

Металлорежущие станки

Рекомендуемая литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора –машиностроителя: в 3т. М.: Машиностроение, 1985. Т.2, 559 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: проектирование металлорежущих станков; Справочник – учебник/под ред. А. С. Проникова. – М, Машиностроение,1995.-448 с.
4. Проников А. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. Учеб. для ВУЗов.-М.: Высш. Школа,-2000.-
5. Тарзиманов Г. А. Проектирование металлорежущих станков. М.: Машиностроение,-1980, -280 с.
6. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: учебник для техн..-М Высшая школа. –ФГИПП.-1999.-432 с..
- Дунаев Леликов Курсовое проектирование деталей машин: учебник для ВУЗов.-М Высшая школа. 1999.-420 с.
8. Кочергин А. А, Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов: Учеб. пособие для ВТУЗов.-Минск. – Высшейш. школа. –1991, 382 с.
9. Левятов Д.С. Расчеты и конструирование деталей машин: Учеб. для Вузов.-М.: Высш. шк. 1985. 380 с.

Цель дисциплины

Цель изучения дисциплины – сформировать у студентов основные понятия о металлорежущих станках, их классификации и технологических возможностях, конструкции основных узлов и агрегатов, методике расчетов конструктивных параметров

Необходимы знания по курсам:

Необходимы знания по курсам:

- Теоретическая механика,
- Сопротивление материалов,
- Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость,
- Детали машин,
- Теория резания металлов,
- Электротехника и электроника,
- Металлорежущие инструменты.

Классификация МРС

По степени универсальности:

- 1. Универсальные** (применяют для разных операций при обработке деталей широкой номенклатуры, имеют широкий диапазон регулирования скоростей и подач, снабжены быстродействующими механизмами управления и быстрых перемещений).
- 2. Специализированные** станки предназначены для обработки однотипных деталей, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры.
- 3. Специальные** станки предназначены для обработки одной или нескольких подобных деталей одного типоразмера или даже для выполнения отдельных операций.

По степени точности

- Класс Н —нормальной точности, к которому относятся большинство универсальных станков
- Класс П —станки повышенной точности с более высокими требованиями к точности и качеству изготовления основных деталей станка, их монтажу и регулированию при сборке.
- Класс В —станки высокой точности отличаются от базовой модели применением специальной конструкции отдельных деталей, высокой точностью изготовления, качеством сборки и регулирования.
- Класс А —станки особо высокой точности основные и базовые элементы которых изготовлены и собраны с более жесткими требованиями, чем в станках класса В.
- Класс С -станки особо точные или мастер-станки предназначены для изготовления деталей наивысшей точности для станков классов А и др.

Класс точности станка, кроме нормального, указывают после индекса его модели, например, мод. 16К20В —токарно-винторезный станок высокой точности.

Классификация МРС

(продолжение)

По массе

- легкие (до 1 т)
- средние (до 10 т)
- тяжелые (св. 10 т).
- Тяжелые станки бывают:
- крупные (до 30 т),
- собственно тяжелые (до 100 т)
- уникальные (св. 100 т.).

Классификация МРС

(продолжение)

По степени автоматизации различают:

- станки с ручным управлением,
- полуавтоматы
- автоматы.

По расположению шпинделя делят на :

- горизонтальные,
- вертикальные
- наклонные.

Классификация МРС

(продолжение)

По степени концентрации операций
станки подразделяют на :

- однопозиционные;
- многопозиционные. .

