинематике формообразования. Кинематика формообразования задается в виде относительного расположения заготовки и инструмента с указанием их движений.

Предположим, по заданной кинематике формообразования (рис. 1.13, а) необходимо разработать структурную схему плоскошлифовального станка. На рисунке обозначено: B_1 — вращение шлифовального круга; Π_2 — возвратно-поступательное движение заготовки (продольная подача); Π_3 — движение периодической поперечной подачи.

Для того, чтобы образовать поверхность в данном случае используется метод касания (этим методом получается образующая производящая линия) и следа (этим методом образуется направляющая производящая линия). Для получения образующей производящей линии необходимо два движения формообразования — движение скорости резания $\Phi_v (B_1)$ (это движение определяется вращением шлифовального круга) и движение продольной подачи $\Phi_{s1} (\Pi_2)$ — возвратно-поступательное движение стола 4 с заготовкой 3 (рис. 1.13, б). Соответственно, в станке должны быть созданы две кинематические группы. Группа движения скорости резания имеет внутреннюю связь между шпинделем со шлифовальным кругом и корпусом шлифовальной бабки. Эта группа простая, настройку производят только на скорость, для чего предназначено звено i_v во внешней связи ($M1 \rightarrow 2 \rightarrow i_v \rightarrow 1$).

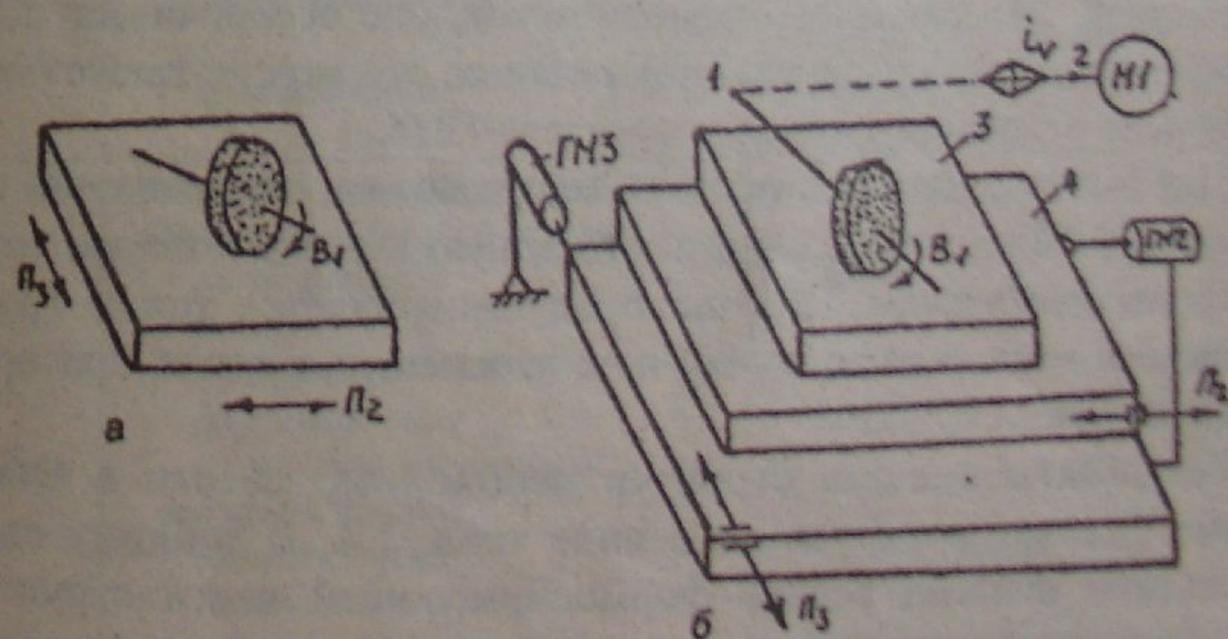


Рис. 1.13. Синтез кинематической структуры плоскошлифовального станка: а — кинематика формообразования; б — структурная схема

Пример анализа кинематической структуры зубофрезерного станка

Номер блока по схеме рис. 1.9	Обрабатываемая деталь	Цилиндрическое зубчатое колесо с винтовым зубом
	Структурная схема	Рис. 1.11
	Анализируемые параметры	Результат анализа
1	Образуемая поверхность: форма поверхности форма производящих линий: образующей направляющей методы получения производящих линий: образующей направляющей	Винтовая Эвольвента Винтовая Обкат Касание
2	Условная запись движения: формообразования: скорости резания подачи деления врезания вспомогательных	$\Phi_V (B_1 B_2)$ $\Phi_S (P_3 B_4)$ Нет Нет На схеме не показаны
3	Класс структуры	C24
4	Структура кинематических групп: группа движения скорости резания: внутренняя связь внешняя связь группа движения подачи: внутренняя связь внешняя связь	$B_1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow \Sigma \rightarrow 5 \rightarrow i_x \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow B_2$ $M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow P_1 \rightarrow 2$ $P_3 \rightarrow BB \rightarrow 10 \rightarrow i_v \rightarrow P_2 \rightarrow 11 \rightarrow \Sigma \rightarrow$ $\rightarrow 5 \rightarrow i_x \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow B_4$ $M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow P_1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow \Sigma \rightarrow 5 \rightarrow i_x \rightarrow$ $\rightarrow 6 \rightarrow i_v \rightarrow P_3 \rightarrow 10$
5	Настройка движений по параметрам: движения скорости резания: на траекторию на путь на скорость на направление на исходное положение движение подачи: на траекторию на путь на скорость на направление на исходное положение	Гитара i_x Нет Гитара i_v Реверс P_1 Нет Гитарой i_v , реверс P_2 Упоры (размер B) Гитара Реверс P_3 Упоры (размер H)

Группа движения продольной подачи имеет внутреннюю связь в виде одной поступательной кинематической пары между столом и поперечными салазками (крестовым суппортом). Привод этой группы можно осуществить от гидродвигателя ГМ2, а настройку – производить с помощью гидропанели. Настройка осуществляется по четырем параметрам (простое движение с незамкнутой траекторией) – на путь, скорость, направление и исходное положение.

Движение поперечной периодической подачи можно создать с помощью группы, внутренняя связь которой представляет собой поступательную пару между крестовым столом и направляющими станины. Внешняя связь этой группы может быть осуществлена от гидродвигателя ГМ3. Настройку движения поперечной подачи можно осуществлять от гидропанели. Группа движения поперечной подачи обеспечивает создание формообразующего движения $\Phi_{s2} (P_3)$ для образования направляющей производящей линии.

Таким образом в станке созданы три кинематические группы формообразования обеспечивающие движения $\Phi_v (B_1)$, $\Phi_{s1} (P_2)$ и $\Phi_{s2} (P_3)$. Следовательно, кинематическая структура станка согласно табл. 1.3, будет ПЗЗ (простая структура, имеющая три простые группы).

На схеме не показана группа движения врезания $Vp(P_4)$. Эта группа простая. Ее внутренняя связь состоит из одной поступательной кинематической пары между корпусом шлифовальной бабки и станиной. Это движение периодическое, оно обеспечивает подачу шлифовального круга на глубину резания; это можно также осуществлять от отдельного электродвигателя ГМ4.

Для быстрых вспомогательных вертикальных перемещений шлифовальной бабки можно создать отдельную кинематическую группу со своим двигателем. Обычно предусматривается также группа, создающая непрерывное поперечное перемещение стола при правке шлифовального круга.

Результаты анализа структур необходимо свести в бланки. Форма бланка представлена в виде табл. 1.4. В таблицу сводят результаты анализа только формообразующей части структуры. При нескольких движениях подач таблица может быть продолжена. В качестве примера в табл. 1.4 сведены результаты анализа структуры, показанной на рис. 1.11.

Задача 1

По рис. 1.14 определить методы образования плоских поверхностей при различных видах обработки плоскостей (то есть указать методы образования образующей и направляющей производящих линий) и записать движения формообразования.

Обозначения: 1 – заготовка; 2 – инструмент; индекс "з" относится к заготовке; "и" – к инструменту.
Литература: [2, с. 43–68].

Задача 2

По рис. 1.15 определить методы образования поверхностей вращения и записать движения формообразования.

Обозначения – как на рис. 1.15.
Литература: [2, с. 43–68].

Задача 3

Проанализировать кинематическую структуру горизонтально-протяжного станка (рис. 1.16).

На рисунке обозначено: 1 – заготовка; 2 – протяжка; 3 – полтун; ГД – гидродвигатель (гидроцилиндр).
Литература: [3, с. 93–94].

Задача 4

Проанализировать кинематическую структуру токарно-карусельного станка (рис. 1.17).

На рисунке обозначено: 1 – планшайба; 2 – стойка; 3 – поперечина; 4 – горизонтальный суппорт; 5 – вертикальный суппорт.
Литература: [3, с. 105–107].

Задача 5

Проанализировать кинематическую структуру горизонтально-фрезерного станка (рис. 1.18).

На рисунке обозначено: 1 – фреза; 2 – стол; 3 – поперечные салазки; 4 – консоль.
Литература: [3, с. 112–113].

Задача 6

Проанализировать кинематическую структуру круглошлифовального станка (рис. 1.19).

На рисунке обозначено: 1 – шлифовальный круг; 2 – стол станка.
Литература: [3, с. 45–46].

Задача 7

Проанализировать кинематическую структуру токарного станка с ЧПУ (рис. 1.20).

На рисунке обозначено: 1 – шпиндель; 2 – суппорт; УЧПУ – устройство числового программного управления.
Литература: [3, с. 395–398].

Задача 8

Проанализировать кинематическую структуру винторезного станка высокой точности с коррекционной линейкой (рис. 1.21).

На рисунке обозначено: 1 – коррекционная линейка.
Литература: [3, с. 255–267].

Задача 9

Проанализировать кинематическую структуру бесцентровошлифовального станка (рис. 1.22, а).

На рисунке обозначено: 1 – деталь; 2 – шлифующий круг; 3 – ведущий круг.
Пояснение: ведущий круг 3 (см. рис. 1.22, б) устанавливается под некоторым углом к шлифующему кругу 2. Скорость ведущего круга $V_{вк}$ раскладывается на две составляющие – скорость обрабатываемой детали V_d (движение B_2) и осевую подачу S (движение $П_1$).

Литература: [3, с. 132–133].

Задача 10

По заданной кинематике формообразования (рис. 1.23) разработать структурную схему вертикально-сверлильного станка.

На рисунке обозначено: 1 – шпиндель; 2 – гильза с нарезанной на ней рейкой; 3 – реечная шестерня.
Литература: [3, с. 107–109; 4, с. 51–53].

Задача 11

По заданной кинематике формообразования (рис. 1.24) разработать структурную схему вертикально-фрезерного станка.

На рисунке обозначено: 1 – стол; 2 – поперечные салазки; 3 – консоль.
Литература: [3, с. 112–113].

Задача 12

По заданной кинематике формообразования (рис. 1.25) разработать структурную схему продольно-фрезерного станка.

На рисунке обозначено: 1 – стол; 2 – червячно-реечная передача; 3–6 – шпиндельные бабки.
Литература: [3, с. 114–116].

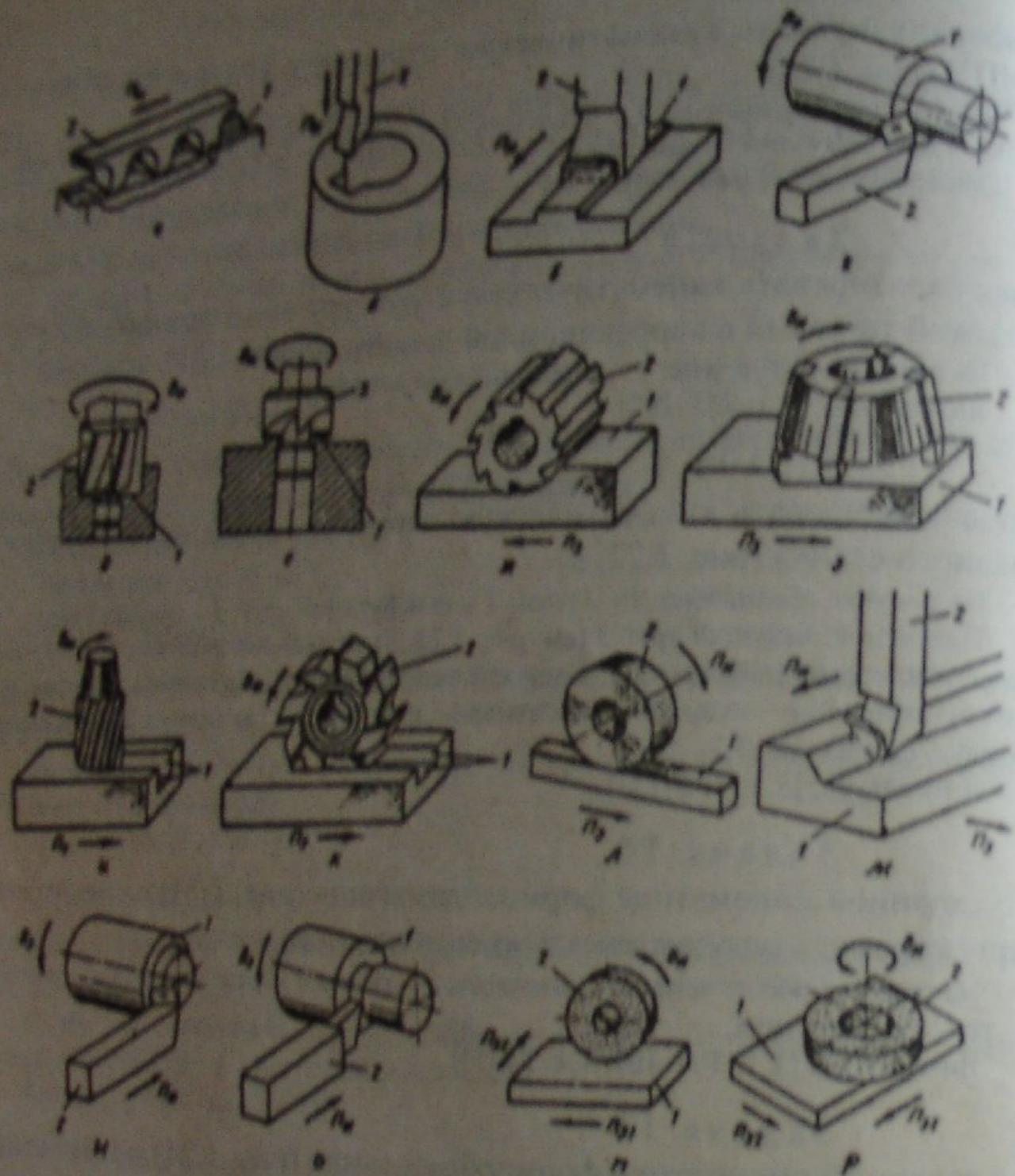


Рис. 1.14. Схемы формообразования плоских поверхностей:
a - протяжкой, *b* - долбежным фасонным резцом, *в* - строгальным резцом, *г* - токарным проходным резцом, *д* - зенковкой, *е* - цевкой, *ж* - цилиндрической фрезой, *з* - торцовой фрезой, *и* - концевой фрезой; *к* - дисковой фрезой, *л* - периферией шлифовального круга, *м* - строгальным резцом, *н* - токарным подрезным резцом, *о* - токарным отрезным резцом, *п* - периферией шлифовального круга, *р* - торцом шлифовального круга, *1* - образуемая на заготовке плоскость, *2* - режущий инструмент

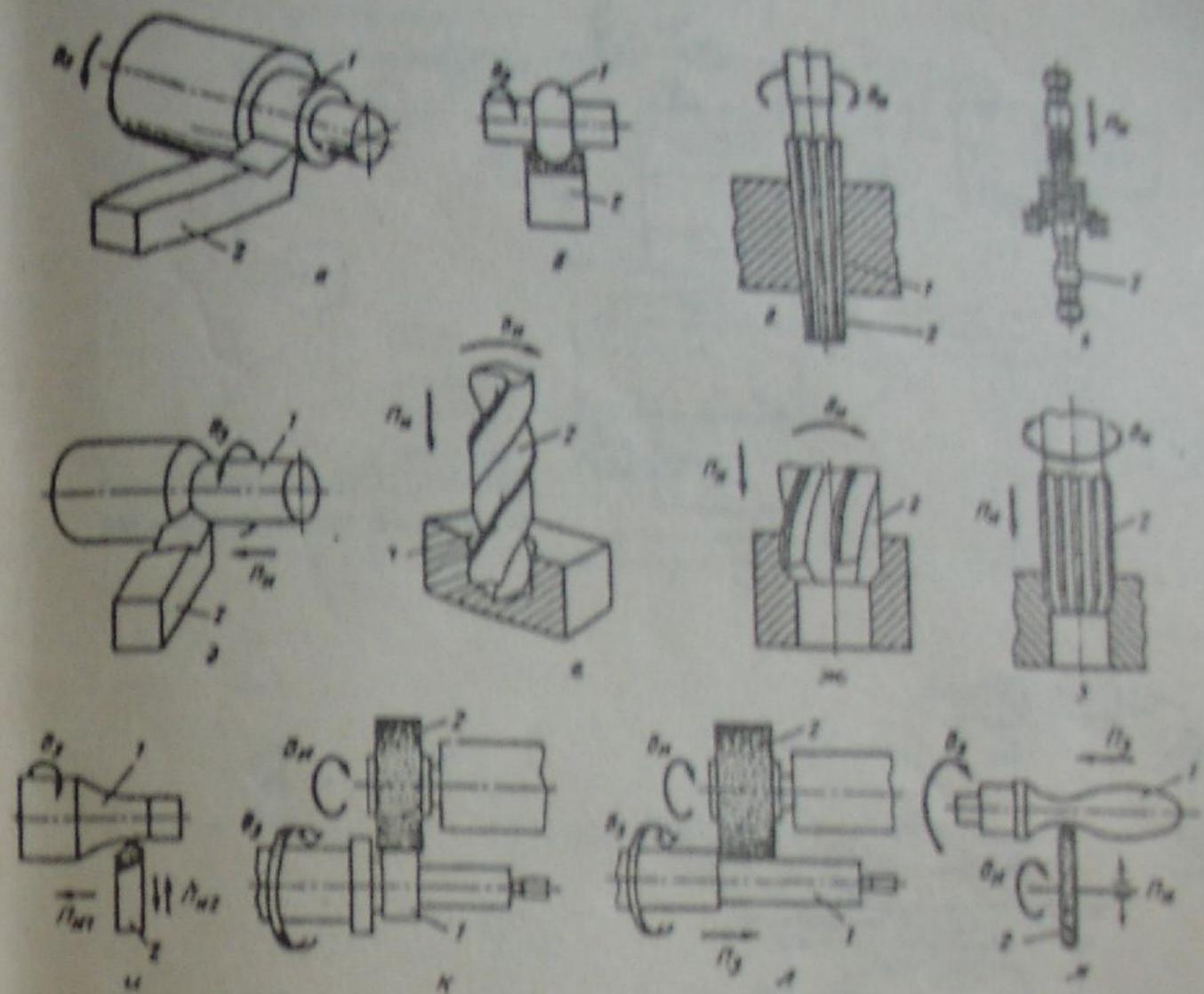


Рис. 1.15. Схемы формообразования поверхностей вращения:
a, б - фасанным резцом, *в* - конической разверткой, *г* - профильной протяжкой, *д* - проходным резцом, *е* - сверлом, *ж* - зенкером, *з* - разверткой, *и* - остроконечным резцом, *к* - периферией профильного шлифовального круга, *л, м* - узким шлифовальным кругом, *1* - образуемая на заготовке поверхность, *2* - режущий инструмент