Классификация МРС

(продолжение)

По типу системы ЧПУ

- Ф1 -с предварительным набором координат
- Ф2 –с позиционной системой управления
- Ф3 –с контурной системой управления
- Ф4 –с универсальной системой управления для позиционной и контурной обработки

Наименование	Группа	Тип станка				Тип станка				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Токарно-револьверные	—	Карусельные	Токарно-винторезные, токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копирующие	Специализированные	Разные токарные
		одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	Настольно-и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
			одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивом
Электрофизические и электрохимические	4	—	Светолучевые	—	Электрохимические	Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	—
Зубо-и резьбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные		Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо-и резьбошлифовальные	Разные зубо-и резьбообрабатывающие
				для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	для нарезания червячных колес					
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Широкоуниверсальные фрезерные инструменты	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		—	Разные строгальные
		одностоечные	двухстоечные				внутреннего	наружного		
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском						
Разные	9	Муфто-и трубообрабатывающие	Пилонасечательные	Правильно-и бесцентровообдирочные	—	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	—	—

Классификация МРС

(продолжение)

По назначению

Группа 1. Токарные станки

Группа 2. Сверлильные и расточные станки

Группа 3. Шлифовальные, полировальные и доводочные станки.

Группа 4. Комбинированные станки

Группа 5. Зубо и резьбообрабатывающие станки

Группа 6. Фрезерные станки

Группа 7. Строгальные долбежные и протяжные станки

Группа 8. Разрезные станки

Группа 9. Разные станки

В рамках каждой группы рассматривается 9 типов металлорежущих станков

- 1) Токарные станки (основной технологический метод обработки – точение; их доля составляет ~**30 %** общего парка станков);
- 2) Сверлильные и расточные станки (оборудование для обработки отверстий ~ **20 %** парка);
- 3) Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные станки (работающие абразивным инструментом, ~ **20 %** парка);
- 4) Комбинированные станки и станки для физико-химической обработки (например, для электроэрозионной обработки и др.);
- 5) Зубо- и резьбообрабатывающие станки (~ **6 %** парка);
- 6) Фрезерные станки (~ **15 %** парка);
- 7) Строгальные, протяжные, долбежные станки (с прямолинейным рабочим движением; ~ **4 %** парка);
- 8) Разрезные станки (для разрезания проката);
- 9) Разные станки (балансировка, правка и т. д.);
- 0) Резервная группа.

По степени автоматизации различают станки:

- 1) с ручным управлением;
- 2) полуавтоматы (выполняется автоматически один рабочий цикл);
- 3) автоматы (выполняется автоматически много рабочих циклов подряд);
- 4) станки с ЧПУ (обладают способностью к быстрой переналадке изменением программы).

Маркировка металлорежущих станков

Первая цифра шифра определяет группу станка.

Вторая – тип станка.

Третья (иногда третья и четвертая) – условный размер станка.

Буква на втором или третьем месте позволяет различать станки одного типоразмера, но с разными техническими характеристиками.

Буква в конце шифра означает модификацию станка одной базовой модели.

Основные движения

Основные движения (рабочие), которые предназначены непосредственно для осуществления процесса резания:

а) *Главное движение* — осуществляется с максимальной скоростью.

Может передаваться как заготовке (например в токарных станках) так и инструменту (напр. в сверлильных, шлифовальных, фрезерных станках).

Характер движения: вращательный или поступательный.

Характеризуется скоростью - v (м/с).

Основные движения

б) **Движение подачи** — осуществляется с меньшей скоростью и так же может передаваться и заготовке и инструменту. Характер движения: вращательный, круговой, поступательный, прерывистый.

Виды подач:

- подача на ход, на двойной ход S_x . (мм/ход),
 $S_{дв.х.}$ (мм/дв.ход);
- подача на зуб S_z (мм/зуб);
- подача на оборот S_o (мм/оборот);
- частотная (минутная) подача S_m (об/мин).

Вспомогательные движения

Вспомогательные движения — способствуют осуществлению процесса резания, но не участвуют в нем непосредственно.

Виды вспомогательных движений:

- наладка станка;
- задача режимов резания;
- установка ограничителей хода в соответствии с размерами и конфигурациями заготовок;
- управление станком в процессе работы;
- установка заготовки, снятие готовой детали;
- установка и смена инструмента и прочие.

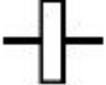
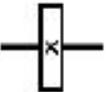
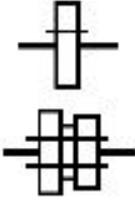
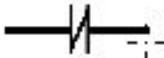
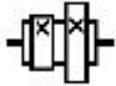
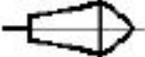
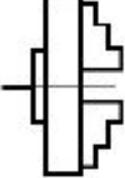
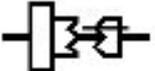
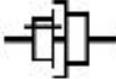


Кинематика металлорежущих станков

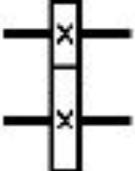
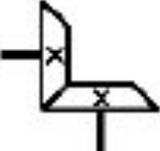
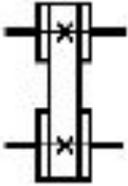
Кинематическая схема является условным графическим изображением взаимосвязи тех механизмов станка, которые обеспечивают заданные законы движения исполнительных органов.

Кинематическая схема - совокупность условных обозначений передач и механизмов, которые осуществляют движение элементов станка.

Условные обозначения на кинематических схемах

Вал		Свободное для вращения соединение детали с валом	
Радиальный подшипник (без уточнения типа)		Глухое, неподвижное соединение детали с валом	
Соединение двух валов глухое		Подвижное только в осевом направлении соединение детали с валом	
Соединение двух валов эластичное		Глухое соединение двух деталей на втулке	
Центр вращающийся		Патрон кулачковый	
Кулачковая муфта сцепления		Фрикционная дисковая муфта сцепления	

Передачи в приводах МРС

Цепная передача		Зубчатая передача цилиндрическая	
Зубчатая передача коническая		Червячная передача	
Винтовая передача (разъемная гайка)		Ременная передача (открытая плоским ремнем)	
Реечная передача			

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ

Исполнительные движения в станках
осуществляются с помощью
кинематических групп

В кинематическую группу входят:

1. источник движения;
2. исполнительные органы;
3. органы настройки, которые обеспечивают требуемые параметры движения;
4. кинематические связи.

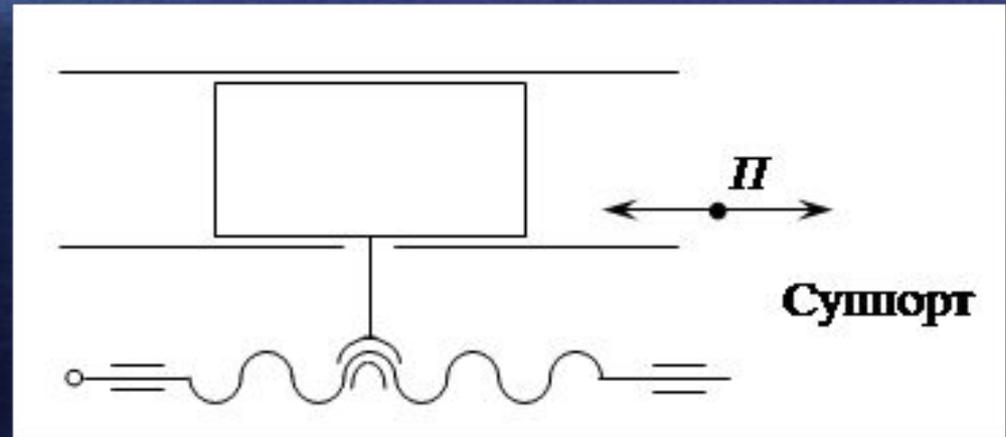
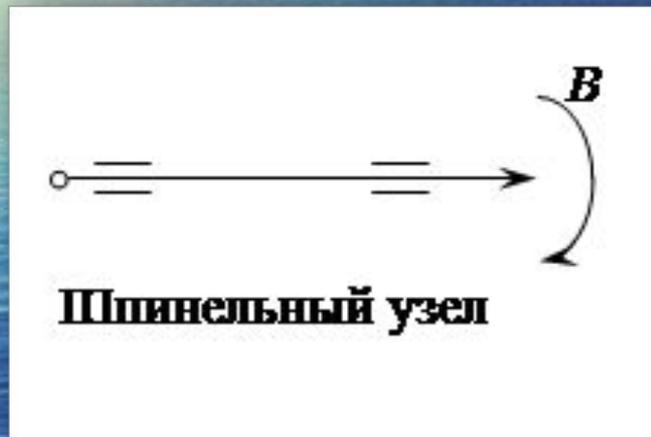
1. Источник движения – двигатель. Например, электродвигатель, гидродвигатель и др.
2. Исполнительные органы – подвижные конечные звенья кинематических групп, непосредственно участвующие в образовании траектории исполнительного движения.