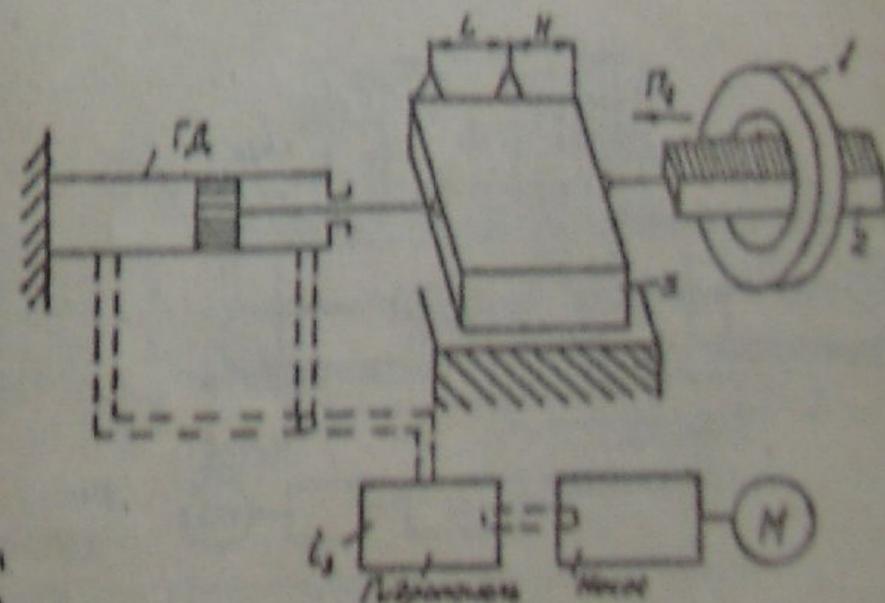


Рис. 1.16. Структурная схема протяжного станка

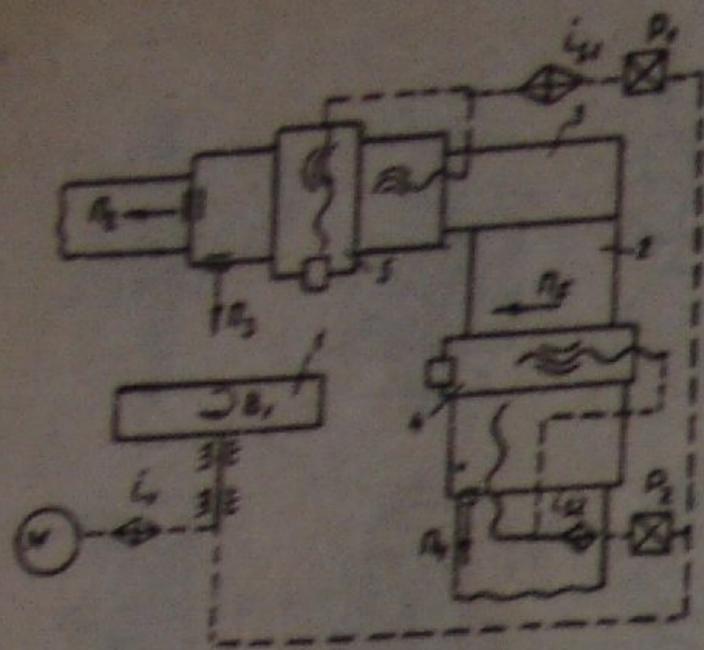


Рис. 1.17. Структурная схема токарно-карусельного станка

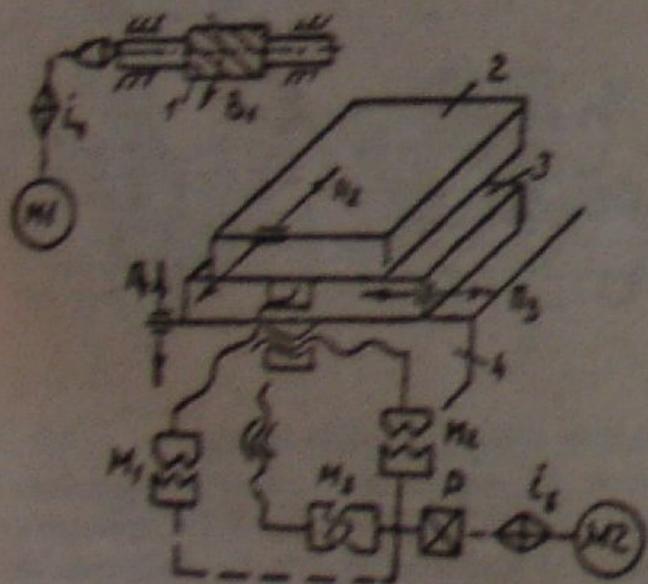


Рис. 1.18. Структурная схема горизонтально-фрезерного станка

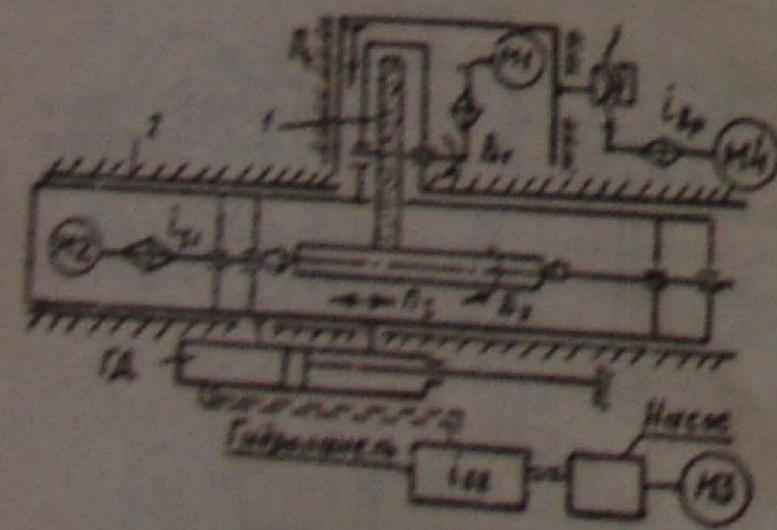


Рис. 1.19. Структурная схема круглошлифовального станка

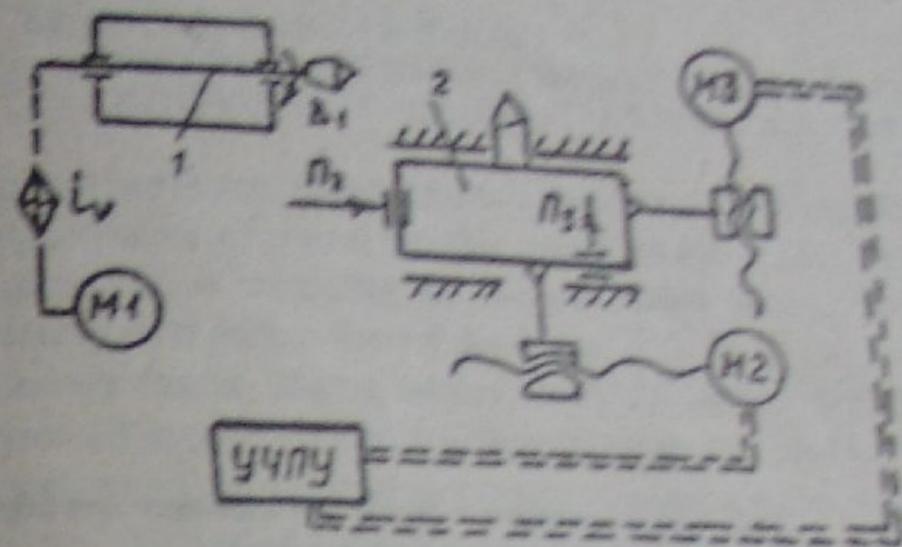


Рис. 1.20. Структурная схема токарного станка с ЧПУ

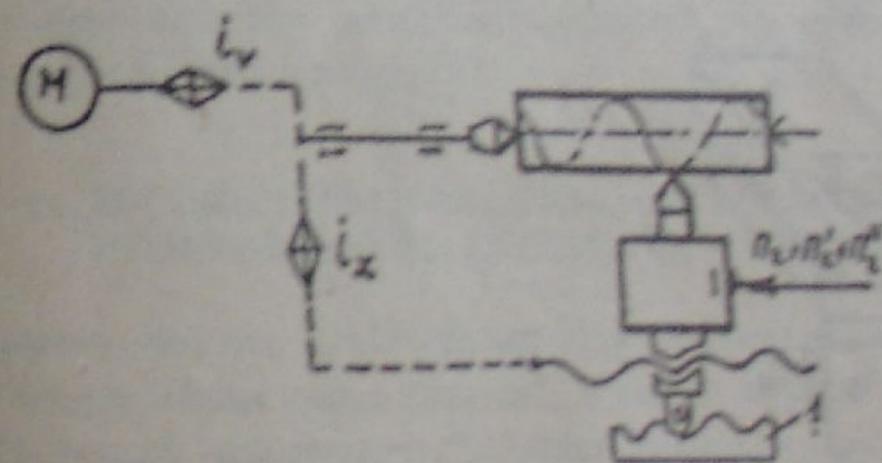


Рис. 1.21. Структурная схема винторезного станка высокой точности

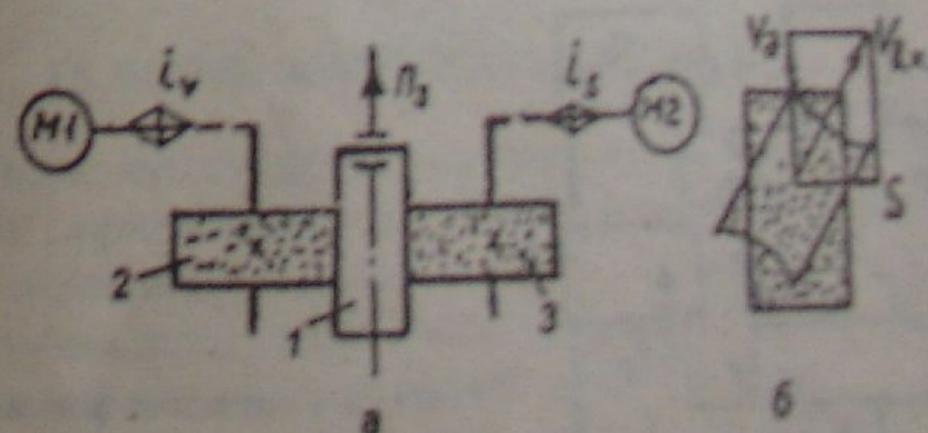


Рис. 1.22. Структурная схема бесцентрово-шлифовального станка

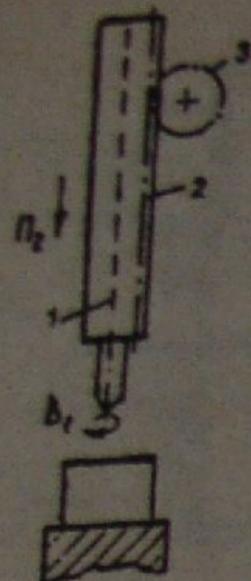


Рис. 1.23. Кинематика формообразования при обработке на вертикально-сверлильном станке

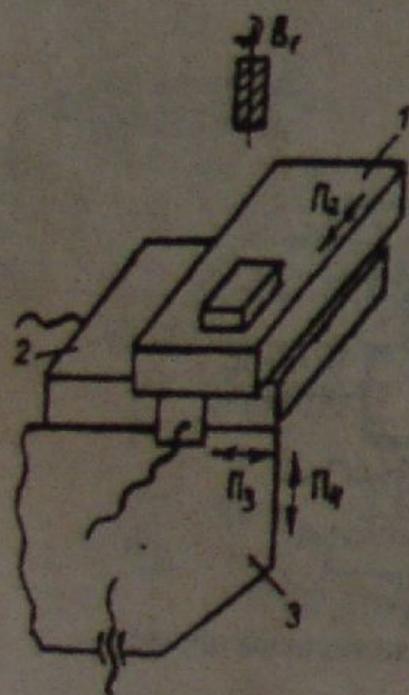


Рис. 1.24. Кинематика формообразования при обработке на вертикально-фрезерном станке

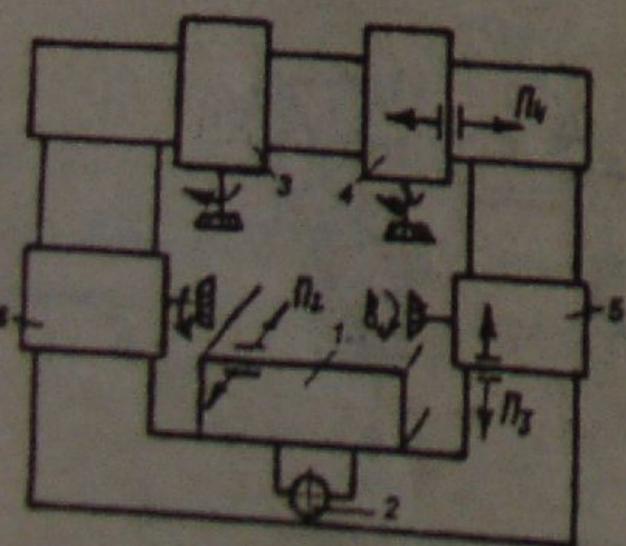


Рис. 1.25. Кинематика формообразования при обработке на продольно-фрезерном станке

1.7. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ДАННОГО КОНТРОЛИРУЮЩЕ-ОБУЧАЮЩЕГО МОДУЛЯ

Для понимания методов образования поверхностей при обработке на металлорежущих станках необходимо знать виды геометрических поверхностей и способы их образования из курса "Начертательная геометрия и инженерная графика".

Необходимо также знать дисциплину "Основы технологии машиностроения". В курсе "Оборудование машиностроительного производства" изложение теоретического материала, относящегося к данному модулю, осуществляется в теме "Кинематика станков". Для изучения данного модуля необходимо знать материал темы "Классификация станков".

Если при решении задачи неясен принцип работы какого-либо станка, то рекомендуется обратиться к учебной литературе. При затруднениях при анализе или составлении структурной схемы можно обратиться к литературе [3].

1.8. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ДЛЯ УСВОЕНИЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО ЗНАНИЕ ДАННОГО МОДУЛЯ

Знание данного модуля необходимо для последующего изучения тем курса "Металлорежущие станки", а также курсов "Резание металлов", "Режущий инструмент", "Автоматизация производственных процессов".

В курсе "Металлорежущие станки" данный модуль используется при изучении разделов, в которых содержится материал по устройству, кинематике и настройке станков.

1.9. ВРЕМЯ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

С учетом того, что студентам читаются лекции по теме "Кинематика станков", ориентировочное время на изучение данного модуля равно (по основным разделам):

- 1) изучение теоретического материала – 4 часа;
 - 2) усвоение методики решения задач – 2 часа;
 - 3) самостоятельное решение задач – 8 часов.
- Таким образом, общее время изучения модуля – 14 часов.

1. Металлорежущие станки / Под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 575 с.
2. Станочное оборудование автоматизированного производства / Под ред. В. В. Бушуева, Т. И. – М.: Изд-во "Станкин", 1993. – 584 с.
3. Федюков А. А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
4. Металлорежущие станки / Н. С. Колес, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ

2.1.1. Между движущимися элементами станка существуют кинематические связи, которые отражают реальное физическое взаимодействие исполнительных органов. Эти связи показываются на структурных схемах. Кинематические связи рассматриваются в КОМ-1.

2.1.2. Важнейшей задачей раздела "Кинематика станков" учебного курса является рассмотрение вопросов кинематической настройки, то есть настройки исполнительных движений по параметрам с целью создания заданного относительного движения заготовки и инструмента.