Если эти исполнительные органы осуществляют движение заготовки или режущего инструмента, то они называются рабочими органами.

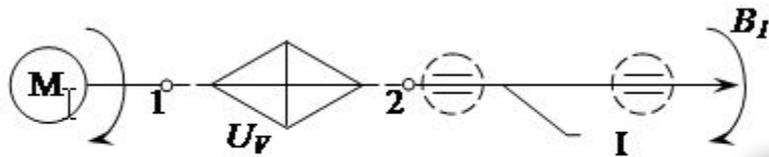
К ним относятся:

- шпиндельные узлы;
- суппорты (напр. токарные станки)
- столы станков (напр. фрезерные, шлифовальные)

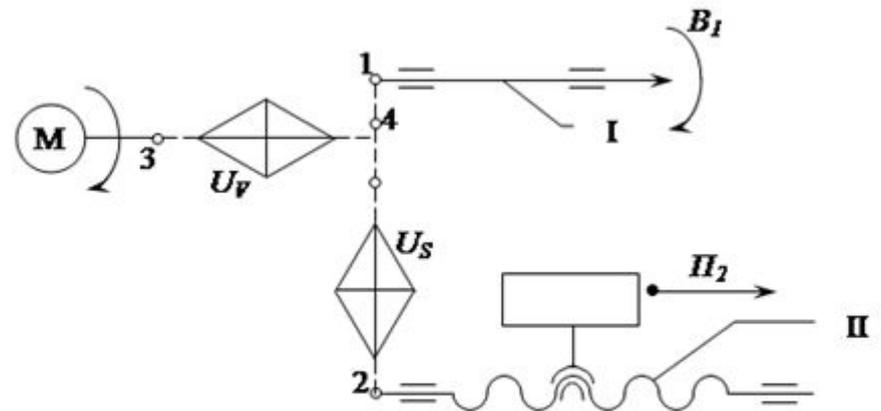
В основном исполнительные органы совершают вращательное или поступательное движение и являются, соответственно, подвижными звеньями вращательной (В) или поступательной (П) исполнительной кинематической пары.



В зависимости от количества исполнительных органов кинематические группы могут быть простыми и сложными. В простых кинематических группах один исполнительный орган, в сложных – два и более.



Простая кинематическая группа



Сложная кинематическая группа с двумя кинематическими парами: вращательной (B_1) и поступательной (II_2)

- М – источник движения;
- I, II – исполнительные органы;
- U_v – орган настройки цепи главного движения;
- U_s – орган настройки цепи подачи.

Органы настройки – различные приспособления:

- коробка скоростей;
- коробка подач;
- гитара сменных зубчатых колес;
- вариаторы и пр.