2.1.3. Данный контролирующие-обучающий модуль предполагает изучение студентами принципов кинематической настройки. Рассматривается кинематика станков с механическими связями, а также механические связи станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Изучение настройки электронных связей станков с ЧПУ является предметом другого КОМ.

2.1.4. Студент должен знать: определение кинематической цепи и кинематической схемы; механизмы, используемые для изменения передаточных отношений кинематических цепей; условные обозначения элементов кинематических схем; принципы настройки кинематических цепей; методы подбора сменных зубчатых колес гитар.

2.1.5. Студент должен уметь: читать кинематические схемы станков; составлять уравнения баланса цепей; практически подбирать сменные зубчатые колеса гитар.

2.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

2.2.1. Материал о кинематических цепях, кинематических схемах и передачах, используемых в станках, можно найти в литературе [1, с. 22–24; 2, с. 35–42; 3, с. 83–124]. Этот материал в кратком изложении также приводится ниже.

2.2.1.1. Кинематическая цепь представляет собой совокупность различных передач, расположенных в определенной последовательности и осуществляющих передачу или взаимосвязь движений между конечными звеньями. Кинематическая цепь может связывать, например, источник движения (электродвигатель) со шпинделем станка или шпиндель с ходовым винтом и т. д.

2.2.1.2. Наибольшее применение в станках получили ременные, цепные, зубчатые, червячные, реечные передачи и передача "винт-гайка".

2.2.1.3. Основным параметром, характеризующим передачу, является передаточное отношение, представляющее собой отношение частоты вращения ведомого вала ($n_{ведом}$) к частоте вращения ведущего вала ($n_{вед}$):

$$i = \frac{n_{ведом}}{n_{вед}} \quad (2.1)$$

Для повышающих передач $i > 1$, для понижающих $i < 1$.

2.2.1.4. Некоторые типы передач и соответствующие передаточные отношения представлены в табл. 2.1. Изображения даны в соответствии с условными обозначениями элементов кинематических схем, предусмотренными стандартом.

Таблица 2.1

Окончание табл. 2.1

Название передачи	Условное изображение на кинематических схемах	Передаточное отношение
Зубчатые: цилиндрическими колесами		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$
коническими колесами		$i = \frac{Z_1}{Z_2}$
винтовыми колесами		$i = \frac{Z_1}{Z_2}$
Червячная передача		$i = \frac{k}{Z_{ч,к}}$
Реечная передача		
Передача винт-гайка: скольжения качения		

Примечание. n_1 и n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого звеньев передачи; z_1 и z_2 – числа зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес или звездочек (для цепной передачи); k – число заходов червяка (в червячной передаче); $z_{ч,к}$ – число зубьев червячного колеса; $Z_{рп}$ – число зубьев реечной шестерни; $P_{хв}$ – шаг ходового винта

Передачи, применяемые в станках

Название передачи	Условное изображение на кинематических схемах	Передаточное отношение
Ременные: плоским ремнем		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$
клиновидным ремнем		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$
Цепные		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$

2.2.1.5. Кинематическая схема станка – это совокупности кинематических цепей, условно изображенных в одной плоскости. Кинематическая схема на основе условных обозначений в упрощенном и развернутом виде показывает расположение и взаимную связь между всеми элементами от источников движения до исполнительных органов станка и между исполнительными органами.

2.2.1.6. Необходимо изучить условные обозначения некоторых элементов кинематических схем, показанные в табл. 2.2 в дополнение к обозначениям передач, представленным в табл. 2.1.

2.2.2. Следующим этапом является изучение основных элементов, используемых для настройки кинематических цепей станков, — механизмов для изменения передаточных отношений и реверсивных механизмов.

2.2.2.1. В связи с изменением параметров обрабатываемых поверхностей, а также изменением режимов резания кинематические цепи должны иметь звенья с изменяемыми передаточными отношениями — органы настройки. С точки зрения эксплуатации наиболее целесообразным является плавное, бесступенчатое изменение передаточного отношения — в этом случае обеспечивается точное соотношение скоростей движения заготовки и инструмента и выбор оптимальных режимов резания. Однако механизмы для бесступенчатого изменения передаточного отношения — вариаторы — сложны по конструкции, имеют другие недостатки, поэтому в большинстве станков применяются механизмы для ступенчатого изменения передаточного отношения. При изучении этих механизмов следует обратить внимание на их особенности, отмеченные ниже. Пример однопарной гитары показан рис. 2.3, а. Передаточное отношение

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}, \quad (2.2)$$

где n_1 и n_2 — частоты вращения, мин^{-1} (об/мин), а Z_1 и Z_2 — числа зубьев шестерен.

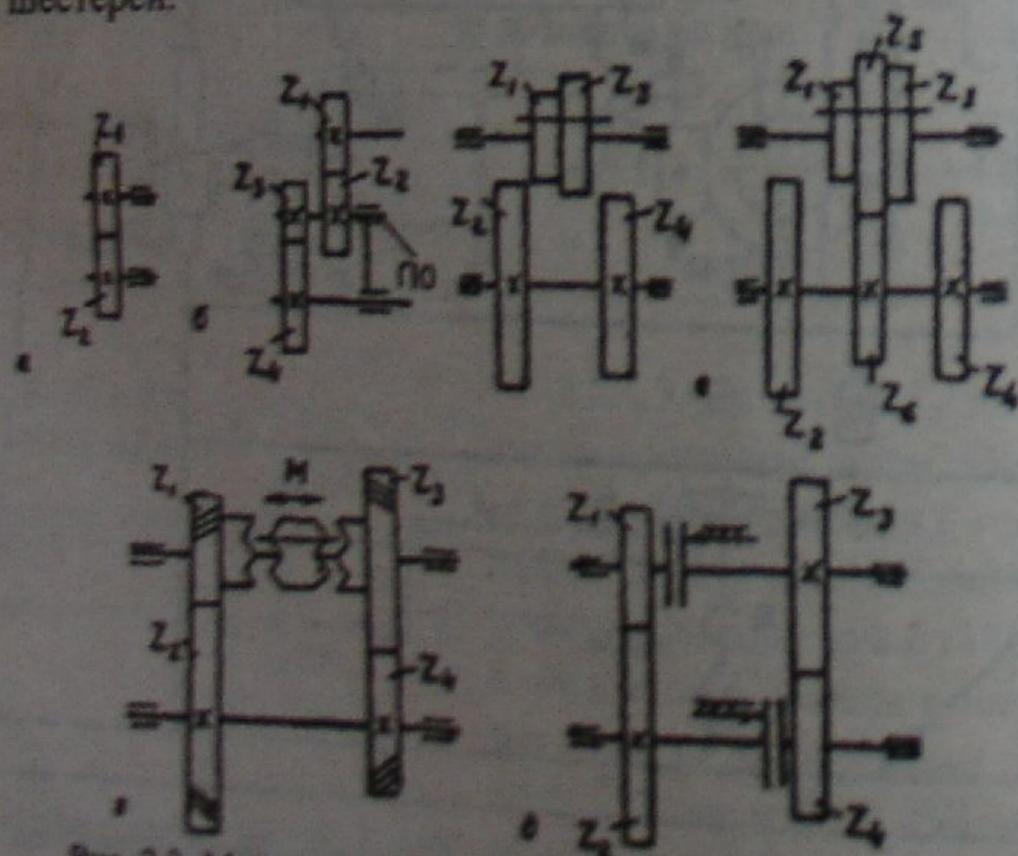


Рис. 2.3. Механизмы для изменения скорости в станках

Обратите внимание на преимущества, недостатки и область применения механизма. Механизм максимально прост, однако требует значительного времени на настройку. Консольное расположение шестерен по скользящей посадке не обеспечивает высокую жесткость и точность центрирования. Сменные колеса применяются обычно при окружных скоростях не более 8 м/с. Сменные колеса могут быть единственным звеном настройки (этот случай может быть рекомендован для цепей станков, предназначенных для массового и крупносерийного производства) или играть роль одной из кинематических групп (рекомендуется для станков, предназначенных для серийного производства, например, токарно-револьверных).

К станкам прилагаются комплекты сменных колес; в некоторых случаях используется одна пара (зубчатые колеса этой пары могут меняться местами).

Гитара сменных колес (рис. 2.3, б) состоит из двух пар колес, ее следует использовать для регулирования скорости в широком диапазоне. Передаточное отношение

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}, \quad (2.3)$$

К станкам прилагаются наборы сменных колес.

Гитара имеет ось ПО, которая перемещается в пространстве до сцепления обеих пар колес, а затем закрепляется в кронштейне. При подборе чисел зубьев сменных колес необходимо, чтобы соблюдалось условие зацепления:

$$\begin{aligned} Z_1 + Z_2 &\geq Z_3 + (15-20); \\ Z_3 + Z_4 &\geq Z_2 + (15-20). \end{aligned} \quad (2.4)$$

Гитара сменных колес широко применяется в приводах делительных цепей и цепей подачи зубообрабатывающих станков.

Механизмы с подвижными блоками (рис. 2.3, в). Применяются двух-, трех- и четырехступенчатые подвижные блоки. Эти механизмы используются в цепях главного движения и в цепях подачи. Передаточные отношения двухступенчатого механизма

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2}; \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}; \quad (2.5)$$

трехступенчатого

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2}; \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}; \quad i_3 = \frac{Z_5}{Z_6}. \quad (2.6)$$

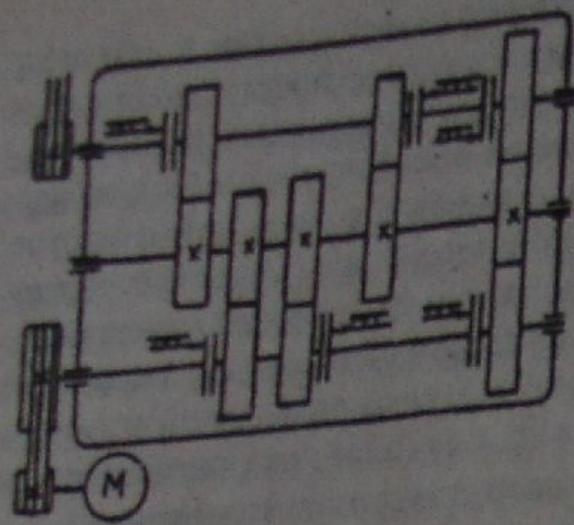


Рис. 2.4. Автоматическая коробка скоростей

ниже по сравнению с механизмами с подвижными блоками, так как в зацеплении постоянно находятся обе пары колес (одна из них вращается вхолостую).

Механизмы с электромагнитными муфтами получили, в частности, широкое распространение в автоматических коробках скоростей (АКС) станков с ЧПУ. Они позволяют осуществлять переключение скоростей от упоров и конечных выключателей и по программе в станках с ЧПУ. Пример АКС показан на рис. 2.4.

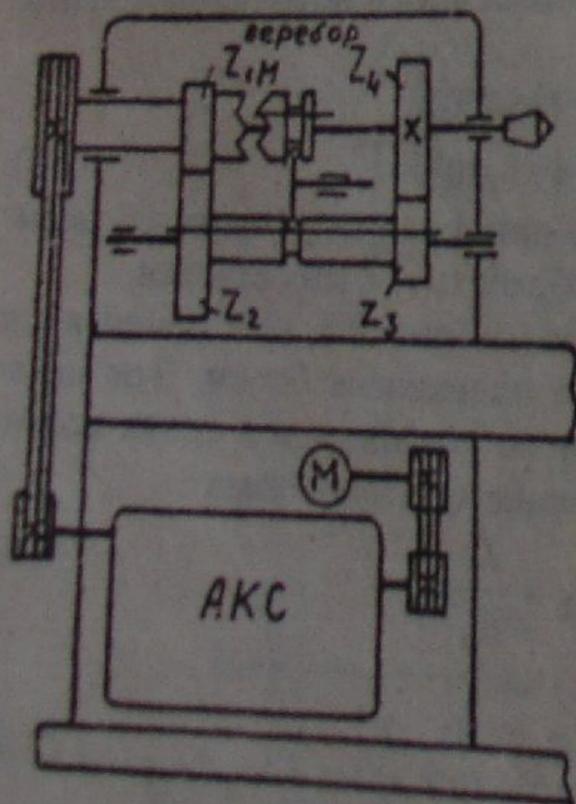


Рис. 2.5. Схема разделенного привода

Механизмы с подвижными блоками имеют высокий КПД, но не позволяют переключать скорости на ходу и использовать косозубые и шевронные колеса.

Механизмы с кулачковыми (рис. 2.3, з) и электромагнитными (рис. 2.3, д) муфтами. Передаточные отношения в обоих случаях

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2}; \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}. \quad (2.7)$$

Данные механизмы позволяют применять косозубые и шевронные колеса, однако КПД их

ниже по сравнению с механизмами с подвижными блоками, так как в зацеплении постоянно находятся обе пары колес (одна из них вращается вхолостую).

Механизмы с электромагнитными муфтами получили, в частности, широкое распространение в автоматических коробках скоростей (АКС) станков с ЧПУ. Они позволяют осуществлять переключение скоростей от упоров и конечных выключателей и по программе в станках с ЧПУ. Пример АКС показан на рис. 2.4.

При изучении кинематических схем студент может встретиться с разделенным приводом, который состоит из собственно коробки скоростей, например, автоматической АКС, и перебора (см. рис. 2.5). При включенной муфте М движение от АКС передается ременной передачей непосредственно на шпиндель. При выключенной муфте движение от АКС передается на шпиндель через передачи $Z_1/Z_2 \cdot Z_3/Z_4$. Таким образом, перебор удваивает число частот, обеспечиваемое собственно коробкой скоростей.

2.2.2.2. При настройке станка обычно необходимо задавать не только соответствующие скорости движений заготовки и инструмента, но и направление движения. Реверсирование (изменение направления движения) может осуществляться переключением направления двигателя, золотника гидросистемы или с помощью механических устройств – реверсивных механизмов – реверсов.

Примеры некоторых типов реверсов показаны на рис. 2.6:

а – реверс с паразитным колесом и подвижным колесом; б – реверс с паразитным колесом и кулачковой муфтой; в – реверс с паразитным колесом и подвижным блоком; г – реверс с паразитным колесом и кулачковой муфтой; д – реверс с составным зубчатым колесом.

В механизмах а–в движение может передаваться двумя путями: парой колес или тремя колесами (включая паразитное колесо Z_0) в зависимости от включения муфта вправо или влево (б) или положения подвижного колеса (а) или блока (в). При передаче вращения через паразитное колесо оба вала будут вращаться в одну сторону, а при передаче вращения через две шестерни – в разные. Принцип действия реверса с составным колесом д основан на том, что зубчатые колеса наружного зацепления вращаются в противоположные стороны, а внутреннего зацепления – в одну сторону. Составное колесо имеет замкнутый зубчатый контур, состоящий из венца внутреннего

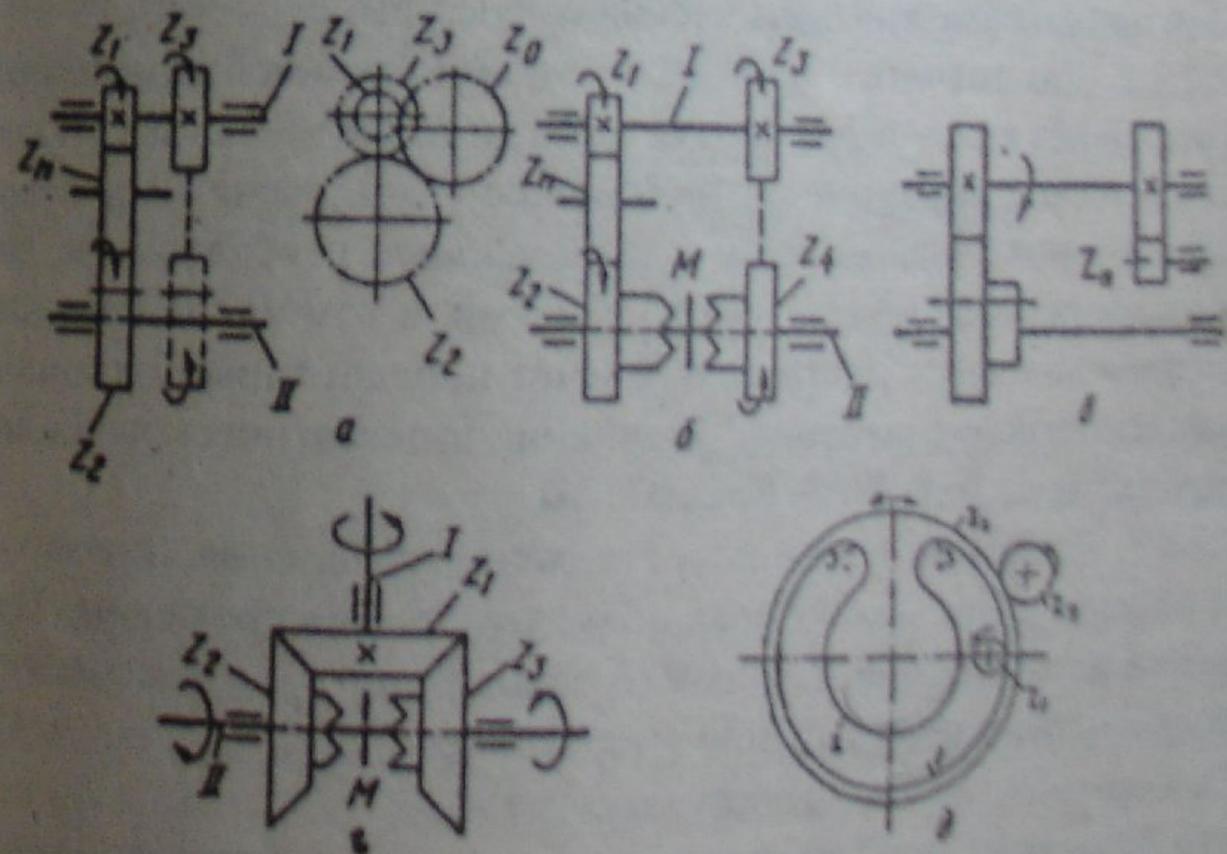


Рис. 2.6. Реверсивные механизмы в станках

зацепления 1, венца наружного зацепления 2 и двух полушестерен внутреннего зацепления 3. Ведущая шестерня Z_1 вращается всегда в одном и том же направлении. Изменение направления вращения составного колеса происходит в момент зацепления шестерни Z_1 с центральными зубьями полушестерен 3. На наружной поверхности составного колеса нарезаны зубья Z_2 , с которыми сцепляется шестерня Z_3 , передающая вращение дальше по цепи.

2.2.2.3. Механизмы для изменения передаточных отношений и реверсивные механизмы описаны в литературе [1, с. 346–348; 5, с. 9–29; 6, с. 18–23].

2.2.3. На данном этапе изучения теоретического материала студент должен понять основные принципы составления уравнений кинематического баланса и вывода формул настройки [1, с. 22–24; 2, с. 35–42; 5, с. 85–89].

2.2.3.1. При анализе кинематических структур станков составляются структурные кинематические цепи, которые соответствуют реальным кинематическим связям в станках (см. КОМ–1). Для определения передаточных отношений звеньев настройки следует научиться составлять расчетные кинематические цепи. Внутренние расчетные цепи, как правило, совпадают с внутренними структурными цепями, соответствующими внутренним кинематическим связям. Внешние расчетные цепи обычно не совпадают с внешними цепями при анализе кинематической структуры.

2.2.3.2. Для расчета кинематической цепи необходимо составить уравнение кинематического баланса, которое представляет собой математическое выражение, отражающее связь расчетных перемещений конечных звеньев цепи и включающее передаточные отношения всех передач между этими звеньями, в том числе передаточное отношение звена настройки. Расчет передаточных отношений звеньев настройки с помощью уравнений кинематического баланса был предложен проф. Г. М. Головиным.

2.2.3.3. Основной принцип составления уравнения кинематического баланса цепи можно пояснить следующим примером. Пусть расчетное перемещение начального звена цепи A_n , а конечного A_k , то есть расчетные перемещения этих звеньев будут A_n соответствует A_k (вместо "соответствует" впредь будем изображать стрелку \rightarrow).

Уравнение кинематического баланса в общем виде рекомендуется тогда записывать так

$$A_k = A_n \cdot C \cdot i, \quad (2.8)$$

где i – передаточное отношение звена настройки (коробки скоростей, коробки подач или гитары сменных шестерен); C – постоянная цепи (зависит от передаточных отношений постоянных передач).

Из уравнения можно найти передаточное отношение звена настройки, то есть получить расчетную формулу настройки кинематической цепи.

2.2.3.4. Если регулирование скорости движения рабочего органа (конечного звена) производится электродвигателем (начальным звеном), то отпадает и необходимость в органе настройки.

2.2.3.5. При настройке кинематических цепей главного движения резания в случае вращательного движения конечного звена расчетные перемещения следует записывать так:

$$n_{эл.дв.}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{шп.}, \text{ мин}^{-1}, \quad (2.9)$$

где $n_{эл.дв.}$ – частота вращения вала электродвигателя;
 $n_{шп.}$ – частота вращения шпинделя.

При настройке станков с главным возвратно-поступательным движением вместо $n_{шп.}$ надо взять n_n (число двойных ходов в минуту, например, ползуна поперечно-строгального станка).

Уравнение кинематического баланса цепи, показанной на рис. 2.1, рекомендуется записать так:

$$n_{шп.} = n_{эл.дв.} \cdot i_p \cdot i_{см} \cdot i_{к.к.п.}, \quad (2.10)$$

где i_p – передаточное отношение ременной передачи,

$$i_p = \frac{D_1}{D_2} \cdot \eta \quad (2.11)$$

(D_1 и D_2 – диаметры шкивов в миллиметрах; η – коэффициент, учитывающий проскальзывание в ременной передаче, принимается $\eta=0,985$);

$i_{см}$ – передаточное отношение сменных зубчатых колес;

$i_{к.к.п.}$ – передаточное отношение постоянной конической пары.

При составлении уравнения следует учитывать, что передаточное отношение цепи равно произведению передаточных отношений составляющих цепей.

Принимая во внимание численные значения параметров, будем иметь

$$n_{\text{шп}} = 1465 \cdot \frac{120}{283} \cdot 0,985 \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{26}{78}$$

Решая уравнение относительно величины $\frac{A}{B}$, получим расчетную формулу настройки цепи:

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{\text{шп}}}{205}$$

Здесь 205 – постоянная цепи.

2.2.3.6. Расчетные перемещения конечных звеньев расчетных цепей подач следует выбирать в зависимости от вида подачи (минутная или на один оборот) и формы траектории движения подачи (линейная или круговая) – см. табл. 2.3.

Таблица 2.3

Расчетные перемещения конечных звеньев расчетных цепей подач

Вид подачи	Линейная	Круговая
Минутная S_m	$n_{\text{шп. зв.}} \cdot \text{мин}^{-1} \rightarrow S_m$ мм перемещения исполнительного звена подачи	$n_{\text{шп. зв.}} \cdot \text{мин}^{-1} \rightarrow n_{\text{шп.}} \cdot \text{мин}^{-1}$ исполнительного звена подачи
На один оборот S_o	1 об. исполнительного звена группы движения скорости резания $\rightarrow S_o$ мм перемещения исполнительного движения подачи	1 об. исполнительного звена группы движения скорости резания $\rightarrow S_o$ мм дугового перемещения исполнительного движения подачи

2.2.3.7. Если движение подачи осуществляется по расчетной кинематической цепи от начального звена, имеющего вращательное движение с частотой n_n , а исполнительное звено совершает прямолинейное движение, то уравнение кинематического баланса в общем виде следует записывать так:

$$S = n_n \cdot I \cdot H, \quad (2.12)$$

где S – подача (S_m или S_o);

$n_n = n_{\text{шп. зв.}}$ или $n_n = 1$ об/мин;

I – передаточное отношение цепи;

H – ход кинематической пары, преобразующей вращательное движение в поступательное.

Для преобразования вращательного движения в поступательное в станках обычно используют реечную передачу или передачу "винт-гайка".

В первом случае

$$H = \pi m z, \quad (2.13)$$

где m – модуль реечной передачи в мм;
 z – число зубьев реечной шестерни.

При использовании передач "винт-гайка"

$$H = k \cdot P_{\text{шп}}, \quad (2.14)$$

где $P_{\text{шп}}$ – шаг ходового винта;
 k – число заходов.

2.2.3.8. Внутренние расчетные кинематические цепи должны связывать вращение заготовки и инструмента с таким соотношением скоростей, которое обеспечивает получение требуемой формы обрабатываемой поверхности.

При нарезании резьбы на токарно-винторезном станке подача суппорта должна быть численно равна шагу резьбы, поэтому расчетные перемещения конечных звеньев винторезной цепи запишутся так:

1 об. шпинделя $\rightarrow P_n$ перемещению суппорта (P_n – шаг нарезаемой резьбы).

При нарезании цилиндрического зубчатого колеса на зубофрезерном станке расчетные перемещения –

1 об. червячной фрезы $\rightarrow (k/z)$ об. заготовки

(z – число зубьев нарезаемого колеса, k – число заходов червячной фрезы).

При нарезании цилиндрического зубчатого колеса на зубодолбежном станке расчетные перемещения конечных звеньев цепи деления

$$1 \text{ об. долбяка} \rightarrow \left(\frac{z_{\text{долбяка}}}{z_{\text{заготовки}}} \right) \text{ об. заготовки.}$$

Таким образом, при настройке внутренних кинематических цепей зубообрабатывающих станков, связывающих заготовку и инструмент, одному обороту начального звена соответствует число оборотов конечного звена, равное передаточному отношению между звеньями.

При осевом перемещении инструмента, в основе которого лежит производящая рейка (например, червячной фрезы) расчетные перемещения относят к произвольному перемещению (L) инструмента:

$$L \text{ инструмента} \rightarrow \left(\frac{L}{\pi \cdot m \cdot z} \right) \text{ оборота заготовки}$$

(m и z – модуль и число зубьев нарезаемого колеса).

2.2.4. Следует различать понятия "настройка" и "наладка" станка. Настройка состоит в кинематической подготовке станка для выполнения заданной операции. Настройка может осуществляться изменением передаточных отношений цепей между исполнительными органами станка и другими элементами с помощью механических устройств; изменением частот вращения валов электродвигателей; с помощью элементов гидравлических систем; заданием требуемых скоростей движения исполнительных органов с помощью программы и корректирующих устройств системы числового программного управления (ЧПУ).

Наладка станка состоит в установке и выверке заготовки и инструмента, смазке станка, подводе смазочно-охлаждающей жидкости и т. д.

2.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой кинематическая цепь? – См. п. 2.2.1.1.
2. Какие передачи получили наибольшее распространение в станках? – См. п. 2.2.1.2.
3. Что такое передаточное отношение передачи? – См. п. 2.2.1.3.
4. Что представляет собой кинематическая схема станка? – См. п. 2.2.1.5.
5. Как обозначаются элементы кинематических схем? – См. табл. 2.2, 2.1.
6. Какие механизмы применяются для изменения передаточных отношений кинематических цепей? Дайте их краткую характеристику. См. п. 2.2.2.1.
7. Из каких элементов состоит разделенный привод? – См. рис. 2.5.
8. Какие реверсивные механизмы используются в станках? – См. п. 2.2.2.2.
9. Как составляется уравнение кинематического баланса? – См. п. 2.2.3.
10. Что такое расчетные перемещения конечных звеньев кинематической цепи? – См. п. 2.2.3.6 – 2.2.3.8.
11. Что такое настройка и наладка станка? – См. п. 2.2.4.

2.4. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ (С ПРИМЕРАМИ)

2.4.1. Предлагаемые в разделе задачи для самостоятельной работы предполагают решение одного из следующих вопросов:

- 1) определение числа скоростей или подач, обеспечиваемых соответствующими коробками, по кинематической схеме;
- 2) составление уравнений кинематического баланса по кинематической схеме станка и определение конкретных значений частот вращения шпинделя и подач;
- 3) подбор сменных зубчатых колес гитар;
- 4) кинематическую настройку цепей металлорежущих станков.

2.4.2. Для определения числа скоростей, обеспечиваемого коробкой скоростей, следует последовательно переходить от электродвигателя (как правило, односкоростного) к последующим валам, последним из которых является шпиндель. Так, например, число скоростей вертикально-сверлильного станка, показанного на рис. 2.2, можно определять на основе следующего рассуждения. Вал электродвигателя I имеет одну скорость вращения ($n=1420 \text{ мин}^{-1}$). Вал II, получающий вращение через постоянную передачу $27/27$, также имеет одну скорость. Между валами II и III три различных передачи (тройной блок на валу II имеет три положения). Следовательно, вал III имеет три скорости. Между валом III и шпинделем IV три передачи (подвижный блок на шпинделе имеет три положения). Таким образом, шпиндель имеет

$$3 \cdot 3 = 9 \text{ скоростей.}$$

2.4.3. Для определения числа подач станка (рис. 2.2) необходимо рассмотреть передачу движения от шпинделя VI через коробку подач к рейке, нарезанной на гильзе шпинделя. При одной скорости вращения шпинделя вал VII имеет одну скорость; вал VIII получает три различные частоты вращения; между валами VIII и IX две передачи (двойной блок на валу IX имеет два возможных положения), поэтому

$$3 \cdot 2 = 6 \text{ частот.}$$

Далее до гильзы идут постоянные передачи. Таким образом, шпиндель, перемещающийся вместе с гильзой в вертикальном направлении, имеет шесть подач.

2.4.4. Составление уравнений кинематического баланса рассмотрим на примере вертикально-сверлильного станка мод. 2Н118 (рис. 2.2)

2.4.4.1. Конечные звенья кинематической цепи главного движения – электродвигатель и шпиндель станка. Расчетные перемещения конечных звеньев:

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

Уравнение кинематического баланса

$$n_{шп} = 1420 \cdot \frac{27}{27} \cdot i_{сх 1-9}, \text{ мин}^{-1}$$

или, с учетом значений передаточных отношений коробки скоростей, –

$$n_{шп} = 1420 \cdot \frac{27}{27} \cdot \begin{array}{|c|} \hline 24 \\ \hline 44 \\ \hline 27 \\ \hline 38 \\ \hline 33 \\ \hline 33 \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline 15 \\ \hline 64 \\ \hline 33 \\ \hline 47 \\ \hline 54 \\ \hline 26 \\ \hline \end{array} \text{ мин}^{-1}$$

На основе приведенной записи можно составить девять уравнений для определения конкретных значений частот вращения. Например, минимальную частоту получим, если возьмем в каждой из колонок минимальное передаточное отношение, то есть

$$n_{шп \text{ мин}} = 1420 \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{24}{44} \cdot \frac{16}{64} = 194 \text{ мин}^{-1}$$

2.4.4.2. Конечные звенья кинематической цепи подачи – шпиндель и рейка (нерезаная на гильзе, в которой смонтирован шпиндель). Это следует из определения подачи: перемещение шпинделя за один его оборот.

Расчетные перемещения конечных звеньев:

$$1 \text{ об.шп} \rightarrow S, \text{ мм/об (величина подачи)}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$S = 1 \text{ об.шп} \cdot \frac{22}{42} \cdot i_{сх 1-6} \cdot \frac{17}{44} \cdot \frac{1}{60} \cdot \pi m z_{рк}$$

или, с учетом значений передаточных отношений коробки подач, –

$$S = 1 \text{ об.шп} \cdot \frac{22}{42} \cdot \begin{array}{|c|} \hline 24 \\ \hline 24 \\ \hline 20 \\ \hline 28 \\ \hline 16 \\ \hline 32 \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline 19 \\ \hline 35 \\ \hline 32 \\ \hline 21 \\ \hline \end{array} \cdot \frac{17}{44} \cdot \frac{1}{60} \pi m z_{рк}$$

В приведенных уравнениях $m=2,5$ мм – модуль рейки, нарезанной на гильзе шпинделя; $z_{рк} = 14$ – число зубьев реечного колеса. Определим в качестве примера минимальное значение подачи:

$$S_{\text{мин}} = 1 \cdot \frac{22}{42} \cdot \frac{16}{32} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{17}{44} \cdot \frac{1}{60} \cdot \pi \cdot 2,5 \cdot 14 = 0,1 \text{ мм/об}$$

2.4.5. Студент должен научиться подбирать сменные колеса гитар различными способами [3, с. 89–92; 5, с. 11–13; 6, с. 106–112].

2.4.5.1. Подбор сменных колес гитар производится для обеспечения передаточного отношения, которое определяется расчетной формулой, полученной из уравнения кинематического баланса. Существуют различные способы подбора сменных колес; выбор способа зависит от назначения гитары, ее конструкции, требований к точности данного передаточного отношения и прилагаемого к станку набора сменных зубчатых колес.

2.4.5.2. При подборе сменных колес часто необходимо бывает определить абсолютную i или относительную Δ погрешности передаточного отношения. Абсолютная погрешность представляет собой разность между полученным в результате подбора сменных колес i_1 и заданным i передаточными отношениями:

$$\Delta = i_1 - i \tag{2.15}$$

Относительная погрешность есть отношение абсолютной погрешности к заданному передаточному отношению:

$$\delta = \frac{\Delta}{i} = \frac{i_1 - i}{i} \tag{2.16}$$

Иногда, например, при настройке винторезных цепей следует определять суммарную погрешность как произведение относительной погрешности на длину L обрабатываемой детали:

$$\Delta L = \delta \cdot L$$

2.4.5.3. Для решения задач необходимо использовать наборы сменных колес, прилагаемые к станкам. Количество колес в наборе может быть различным, в зависимости от назначения гитары: чем точнее должна быть настройка, тем больше колес в наборе. Получили распространение следующие наборы:

1) пятковый, состоящий из колес с числами зубьев, кратными пяти (20, 25, 30, 35 и так далее через пять зубьев до 120); кроме того, в набор включают колеса, имеющие 47, 97, 127 и 157 зубьев;

2) четный, состоящий из колес с числами зубьев, кратными четырем (20, 24, 28, 32 и так далее через четыре зуба до 80), с дополнительными колесами (теми же, что и в пятковом наборе);

3) нормальные комплекты, рекомендуемые для станков различных групп: для токарных — $z = 20, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 68, 70, 71, 72, 75, 76, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 113, 120, 127$; для фрезерных — $z = 20, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100$; для зубообрабатывающих и затылочных станков рекомендуются наборы, включающие колеса с числами зубьев от 20 до 105 (через один зуб) и дополнительно для зубообрабатывающих станков — $z = 110, 113, 115, 120, 127$ и для затыловочных — $z = 108, 110, 112, 113, 120, 127$. Для станков других типов рекомендуется комплектование наборов сменных колес из общего ряда с $z = 20, 21, 22, 23$ и так далее до 127);

4) специальные наборы, комплектуемые из различного числа зубчатых колес с различными числами зубьев специально для станков определенного типа (автоматов, полуавтоматов и др.). Например, для настройки гитары круговых подач зубодолбежного полуавтомата мод. 5122 используется набор сменных колес с числами зубьев 26, 31, 36, 41, 44, 47, 53, 56, 59, 64, 69, 74. Колеса устанавливаются попарно, так, что сумма чисел зубьев равна 100: 26 и 74 или 31 и 69 и т. д.