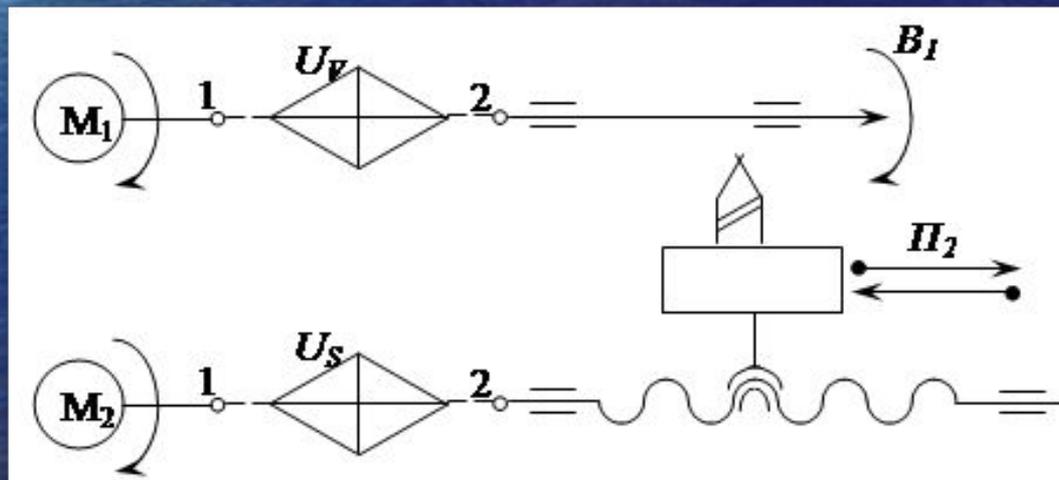
Кинематические связи бывают внешними и внутренними.

Внутренняя кинематическая связь – совокупность кинематических звеньев, обеспечивающих качественную характеристику движения (в первую очередь траекторию).

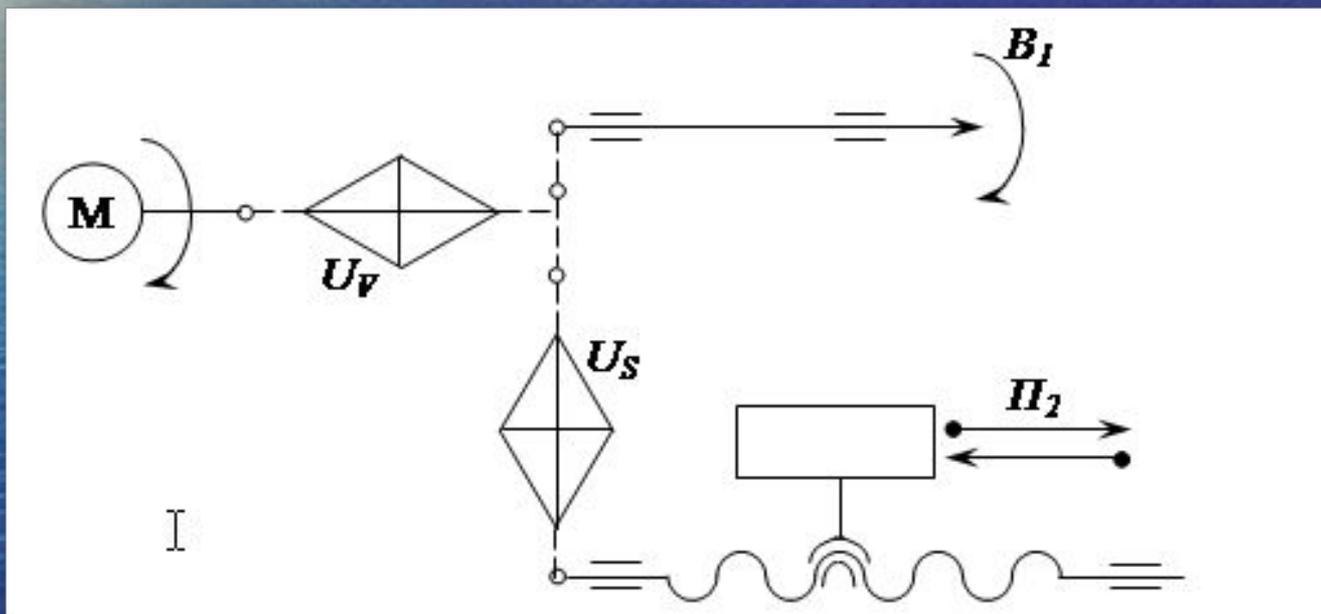
Внешняя кинематическая связь – совокупность кинематических звеньев, обеспечивающие количественные характеристики движения (скорость, путь).

Из всего многообразия кинематических структур можно выделить 3 класса

1. "Э" - кинематические структуры станков, которых состоят из простых кинематических групп, относятся к классу элементарных структур;



2. "С" - кинематические структуры станков, которых состоят из сложных кинематических групп;



3. "К" - кинематические структуры станков, которых состоят одновременно из простых и сложных кинематических групп, относятся к классу комбинированных структур.

Каждую передачу характеризует передаточное отношение i , которым называют отношение числа оборотов ведомого вала к числу оборотов ведущего вала:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2},$$

где

n_1, d_1, z_1 – соответственно частота вращения, диаметр и число зубьев ведущего элемента механизма;

n_2, d_2, z_2 – то же для ведомого элемента механизма.

Винтовая и реечная передачи отличаются от других тем, что они преобразуют вращательное движение в поступательное, поэтому они характеризуются ходом H , пройденным рейкой или гайкой за один оборот ведущего звена.

Для реечной пары ход H :

$$H = \pi \cdot m \cdot z,$$

где

m – модуль зацепления, мм;

z – число зубьев реечного колеса.

Для винтовой пары ход H :

$$H = k \cdot t_{\text{в}},$$

где

$t_{\text{в}}$ – шаг ходового винта, мм;

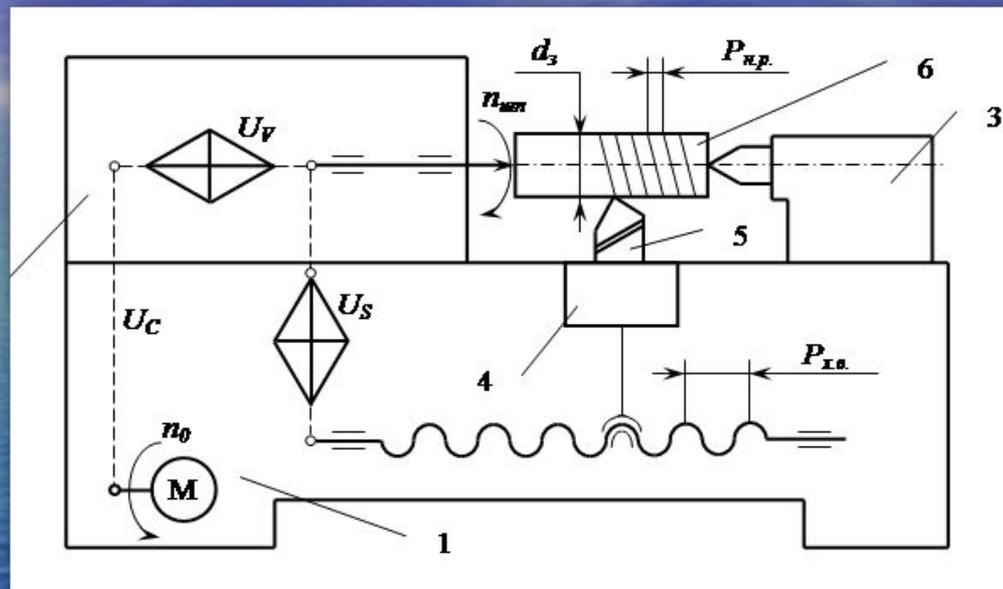
k – число заходов ходового винта.

Уравнение кинематического баланса

Уравнение, устанавливающее функциональную зависимость между величинами перемещений начального и конечного звеньев кинематической цепи, называется уравнением кинематического баланса.

Начальные звенья кинематической цепи в большинстве случаев имеют вращательное движение, конечные звенья получают как вращательное, так и прямолинейное движение.

Кинематическая схема универсальных токарно-винторезных станков



Цепь главного движения.

Уравнение кинематического баланса: $n_{шп} = n_0 U_C U_V$

$$U_V = \frac{n_{шп}}{n_0 U_C}$$

Формула настройки:

Цепь подачи.