2.4.5.4. Необходимо освоить точные и приближенные способы подбора сменных колес гитар. Абсолютно точно должны подбираться, например, сменные колеса гитар деления зубообрабатывающих станков. Гитары обката этих же станков могут подбираться приближено, так, чтобы обеспечить передаточное отношение с точностью до 5–6 знаков после запятой. Гитары скорости резания и подачи можно подбирать с меньшей точностью.

2.4.5.5. Способ разложения числителя и знаменателя на простые множители обеспечивает точный подбор сменных колес. Если, например, на зубофрезерном станке необходимо нарезать колесо с числом зубьев $z = 72$ однозаходной червячной фрезой ($k = 1$), то передаточное отношение гитары деления и обката определяется по расчетной формуле настройки так:

$$i_x = \frac{24k}{z} = \frac{24 \cdot 1}{72}$$

Раскладывая числитель и знаменатель на простые множители и умножая на некоторое число (в данном примере — 10) будем иметь:

$$i_x = \frac{24}{72} = \frac{6 \cdot 4}{8 \cdot 9} = \frac{60}{80} \cdot \frac{40}{90}$$

Сменные колеса $z_1 = 60$; $z_2 = 80$; $z_3 = 40$; $z_4 = 90$.

2.4.5.6. Способ замены часто встречающихся чисел приближенными значениями состоит в том, что встречающиеся в формулах для определения передаточных отношений гитар некоторых станков величины π и 25,4 приближенно заменяются дробями (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Таблица для замены некоторых чисел приближенными дробями

25,4	π	$\pi / 25,4$	$25,4\pi$
$\frac{127}{5} (0,0)$	$\frac{22}{7} (0,4)$	$\frac{47}{4 \cdot 95} (0,01)$	$\frac{22 \cdot 127}{7 \cdot 5} (0,4)$
$\frac{18 \cdot 24}{17} (0,45)$	$\frac{33 \cdot 27}{25 \cdot 11} (0,07)$	$\frac{5 \cdot 19}{32 \cdot 24} (0,1)$	$\frac{21 \cdot 19}{5} (0,05)$
$\frac{40 \cdot 40}{7 \cdot 7} (0,12)$	$\frac{19 \cdot 21}{127} (0,04)$	$\frac{12}{97} (0,21)$	$\frac{10 \cdot 17 \cdot 23}{7 \cdot 7} (0,01)$
$\frac{11 \cdot 30}{13} (0,61)$	$\frac{8 \cdot 97}{13 \cdot 19} (0,03)$	$\frac{22 \cdot 5}{7 \cdot 127} (0,4)$	$\frac{27 \cdot 65}{2 \cdot 11} (0,3)$
	$\frac{13 \cdot 29}{4 \cdot 30} (0,02)$	$\frac{23}{6 \cdot 31} (0,23)$	$\frac{30 \cdot 125}{47} (0,11)$

Примечание. В скобках указаны неточности линейного перемещения в миллиметрах на 1 м длины.

2.4.5.7. Способ непрерывных дробей состоит в том, что отношение любых чисел может быть выражено в виде непрерывной дроби вида

$$\frac{A}{B} = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{a_3 + \dots + \frac{1}{a_{n-1} + \frac{1}{a_n}}}}$$

где $a_0; a_1; a_2; a_3; \dots; a_{n-1}; a_n$ — частные от деления, полученные следующим образом: сначала A делится на B , получается a_0 , затем B делится на остаток от первого деления, получается a_1 , и так далее, каждый предыдущий остаток делится на последующий до тех пор, пока в остатке не получится нуль. Для правильных дробей ($A < B$): $a_0 = 0$.

В полученной таким образом непрерывной дроби a_0 является наиболее грубым приближением; более точным —

$$a_0 + \frac{1}{a_1} = \frac{a_0 a_1 + 1}{a_1} \quad (2.17)$$

добавление каждого последующего члена — более точное приближение. Начиная с третьего члена непрерывной дроби, все последующие приближенные значения подсчитываются по формуле

$$\frac{A_i}{B_i} = \frac{A_{i-1} a_i + A_{i-2}}{B_{i-1} a_i + B_{i-2}} \quad (2.18)$$

где A_i и B_i — подсчитываемые значения числителя и знаменателя приближенной дроби;

$A_{i-1} a_i + A_{i-2}$ и $B_{i-1} a_i + B_{i-2}$ — предыдущие значения числителя и знаменателя.

После подсчета всех приближенных значений $\frac{A_i}{B_i}$ выбирают наи-

более точное из числа дающих возможность подобрать сменные колеса.

2.4.5.8. Практическое использование способа непрерывных дробей для подбора сменных колес рассмотрим на примере. Пусть необходимо подобрать сменные колеса для обеспечения передаточного отношения $\frac{A}{B} = \frac{223}{137}$. Выполним деление согласно п. 2.4.5.7:

	223	137
	137	86
	86	51
	51	35
	35	16
	16	3
	3	1
	0	3

Далее следует составить таблицу:

	1	1	1	1	2	5	3
0	1	1	2	3	5	13	223
1	0	1	1	2	3	8	137
	1	1	1	1	2	5	3

Число горизонтальных строк должно быть четыре; число вертикальных столбцов должно быть равно числу результатов от деления (в данном примере результаты: 1, 1, 1, 1, 2, 5, 3, то есть количество результатов — семь, значит и столбцов должно быть семь). В верхней и нижней строках записывают результаты от деления. Слева к таблице пристраивается:

при $A > B$

0	1
1	0

; при $A < B$

1	0
0	1

Для того, чтобы получить третье число второй строки, надо первое число первой строки умножить на второе число второй строки и прибавить первое число второй строки:

$$1 \cdot 1 + 0 = 1.$$

Для получения четвертого числа второй строки надо второе число первой строки умножить на третье число второй строки и прибавить второе число второй строки:

$$1 \cdot 1 + 1 = 2$$

и т. д. Последнее значение второй строки должно соответствовать значению A , то есть 223.

Для получения третьего числа третьей строки необходимо первое число нижней строки умножить на второе число третьей строки и прибавить первое число третьей строки, то есть

$$1 \cdot 0 + 1 = 1$$

и так далее до получения последнего значения — 137.

Самое точное значение дроби — $\frac{223}{137}$, менее точное $\frac{70}{43}$, еще меньшую точность обеспечивает значение $\frac{13}{8}$ и так далее; самое

грубое приближение будет $\frac{1}{1}$.

Величину передаточного отношения можно определять также, беря попарно любые числа из второй и третьей строк и прибавляя или отнимая от них любую пару других чисел. Например,

$$\frac{A}{B} \approx \frac{223 + 3}{137 + 2} \approx \frac{223 - 3}{137 - 2} = \frac{220}{135}$$

2.4.5.9. Табличные способы позволяют достаточно просто и быстро приближенно подбирать сменные колеса в соответствии с передаточным отношением.

2.4.5.10. В простейшем случае подбор осуществляется по таблицам, содержащим небольшое количество передаточных отноше-

ний и числа зубьев соответствующих колес (таблицы содержатся в руководстве по настройке станка).

2.4.5.11. Логарифмический способ основан на том, что находят логарифм передаточного отношения и по таблицам В. А. Шишкова определяют соответствующие числа зубьев сменных колес.

2.4.5.12. Существуют таблицы [9, 10], содержащие передаточные отношения (с точностью до седьмого знака после запятой) и соответствующие числа зубьев колес. Подбор колес по таким таблицам является достаточно простым и точным. По таблицам справочника [11] десятичные дроби заменяются простыми, а затем они преобразуются в различные наборы сменных колес.

2.4.5.13. Расчет сложных двухпарных гитар (например, гитар дифференциальных цепей зубофрезерных станков) может производиться на ЭВМ.

2.4.6. Схема кинематической настройки цепей металлорежущих станков представлена на рис. 2.7.

1	Определяются конечные звенья кинематических цепей (по кинематической схеме)
2	Записываются расчетные перемещения конечных звеньев
3	Составляется уравнение кинематического баланса (по кинематической схеме)
4	Из уравнения кинематического баланса получают формулу для определения передаточного отношения звена настройки
5	Решается вопрос о подборе сменных колес в зависимости от требуемой точности и дополнительных указаний
6	Проверяется условие зацепления

Рис. 2.7. Схема кинематической настройки цепей станков

Задачи по кинематической настройке станков носят комплексный характер. В полной мере они соответствуют, например, настройке сложных цепей зубообрабатывающих станков и могут быть решены после изучения соответствующих КОМ. В данном же модуле студентам предлагается решение отдельных элементов этих задач.

2.4.7. Список задач для самостоятельного решения приводится в подразделе 2.5. При затруднениях, возникающих в процессе решения задач, рекомендуется обращаться к другим подразделам пособия (в дальнейшем – П) и к литературе (в дальнейшем – Лит.): по задачам 1–5 – П, п. 2.2.2, 2.2.3, 2.2.2.1, 2.4.2. Описание станка мод. 2Н135 см. в Лит. [7]; по задачам 6, 7 – П, п. 2.2.2; по задачам 8–11 – П, п. 2.2; Лит. [7]; по задачам 12–14 – П, п. 2.4.5; Лит. [1, 5, 7].

2.4.8. При решении задач 8–11 следует учитывать следующие особенности станка мод. 16К20Ф3С5:

1) на станке имеется автоматическая коробка скоростей (АКС) с переключением передач по программе. Кроме того, в передней бабке рукоятками можно переключать колесо $z = 45$ и блок $B1$ на шпиндель; при этом обеспечивается три диапазона частот (внутри каждого диапазона скорость меняется переключением электромагнитных муфт);

2) станок может иметь шаговый гидроэлектропривод подачи (двигатели $M2, M3$ и гидроусилители моментов ГУМ) – показано на рис. 2.9, а, при этом от одного импульса вал шагового двигателя поворачивается на $1,5^\circ$, то есть выходной вал ГУМ поворачивается на $1/240$ оборота; в другом варианте станок может иметь привод подачи от высокомоментного электродвигателя (регулируемого) – $M4$ – см. рис. 2.9, б.

2.5. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1

Определить число скоростей, обеспечиваемых коробкой скоростей вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135 (рис. 2.8).

Задача 2

Записать уравнение кинематического баланса цепи движения скорости резания и определить минимальную и максимальную частоты вращения шпинделя станка мод. 2Н135 (рис. 2.8)

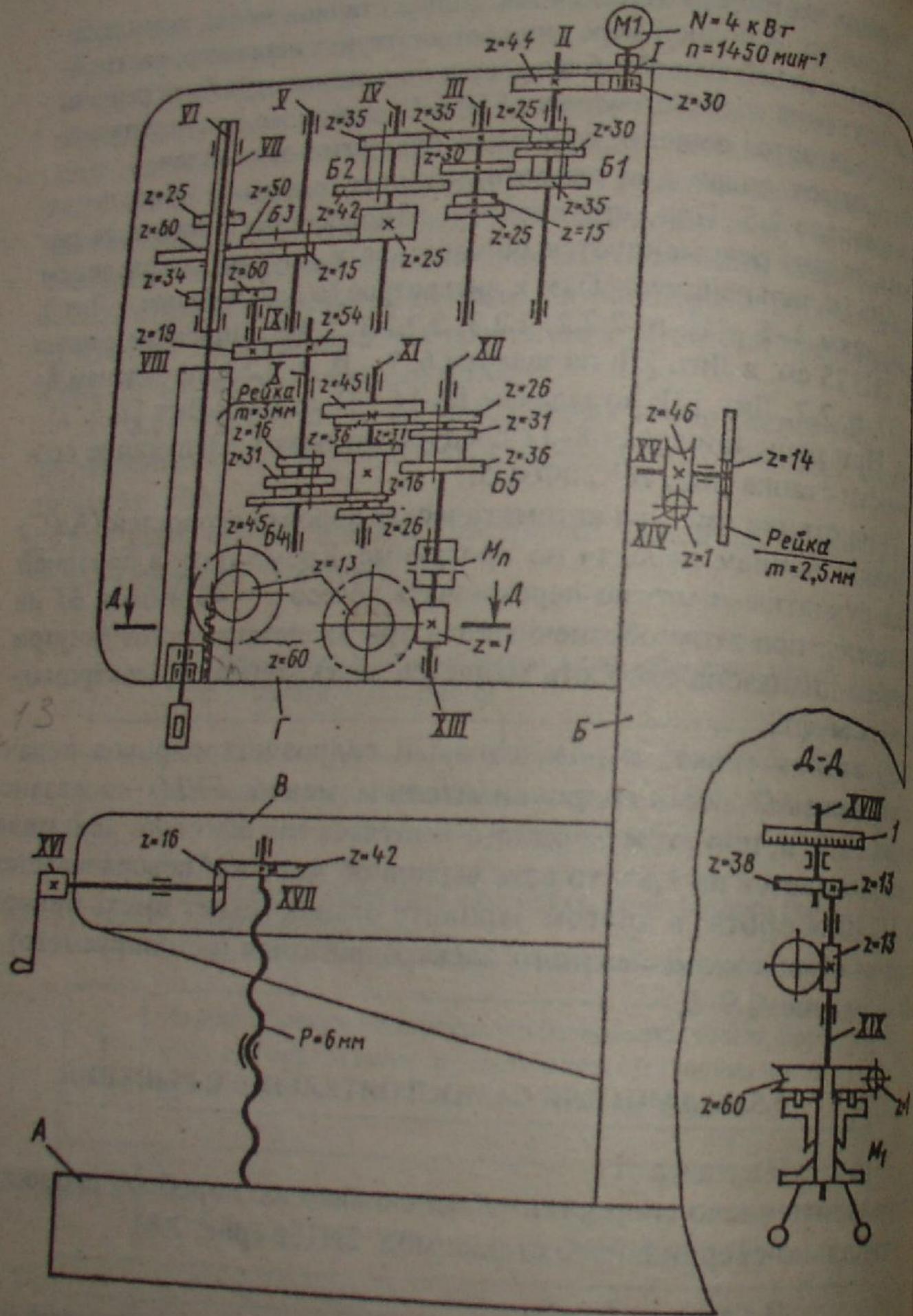


Рис. 2.8. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135

Задача 3
 Определить число подач, обеспечиваемых коробкой подач станка мод. 2Н135 (рис. 2.8).

Задача 4
 Записать уравнение кинематического баланса и определить минимальную и максимальную подачи станка мод. 2Н135 (рис. 2.8).

Задача 5
 Определить число скоростей, обеспечиваемых автоматической коробкой скоростей с переключением передач электромагнитными муфтами (рис. 2.4).

Задача 6
 Определить число частот вращения шпинделя станка с разделенным приводом главного движения (рис. 2.5), если автоматическая коробка скоростей (АКС) обеспечивает девять частот вращения.

Задача 7
 По кинематической схеме (рис. 2.9) определить число возможных скоростей вращения шпинделя токарного станка мод. 16К20Ф3С5 с ЧПУ. Составить уравнение кинематического баланса цепи главного двигателя (в общем виде).

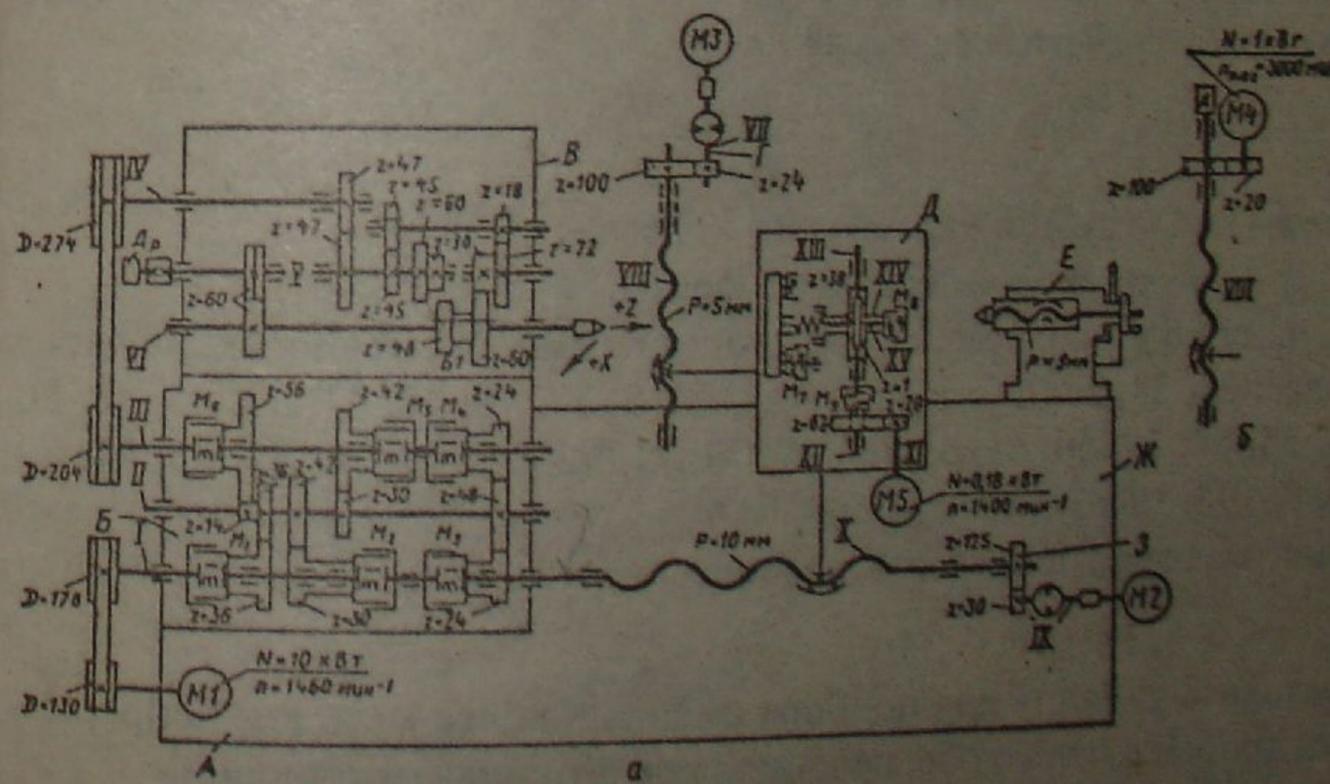


Рис. 2.9. Кинематическая схема токарного станка 16К20Ф3С5 с ЧПУ: а – кинематическая схема; б – вариант привода подачи от высокомоментного электродвигателя

Комплект зубчатых колес: 23, 24, 25 (2 шт.), 30, 33, 34, 35, 37, 40 (2 шт.), 41, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 87, 89, 90, 92, 95, 96, 100.