Уравнение кинематического баланса: $P_{н.р.} = 1об.шп.*U_C U_S P_{х.с.}$

$$U_S = \frac{P_{н.р.}}{1об.шп.*U_C P_{х.с.}} = \frac{P_{н.р.}}{U_C P_{х.с.}}$$

Формула настройки:

The background of the slide features a serene sunset over a vast ocean. The sky is a deep, vibrant blue, transitioning from a lighter hue near the horizon to a darker blue at the top. Wispy, white clouds are scattered across the sky, catching the light of the setting sun. The ocean below is a rich, dark blue, with gentle ripples on its surface. A bright, glowing light source is visible on the left side of the horizon, creating a soft, golden glow that fades into the blue of the sky and sea. The overall mood is calm and expansive.

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ



Кинематический расчет привода главного движения (коробок скоростей)

Основные этапы кинематического расчета

1. Составление структурной формулы и кинематической схемы
2. Построение и анализ структурной сетки
3. Построение и анализ графика частот вращения
4. Определение передаточных отношений
5. Расчет чисел зубьев зубчатых колес коробки

Структурная формула (структура) привода

Структура коробок скоростей определяется числом и видом групповых передач, порядком их расположения и переключения и имеет определенный конструктивный и кинематический вариант.

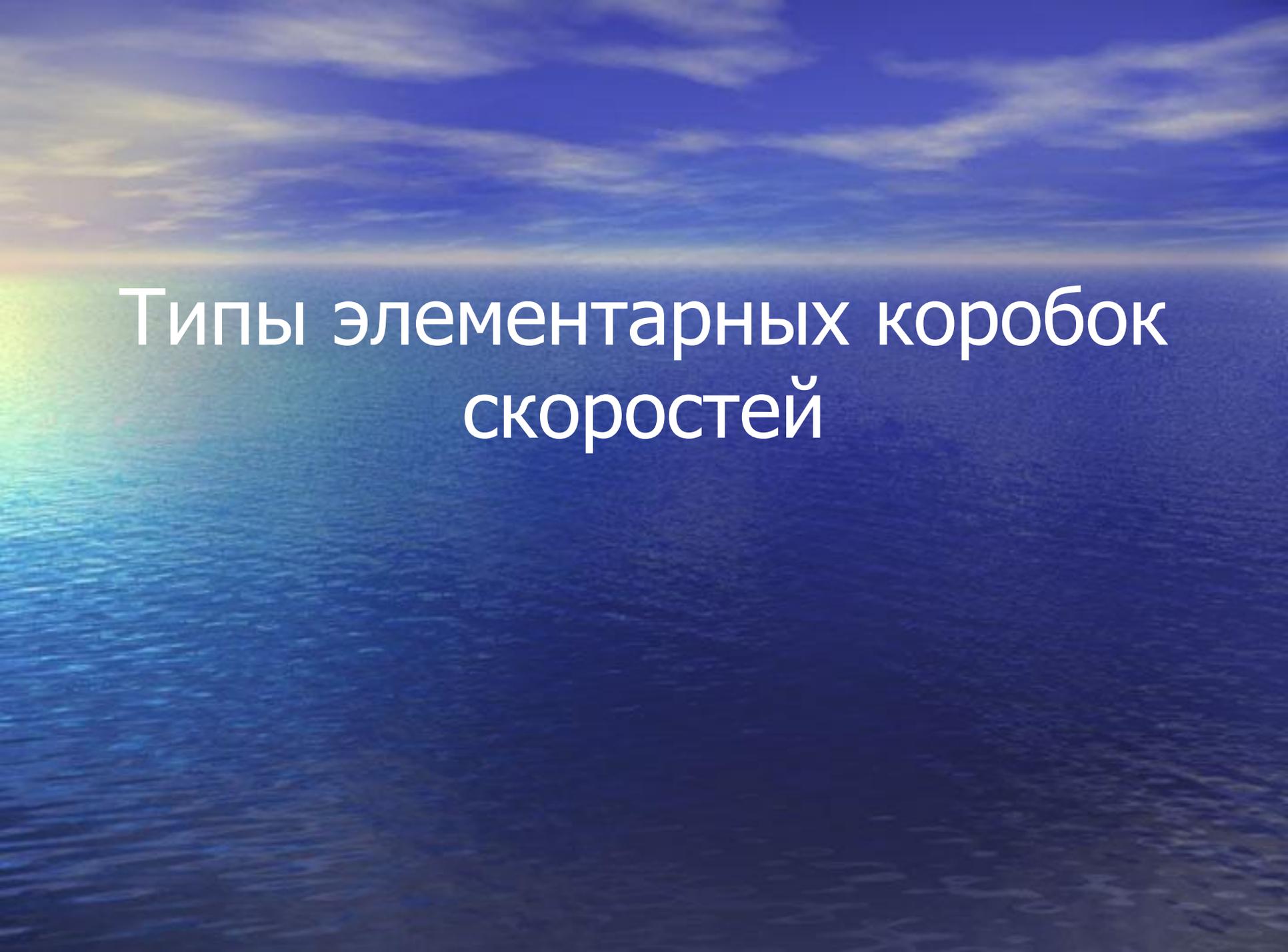
Эти варианты определяют последовательность чередования и включения групповых передач вдоль кинематической цепи коробок скоростей (приводов).