2.6. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ДАННОГО МОДУЛЯ

Для усвоения материала данного модуля необходимо из темы "Движения в станках и кинематическая структура станков" знать вопросы: методы образования поверхностей на станках; движения в станках; кинематическая структура; кинематические схемы; механизмы для изменения передаточных отношений; принципы кинематической настройки станков.

Изучению данного модуля должно предшествовать изучение модуля КОМ – 1.

2.7. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ДЛЯ УСВОЕНИЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО ЗНАНИЕ ДАННОГО МОДУЛЯ

Изучение данного модуля необходимо для освоения материала следующих тем курса "Оборудование машиностроительного производства":

1. Движения в станках и кинематическая структура станков.
2. Станки для обработки тел вращения.
3. Станки для обработки призматических деталей.
4. Станки для абразивной обработки.
5. Станки для зубообработки.
6. Станки-полуавтоматы и автоматы.

Следует иметь в виду, что изучив материал данного модуля, студент получает лишь основные представления о кинематической настройке станков. Особенности же настройки станков отдельных типов, например, токарно-винторезных, зубообрабатывающих, в том числе станков с ЧПУ, даются в соответствующих модулях.

2.8. ВРЕМЯ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

Ориентировочное время на освоение данного модуля – 18 часов, в том числе:

- 1) изучение теоретического материала – 4 часа;
- 2) усвоение методики решения задач – 4 часа;
- 3) самостоятельное решение задач – 10 часов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Металлорежущие станки* / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
2. *Металлорежущие станки* / Под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 575 с.
3. *Станочное оборудование автоматизированного производства. Т. 1* / Под ред. В. В. Бушуева. – М.: Изд-во "Станкин", 1993. – 584 с.
4. *Станочное оборудование автоматизированного производства. Т. 2* / Под ред. В. В. Бушуева. – М.: Изд-во "Станкин", 1994. – 656 с.
5. *Федотенок А. А.* Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
6. *Кучер А. И., Киватицкий М. М., Покровский А. А.* Металлорежущие станки (альбом общих видов кинематических схем и узлов). – Л.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
7. *Локтева С. Е.* Станки с программным управлением и промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
8. *Чернов Н. Н.* Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1978.
9. *Петрик М. И., Шишков В. А.* Таблицы для подбора зубчатых колес. – М.: Машиностроение, 1973. – 528 с.
10. *Левашов Н. Д.* Универсальные таблицы для подбора зубчатых колес металлорежущих станков. – Киев: Техника, 1979. – 248 с.
11. *Сандаков М. В., Вегнер В. А., Вегнер М. К.* Таблицы для подбора шестерен. – М.: Машиностроение, 1988. – 576 с.

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ

Фрезерные станки изучаются в разделе "Станки для обработки призматических деталей" курса "Оборудование машиностроительного производства". Студенту уже должны быть известны основные принципы формообразования деталей при обработке на станках, методика анализа и синтеза кинематических структур станков, а также методика кинематической настройки станков. Кроме того, должны быть уже изучены станки токарной группы. Все это облегчает задачу изучения темы, однако не уменьшает ее важности, поскольку фрезерные станки являются широко распространенными и весьма разнообразными по технологическим возможностям, компоновке и конструктивным особенностям. Будучи несложными по кинематике, они позволяют студентам закрепить уже изученные принципы кинематической настройки перед рассмотрением сложных вопросов кинематики зубообрабатывающих станков.

Основными задачами данного модуля являются: изучение всех основных вопросов работы фрезерных станков (и прежде всего кинематики) на примере широкоуниверсального фрезерного станка, обзор фрезерных станков всех типов, рассмотрение кинематики делительных головок, которые нередко используются на фрезерных станках, изучение особенностей фрезерных станков с ЧПУ.

Изучив данную тему, студент должен знать: назначение и классификацию фрезерных станков; устройство и кинематику широкоуниверсального фрезерного станка; назначение, технологические возможности, компоновки, движения во фрезерных станках основных типов; устройство и кинематику делительных головок; особенности фрезерных станков с ЧПУ (вопросы составления управляющих программ для этих станков изучаются при выполнении лабораторных работ).

Студент должен уметь: читать кинематические схемы фрезерных станков; производить их кинематическую настройку; выбирать станки для выполнения конкретных фрезерных операций; производить кинематическую настройку универсальной делительной головки.

3.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

3.2.1. Фрезерные станки занимают шестую группу по классификации ЭНИМСа и подразделяются на типы:

- 1) вертикально-фрезерные консольные;
- 2) фрезерные непрерывного действия;
- 3) данный тип в таблице не определен;
- 4) копировальные и гравировальные;
- 5) вертикальные бесконсольные;
- 6) продольные;
- 7) широкоуниверсальные;
- 8) горизонтально-фрезерные консольные;
- 9) разные фрезерные.

3.2.2. С классификацией связана система обозначений (нумерация) фрезерных станков. Если шифр станка начинается с цифры 6, то это станок фрезерный. Вторая цифра обозначает тип фрезерного станка согласно классификации, приведенной в п. 3.2.1. Есть некоторые особенности в обозначении широкоуниверсальных фрезерных станков. Примером такого станка может служить модель 676П – это широкоуниверсальный (инструментальный) станок, о чем свидетельствует цифра 7. Однако есть станок модели 6P82Ш – его тоже можно считать широкоуниверсальным, однако он отнесен к типу 8, поскольку построен на базе горизонтально-фрезерного консольного станка; о том, что станок широкоуниверсальный, свидетельствует буква "Ш" (модификация основной, базовой модели). Для наиболее распространенных горизонтально-фрезерных станков (в том числе универсальных и широкоуниверсальных консольных) последняя цифра обозначает номер (габарит, размер) рабочего стола:

Мод. 6P80	№ 0	Размер 200×800 мм
Мод. 6P81	№ 1	Размер 250×1000 мм
Мод. 6P825	№ 2	Размер 320×1250 мм
Мод. 6P83	№ 3	Размер 400×1600 мм

В других подгруппах (типаж) последняя цифра (или две цифры) также характеризуют габарит стола. Если в конце шифра стоит

буква "Г", то станок горизонтально-фрезерный — отличается от универсального фрезерного тем, что стол не поворачивается относительно вертикальной оси.

3.2.3. Фрезерные станки — это самая распространенная группа станков после токарных, что связано с возможностью выполнения на фрезерных станках широкого круга работ — обработка плоскостей, пазов и канавок, фасонных поверхностей, обработка зубчатых колес при наличии делительной головки и другие — то есть с высокой

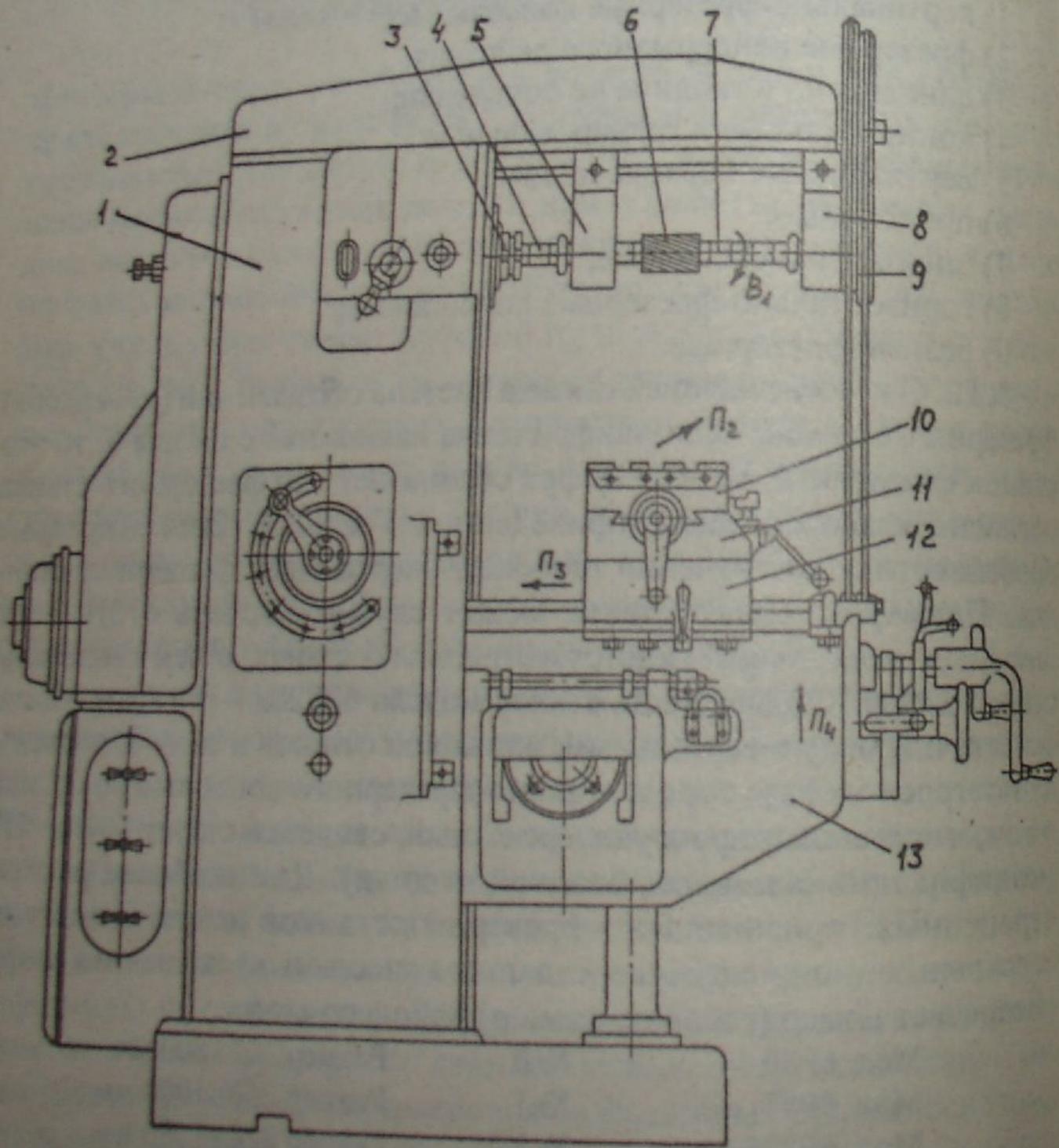


Рис. 3.1. Общий вид универсально-фрезерного станка:

1 — станина, 2 — хобот, 3 — шпиндель; 4 — оправка; 5 — серьга; 6 — фреза; 7 — дистанционное кольцо; 8 — серьга; 9 — распорные планки; 10 — стол; 11 — поворотная часть; 12 — поперечные салазки; 13 — консоль

универсальностью. При фрезеровании подача направлена перпендикулярно к оси фрезы, вследствие чего каждый зуб фрезы находится в контакте с обрабатываемой деталью в течение части своего оборота, что повышает стойкость инструмента (в работе участвует один или несколько зубьев фрезы, но не более половины зубьев).

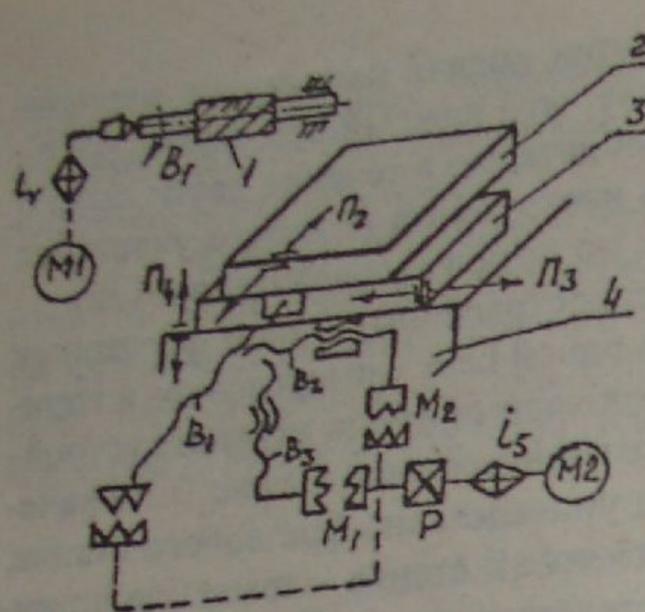
3.2.4. Поскольку наиболее распространенным типом фрезерных станков являются создаваемые на одной базе универсально- и горизонтально-фрезерные станки, то необходимо начать изучение устройства фрезерных станков именно с названного типа. На рис. 3.1 в качестве примера показан общий вид универсально-фрезерного станка. Обратите внимание: главное движение в станке — вращение шпинделя (B_1); подачи могут осуществляться по трем направлениям — продольная (P_2), поперечная (P_3), вертикальная (P_4).

3.2.5. В уже изученных студентом токарных и сверлильных станках подача определялась как перемещение инструмента за один оборот шпинделя с заготовкой (при токарной обработке) или перемещение сверла за один оборот шпинделя (сверла) при обработке на сверлильном станке. При обработке же на фрезерном станке рассматриваются три вида подач — подача на зуб фрезы (перемещение заготовки за время поворота фрезы на один зуб) S_z , подача на оборот фрезы S_o и минутная подача S_m . При числе зубьев фрезы z и частоте вращения фрезы n (мин^{-1}) все три вида подач связаны со отношением:

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (3.1)$$

В справочниках режимов резания дается величина подачи на зуб (при черновом фрезеровании) или подача на оборот (при чистовом фрезеровании). Необходимо вычислить минутную подачу S_m по формуле (3.1), поскольку на станке устанавливается именно эта подача.

3.2.6. Принципы построения кинематических структур металлорежущих станков известны из контролирующе-обучающего модуля КОМ — 1. Фрезерные станки имеют кинематическую структуру типа П22. Кинематическая структура, например, универсально-фрезерного станка (рис. 3.2) состоит из трех частных структур. Каждая из них включает группу движения скорости резания, создающую движение $\Phi_v(B_1)$, и одну из групп движения подачи — продольной подачи, создающей движение $\Phi_{S1}(P_2)$, поперечной

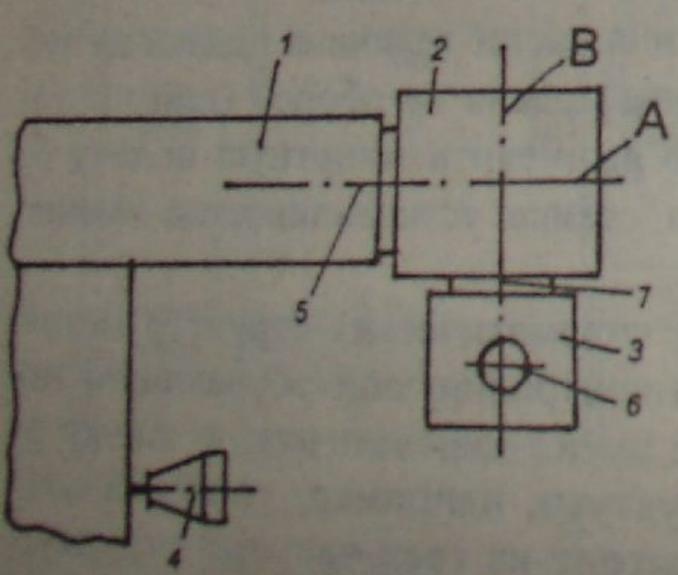


создающей движение $\Phi_{S2}(П_3)$, или вертикальной подачи, создающей движение $\Phi_{S3}(П_4)$. Анализ кинематической структуры универсально-фрезерного станка может быть произведен согласно методике, изложенной в КОМ-1. Группа движения скорости резания, создающая движение $\Phi_v(B_1)$, — простая. Ее внутренняя связь состоит из вращательной кинематической пары между шпинделем фрезы и станиной. Внешняя связь — от электродвигателя $M1$ до шпинделя. Движение простое с замкнутой траекторией и должно настраиваться по двум параметрам: на скорость — коробкой скоростей i_v , на направление — электродвигателем $M1$.

Рис. 3.2. Кинематическая структура универсально-фрезерного станка

Группу движения подачи следует рассматривать применительно к одному какому-либо направлению. Например, группа движения продольной подачи имеет внутреннюю связь в виде поступательной кинематической пары между столом и направляющими. Внешняя связь идет по цепи:

$M2 \rightarrow$ коробка подач $i_s \rightarrow$ реверс $P \rightarrow$ винт B_1 .



Движение подачи простое с незамкнутой траекторией; настройка осуществляется коробкой подач i_s (на скорость подачи), реверсом P (на направление), упорами (на рисунке не показаны) — на путь и исходное положение.

3.2.7. Кинематика фрезерных станков не вызовет у студентов больших затруднений, кинематическая схема фрезерного станка рассматривается при решении задач.

Рис. 3.3. Конструктивные особенности широкоуниверсального фрезерного станка мод. 6P82Ш

Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6P82Ш имеет некоторые конструктивные и кинематические особенности по сравнению с универсально-фрезерным станком (см. рис. 3.3).

Станок имеет дополнительный привод, расположенный в хоботе 1 станка. На хоботе закреплена поворотная головка 2 и накладная головка 3. Таким образом, наряду с основным шпинделем 4 может использоваться еще один горизонтальный шпиндель 5 (при снятых обеих головках); при снятой накладной головке может использоваться шпиндель 7; возможно также использование шпинделя 6.

Дополнительные фрезерные головки могут поворачиваться относительно двух взаимно перпендикулярных осей A и B .

3.2.8. На рис. 3.4 представлена кинематическая схема вертикально-фрезерного станка мод. 6P13Ф3 с ЧПУ.

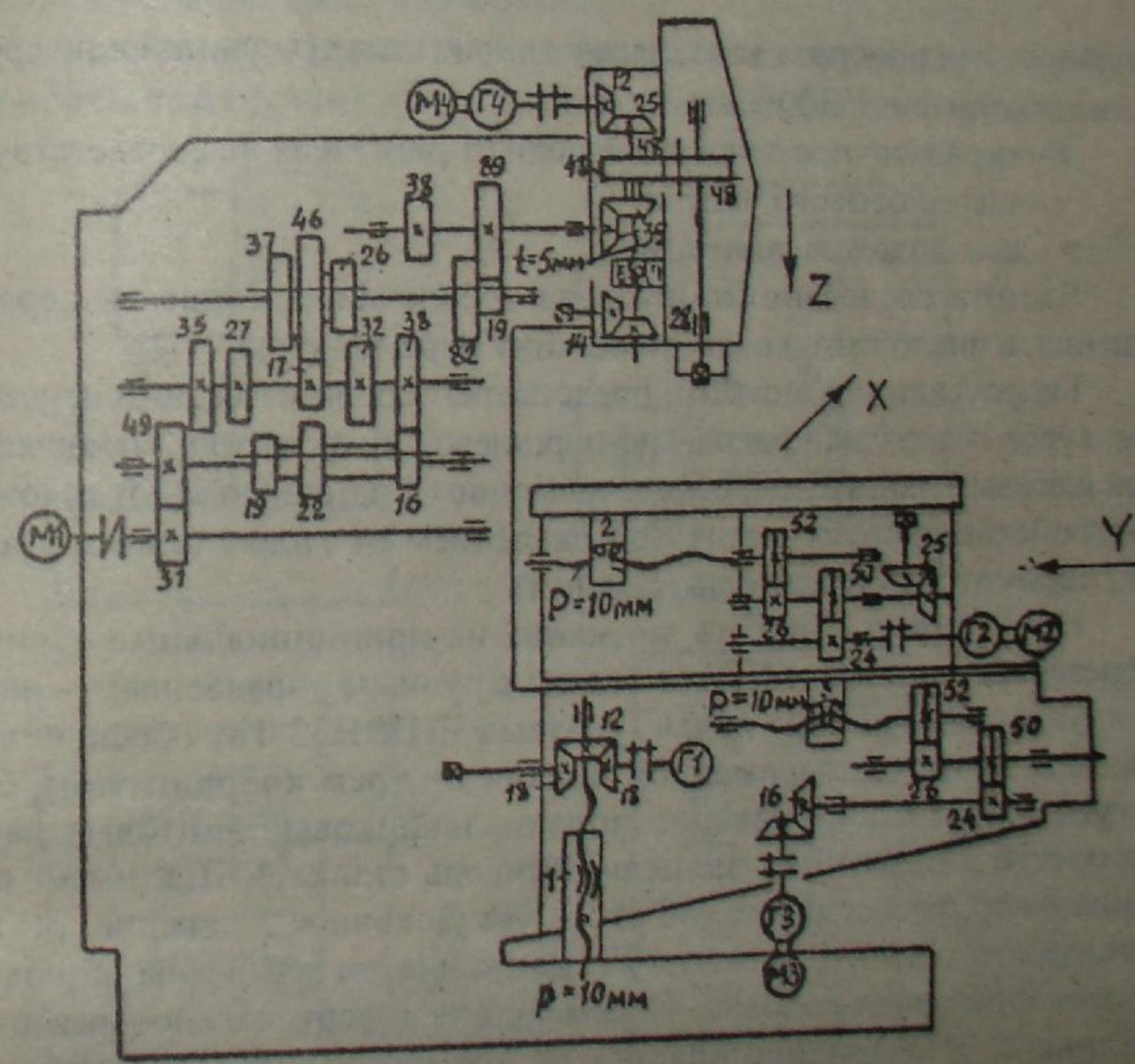


Рис. 3.4. Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка мод. 6P13Ф3 с ЧПУ

Коробка скоростей станка – механическая, переключение скоростей осуществляется, как и в станке без ЧПУ, перемещением блоков. Приводы же подач принципиально отличаются от приводов подач станков без ЧПУ. Каждое движение подач (в продольном, поперечном или вертикальном направлениях) имеет индивидуальный привод, представляющий собой сочетание несилового шагового двигателя ($M2, M3, M4$) и гидроусилителя момента ($G2, G3, G4$). Шаговой двигатель является управляющим элементом. Он получает питание в импульсной форме от генератора, управляемого системой ЧПУ. Каждому единичному дискретному воздействию на шаговой двигатель соответствует определенное смещение рабочего органа станка:

$$S = \frac{\varphi \cdot i \cdot p}{360}, \quad (3.2)$$

где φ – угол поворота вала шагового двигателя (в данной конструкции $\varphi = 1^\circ 30'$);

i – передаточное отношение цепи от двигателя до соответствующего ходового, винта;

p – шаг ходового винта, мм.

Частота следования импульсов обеспечивает скорость перемещения, а число импульсов – величину перемещения.

Гидроусилитель момента представляет собой известный студенту из курса гидравлики аксиально-поршневой гидромотор; управляется он шаговым двигателем, обеспечивающим с помощью золотникового устройства пропуск масла под давлением от гидростанции станка к гидромотору (усилителю момента).

Необходимо обратить внимание на принципиальные отличия фрезерного станка с ЧПУ от станка с ручным управлением – индивидуальные приводы подач (система ЧПУ НЗЗ-1М обеспечивает возможность одновременной подачи по трем координатам), бесступенчатое регулирование подачи, шариковые винтовые пары, короткие кинематические цепи. Консоль станка с ЧПУ имеет вертикальное перемещение, но это – установочное движение, осуществляемое от гидродвигателя $G1$; движение же вертикальной подачи имеет фрезерная головка. Перемещения в вертикально-фрезерном станке с ЧПУ осуществляется по трем координатным осям – Z (совпадает с осью шпинделя), X (продольное перемещение стола), Y (поперечное перемещение). В плоскости XU обрабатываются

плоские детали различной конфигурации (например, кулачки, копиры); при обработке деталей сложнопространственной формы используется перемещение по трем координатам.

Вопросы управления станком и подготовка управляющих программ подробно рассматриваются при выполнении лабораторной работы по курсу "Металлорежущие станки".

3.2.9. Уяснив устройство и кинематику широкоуниверсальных и вертикально-фрезерных станков, следует изучить компоновки, основные движения и назначение фрезерных станков других типов.

Большие и тяжелые заготовки рекомендуется обрабатывать на вертикально-фрезерных станках с крестовым столом (бесконсольных) – см. рис. 3.5, а. Стол перемещается по двум координатам с рабочей подачей. Вертикальное перемещение шпиндельной бабки является установочным движением.

Продольно-фрезерные станки (рис. 3.5, б) также используются для обработки крупногабаритных (и длинных) деталей. Движение

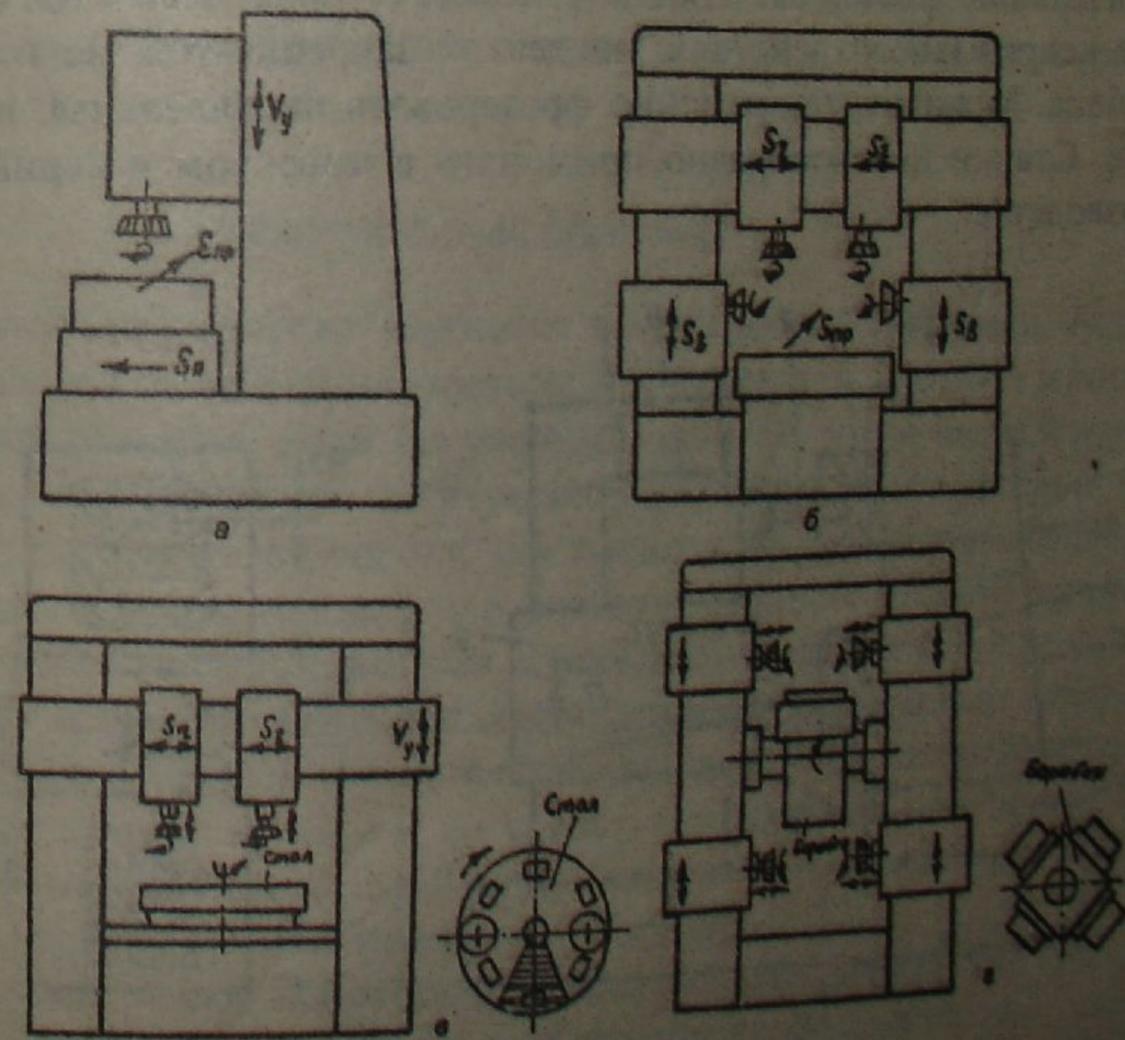


Рис. 3.5. Компоновки фрезерных станков

продольной подачи имеет стол. Шпиндельные бабки (их две-четыре) также могут иметь движение подачи. Обработка может осуществляться одновременно несколькими фрезами (торцовыми или другими). Ширина стола до 5000 мм, длина до 10000 мм.

Карусельно-фрезерные станки относятся к станкам непрерывного действия. Они предназначены для обработки плоскостей по методу непрерывного торцового фрезерования. На столе станка (рис. 3.5, в) устанавливается несколько заготовок; стол совершает движение круговой подачи. Одна фреза является черновой, другая чистовой. Траверса имеет вертикальное установочное перемещение; шпиндельные бабки – установочное горизонтальное; фрезерные шпиндели могут перемещаться в гильзах при наладке станка. Обратите внимание, что снятие заготовок можно производить без остановки станка (в заштрихованном секторе). Производительность таких станков велика, и они применяются в массовом или серийном производстве.

Барабанно-фрезерные станки (рис. 3.5, г) также являются станками непрерывного действия, но детали закрепляются на гранях барабана. Можно одновременно фрезеровать параллельные плоскости. Станки целесообразно применять в массовом и серийном производстве.

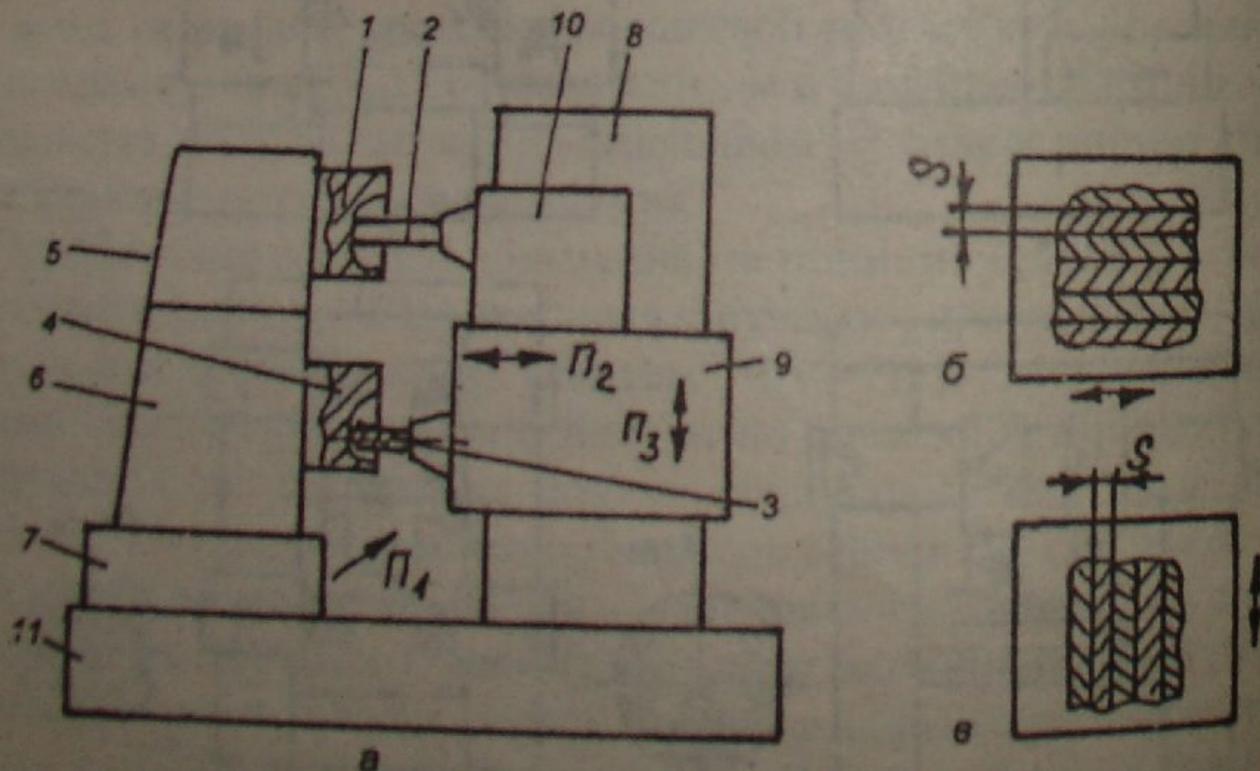


Рис. 3.6. Копировально-фрезерный станок:
а – компоновка, б, в – схемы ошупывания модели

Изучение компоновок фрезерных станков различных типов можно завершить рассмотрением копировально-фрезерного станка (рис. 3.6, а). Такие станки предназначены для фрезерования поверхностей сложной формы (кулачков, штампов и др.). Обработка осуществляется с помощью копира (эталонной детали) 1, по контуру которого перемещается щуп 2, фреза 3 копирует движения щупа и обрабатывает деталь 4. На рисунке также обозначено: 5 – верхняя стойка; 6 – нижняя стойка; 7 – стол; 8 – неподвижная стойка; 9 – шпиндельная головка; 10 – копировальная головка; 11 – основание. Возможно два способа ошупывания модели. При первом способе (рис. 3.6, б) стол совершает автоматическое задающее горизонтальное (продольное) перемещение P_1 , а фрезерная головка – непрерывное следящее поперечное перемещение P_2 и периодическое перемещение P_3 на величину строки S . При втором способе (рис. 3.6, в) фрезерная головка совершает задающее вертикальное (P_3) и следящее поперечное (P_2) перемещения, а стол – периодическое горизонтальное перемещение (P_1) на величину S .

Подробнее о фрезерных станках различных типов см. в литературе [4].

3.3. ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Делительные головки являются простыми устройствами, используемыми в основном на фрезерных станках для поворота заготовки на определенные доли окружности, поэтому здесь даются некоторые рекомендации по их изучению (в рамках самостоятельной работы, так как в лекциях они, как правило, не рассматриваются).

Делительные головки для непосредственного деления представляют собой диск с делениями, закрепленный на шпинделе (после поворота осуществляется фиксация шпинделя с помощью отверстий или пазов на диске). Поворот возможен на небольшое число делений. Такие головки просты и не требуют подробных пояснений. При обработке точных деталей применяются оптические делительные головки; о них можно прочитать в литературе [2].

Дадим лишь некоторые пояснения по кинематике универсальной делительной головки. Кинематика ее простая, но она поможет студенту лучше понять принципы настройки кинематических цепей.

Универсальную делительную головку можно настроить на простое деление, дифференциальное деление и на фрезерование винтовых канавок. Для изучения настройки головки на простое деление следует обратиться к рис. 3.7, а.

На рисунке показано: 1 – заготовка, 2 – фреза, 3 – делительный диск (лимб), 4 – рукоятка с фиксирующим штифтом. На диске имеются несколько окружностей с различным числом равномерно расположенных отверстий для фиксатора. Головка устанавливается на столе фрезерного станка. Делительный диск при простом делении должен быть неподвижным. Для деления заготовки на z_3 частей, то есть для поворота на $\frac{1}{z_3}$ оборота, необходимо сделать рукояткой n_x оборотов. Необходимо определить величину n_x , исходя из уравнения кинематического баланса:

n_x оборотов рукоятки $\rightarrow \frac{1}{z_3}$ об. шпинделя делительной головки;

$$n_x \cdot \frac{\kappa}{z_{чк}} = \frac{1}{z_3};$$

$$n_x = \frac{z_{чк}}{\kappa \cdot z_3}. \quad (3.3)$$

Параметры червячной передачи для большинства головок – $\kappa = 1$; $z_{чк} = 40$. Величина, обратная передаточному отношению червячной

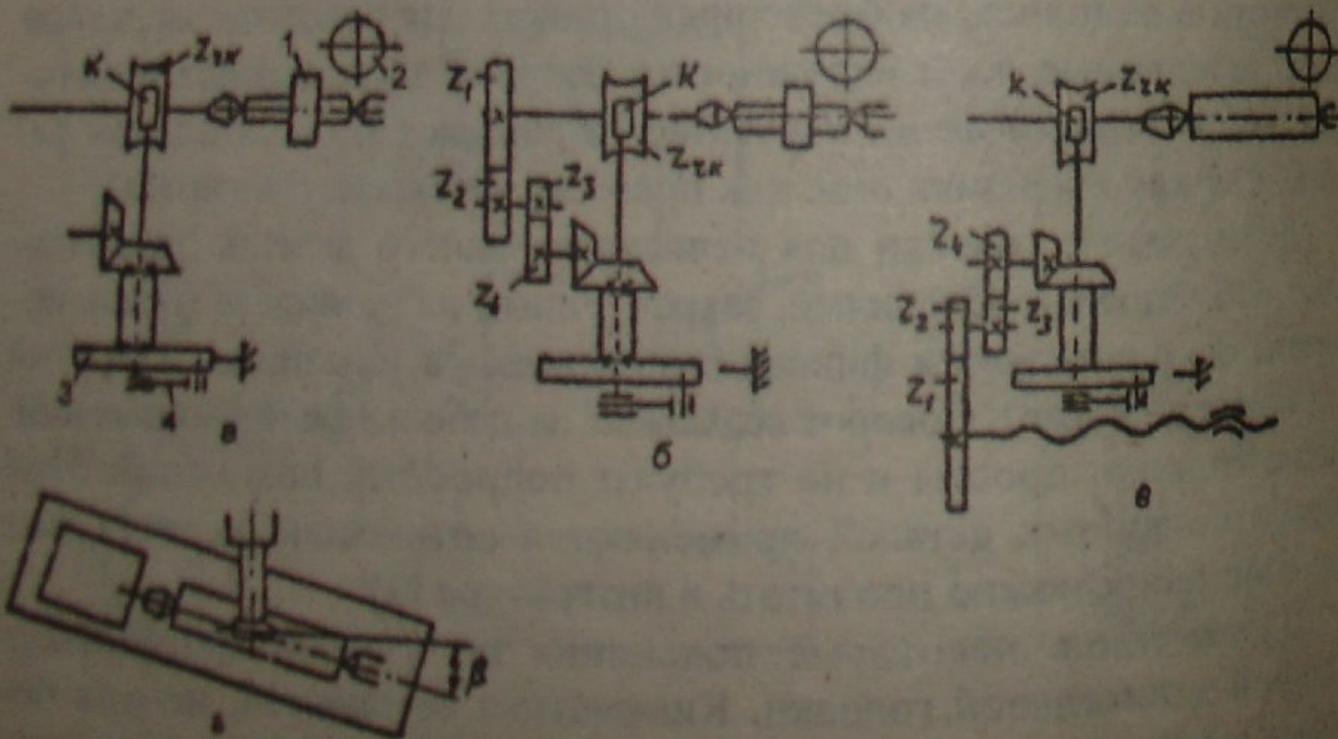


Рис. 3.7. Схема настройки универсальной делительной головки

передачи, называется характеристикой делительной головки ($N = 40$). С учетом конкретных значений, входящих в формулу (3.3), величин получим:

$$n_x = \frac{40}{z_3}. \quad (3.4)$$

При вычислениях по этой формуле в общем случае получится смешанное число, поэтому формулу удобнее представить так:

$$n_0 + \frac{A}{B} = \frac{40}{z_3}, \quad (3.5)$$

где n_0 – целое число оборотов рукоятки;

A – число делений на выбранной окружности лимба;

B – число делений, на которое необходимо повернуть рукоятку по этой окружности.

Если, например, необходимо изготовить шестерню с $z_3 = 13$, то

$$n_0 + \frac{A}{B} = \frac{40}{13} = 3 + \frac{1}{13}.$$

Сделав рукояткой три полных оборота, необходимо по окружности, где 13 делений, повернуть рукоятку на одно деление. Если на диске нет такой окружности, а есть окружность, где 39 делений, то можно записать

$$n_0 + \frac{A}{B} = 3 + \frac{3}{39}.$$

Если на диске нет окружности с числом делений, равным или кратным заданному, то следует применить дифференциальное деление. При этом головку надо настроить по схеме рис. 3.7, б. В этом случае следует расфиксировать делительный диск и связать его со шпинделем делительной головки гитарой сменных шестерен. Расчет числа оборотов рукоятки необходимо вести по формуле (3.5), но вместо заданного числа делений z_3 нужно взять фиктивное число делений z_ϕ , близкое к заданному. С учетом этого новая формула:

$$n_x = n_0 + \frac{A}{B} = \frac{40}{z_\phi}. \quad (3.6)$$

Обратите внимание на принципиальную особенность. При вращении рукоятки движение идет на червячную передачу и на шпиндель, но не идет от рукоятки на гитару, так как валик рукоятки не связан жестко с конической шестерней. Делительный диск при дифференциальном делении может вращаться.

Величину z_ϕ в формуле (3.6) можно брать больше или меньше величины z_3 . Погрешность деления (из-за того, что вместо z_3 берется z_ϕ) устраняется поворотом диска, который получает вращение от шпинделя делительной головки через гитару и коническую пару. Погрешность поворота рукоятки составит $\left(\frac{40}{z_3} - \frac{40}{z_\phi}\right)$. На величину

этой разности должен повернуться и делительный диск. Так как диск поворачивается от шпинделя, с которым он связан через сменные колеса, то его поворот будет на величину $\frac{1}{z_3} \cdot i_{см}$ (где $i_{см} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4}$).

Уравнение кинематического баланса цепи дифференциального деления:

$$\frac{1}{z_3} \cdot i_{см} = \frac{40}{z_3} - \frac{40}{z_\phi},$$

откуда
$$i_{см} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{40}{z_\phi} (z_\phi - z_3). \quad (3.7)$$

Если $z_\phi > z_3$, диск должен вращаться во время деления в одном направлении с рукояткой, а при $z_\phi < z_3$ — в противоположную сторону, что достигается установкой паразитной шестерни в гитаре сменных шестерен.

Настройка универсальной делительной головки на фрезерование винтовых канавок показана на рис. 3.7, в. Во-первых, обратите внимание, что стол станка (на котором установлена делительная головка) должен быть повернут на угол β наклона винтовой канавки (рис. 3.7, г). Главная особенность настройки — необходимость вращения заготовки при перемещении стола (один оборот заготовки должен соответствовать перемещению стола на шаг P_n винтовой линии фрезеруемой канавки). Вращение заимствуется от ходового винта и передается через гитару, коническую пару, рукоятку и червячную передачу шпинделю головки. Уравнение кинематического баланса можно записать в таком виде:

$$1_{об.шп} \cdot \frac{40}{1} \cdot \frac{1}{i_{см}} \cdot P_{х.в} = P_n,$$

откуда
$$i_{см} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{40 \cdot P_{х.в}}{P_n}. \quad (3.8)$$

При нарезании винтовых канавок можно применять только простое деление — число оборотов рукоятки следует определять по формуле (3.3).

3.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую группу по классификации занимают фрезерные станки? На какие типы подразделяются? — См. п. 3.2.1.
2. Как обозначаются фрезерные станки? — См. п. 3.2.2.
3. Какие поверхности могут обрабатываться на фрезерных станках? — См. п. 3.2.3.
4. Из каких основных узлов состоит универсально-фрезерный станок? Назовите главное движение и движения подачи в станке. — См. п. 3.2.4.
5. Дайте определение подачи на зуб, на оборот и минутной. Как они связаны между собой? — См. п. 3.2.5.
6. Назовите движения формообразования при рассмотрении кинематической структуры фрезерного станка. Назовите внутренние и внешние связи кинематических групп и органы настройки — См. п. 3.2.6.
7. Какие конструктивные особенности имеет широкоуниверсальный фрезерный станок по сравнению с универсально-фрезерным? — См. п. 3.2.7.
8. Какие конструктивные и кинематические особенности имеет вертикально-фрезерный станок с ЧПУ?
9. Что такое шаговый двигатель? Для чего он используется в приводах станков с ЧПУ? — См. п. 3.2.8.
10. Что представляет собой гидроусилитель момента? — См. п. 3.2.8.
11. Конструктивные особенности и назначение вертикально-фрезерных станков. — См. п. 3.2.9.
12. Конструктивные особенности и назначение продольно-фрезерных станков. — См. п. 3.2.9.
13. Конструктивные особенности и назначение карусельно-фрезерных станков. — См. п. 3.2.9.
14. Конструктивные особенности и назначение барабанно-фрезерных станков. — См. п. 3.2.9.
15. Конструктивные особенности и назначение копировально-фрезерных станков. — См. п. 3.2.9.
16. Назначение и типы длительных головок — См. подраздел 3.3.
17. На какие виды деления (и работ) может быть настроена универсальная делительная головка? — См. подраздел 3.3.

Задача 11

Определить максимальную и минимальную частоты вращения дополнительного шпинделя станка мод. 6P82Ш (рис. 3.8).

Задача 12

Синтезировать кинематическую структуру продольно-фрезерного станка.

Задача 13

Синтезировать кинематическую структуру карусельно-фрезерного станка.

Задача 14

Синтезировать кинематическую структуру барабанно-фрезерного станка.

Задача 15

По кинематической схеме вертикально-фрезерного станка мод. 6P13Ф3 с ЧПУ (рис. 3.4) определить число частот вращения шпинделя и записать уравнение кинематического баланса в общем виде.

Задача 16

По кинематической схеме вертикально-фрезерного станка мод. 6P13Ф3 с ЧПУ (рис. 3.4) определить минимальную и максимальную частоты вращения шпинделя.

Задача 17

Настроить универсальную головку на следующее число делений:

вариант 1	$z_3 = 24$
вариант 2	$z_3 = 27$
вариант 3	$z_3 = 53$
вариант 4	$z_3 = 61$
вариант 5	$z_3 = 79$
вариант 6	$z_3 = 83$
вариант 7	$z_3 = 93$
вариант 8	$z_3 = 127$

Задача 18

Настроить универсальную делительную головку на фрезерование винтовых канавок:

вариант 1	$P_n = 200$ мм
вариант 2	$P_n = 396$ мм

3.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

К задачам 1–11

Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6P82Ш описан в литературе [2, 6, 8].

Станок имеет две коробки скоростей: одна – для привода основного шпинделя (расположена в станине), другая – для привода дополнительного шпинделя (расположенная в хоботе станка).

К задачам 3–6

С вала X движение может передаваться либо через колеса $z = 40$ (два колеса) – при включенной муфте M_1 , либо через передачи $\frac{13}{45} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{40}{40}$ (при выключенной муфте).

К задачам 7–9

При ускоренных перемещениях включается муфта M_2 и движение передается от вала VI на вал XI через колеса $z = 26-59-67-33$.

Уравнение кинематического баланса цепи передачи в общем виде:

$$S = n_{\text{эл.дв}} \cdot i \cdot P_{\text{х.в}}, \text{ мм/мин,}$$

где $n_{\text{эл.дв}}$ – частота вращения вала электродвигателя M2;

$P_{\text{х.в}}$ – шаг ходового винта – продольного, поперечного или вертикального;

i – передаточное отношение передач от электродвигателя до соответствующего ходового винта.

К задачам 10–11

Движение от вала VIII (см. рис. 3.8) может передаваться непосредственно на вал X, если колесо $z = 33$ переместить вправо (тогда оно войдет в зацепление со внутренним венцом $z = 33$ колеса $z = 59$ – то есть зацепление колес $z = 33$ работает как муфта). При положении колеса $z = 33$, показанном на схеме, движение передается через передачи $\frac{33}{67} \cdot \frac{21}{59}$.

К задачам 12–14

При возникших трудностях можно обратиться к КОМ – 1.

К задачам 15–16

При необходимости можно обратиться к литературе [9].

К задаче 17

Материал, необходимый для решения задачи (восемь вариантов), изложен в подразделе 3.3 данного учебного пособия, а также в литературе [2, 4, 8].

По каждому варианту необходимо определить число оборотов рукоятки и (при необходимости применения дифференциального деления) подобрать сменные колеса гитары. При этом надо исходить из того, что предполагаемая настройка осуществляется применительно к головкам, делительный диск которых имеет следующее число отверстий: на одной стороне – 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31; на другой стороне – 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54. К головкам прилагается набор сменных зубчатых колес с числом зубьев 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90 и 100.

К задаче 18

См. материал, изложенный в подразделе 3.3, и пояснения к задаче 17. При нарезании винтовых канавок возможно лишь простое деление. Сменные колеса – те же, что и при дифференциальном делении.

3.7. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ДАННОГО МОДУЛЯ

Для изучения материала данной темы необходимо знать принципы кинематической настройки и основные вопросы анализа и синтеза кинематических структур станков. Содержание и объем этих знаний изложены в КОМ – 1 и КОМ – 2.

3.8. ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗДЕЛЫ, ДЛЯ УСВОЕНИЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО ЗНАНИЕ ДАННОГО МОДУЛЯ

Знание данной темы будет полезным для изучения более сложных зубообрабатывающих станков, для сопоставления различных методов обработки плоских поверхностей, для изучения темы "Многоцелевые станки" в последующем курсе "Металлорежущие станки". Знание данной темы необходимо для последующего изучения курса "Технология машиностроения".

3.9. ВРЕМЯ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

Общее время, необходимое для изучения модуля, ориентировочно 10 часов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Металлорежущие станки* / Под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 575 с.
2. *Металлорежущие станки* / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
3. *Станочное оборудование автоматизированного производства. Т. 2* / Под ред. В. В. Бушуева. – М.: Изд-во "Станкин", 1994. – 656 с.
4. *Барбашов Ф. А., Сильвестров Б. Н. Фрезерные и зуборезные работы.* – М.: Высш. шк., 1983. – 287 с.
5. *Барбашов Ф. А. Фрезерное дело.* – М.: Высш. шк., 1980. – 208 с.
6. *Ничков А. Г. Фрезерные станки.* – М.: Машиностроение, 1984. – 160 с.
7. *Шашков Е. В., Смирнов В. К. Устройство фрезерно-расточных станков.* – М.: Высш. шк., 1986. – 191 с.
8. *Маеров А. Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий.* – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.
9. *Локтева С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы.* – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
К0М - 1	
Кинематическая структура металлорежущих станков	
1.1. Характеристики изучаемого материала и методики изучения.....	5
1.2. Теоретический материал.....	6
1.3. Контрольные вопросы.....	19
1.4. Методика решения задач по анализу и синтезу кинематических структур.....	20
1.5. Примеры решения задач.....	23
1.6. Задачи для самостоятельной работы.....	30
1.7. Дисциплины и разделы, предшествующие изучению данного контрольного-обучающего модуля.....	37
1.8. Дисциплины и разделы, для усвоения которых необходимо знание данного модуля.....	37
1.9. Время освоения модуля.....	37
Список рекомендуемой литературы.....	38
К0М - 2	
Кинематическая настройка металлорежущих станков	
2.1. Характеристики изучаемого материала и задачи изучения.....	39
2.2. Теоретический материал.....	39
2.3. Контрольные вопросы.....	52
2.4. Методика решения задач (с примерами).....	53
2.5. Задачи для самостоятельного решения.....	61
2.6. Дисциплины и разделы, предшествующие изучению данного модуля.....	66
2.7. Дисциплины и разделы, для усвоения которых необходимо знание данного модуля.....	66
2.8. Время освоения модуля.....	66
Список рекомендуемой литературы.....	67
К0М - 3	
Фрезерные станки	
3.1. Характеристики изучаемого материала и задачи изучения.....	68
3.2. Теоретический материал.....	69
3.3. Дополнительные задания.....	77
3.4. Контрольные вопросы.....	81
3.5. Задачи для самостоятельной работы.....	82
3.6. Методические указания по решению задач.....	83
3.7. Дисциплины и разделы, предшествующие изучению данного модуля.....	86
3.8. Дисциплины и разделы, для усвоения которых необходимо знание данного модуля.....	86
3.9. Время освоения модуля.....	86
Список рекомендуемой литературы.....	87