Структурная формула привода дает информацию:

- о числе ступеней привода;
 - количестве передач в каждой группе;
 - конструктивном порядке их расположения;
 - кинематической последовательности переключения
- и в общем виде записывается:

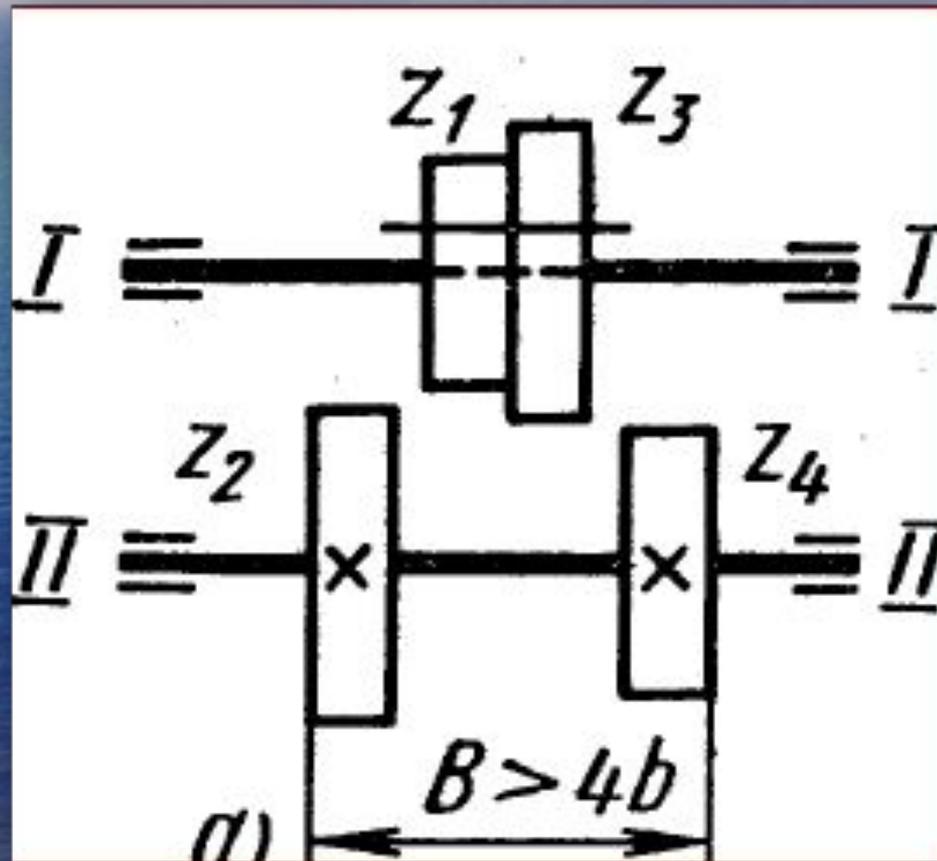
$$Z = Z_1 * Z_2 * Z_3 * \dots * Z_n$$

и состоит из элементарных приводов (кор. скоростей)

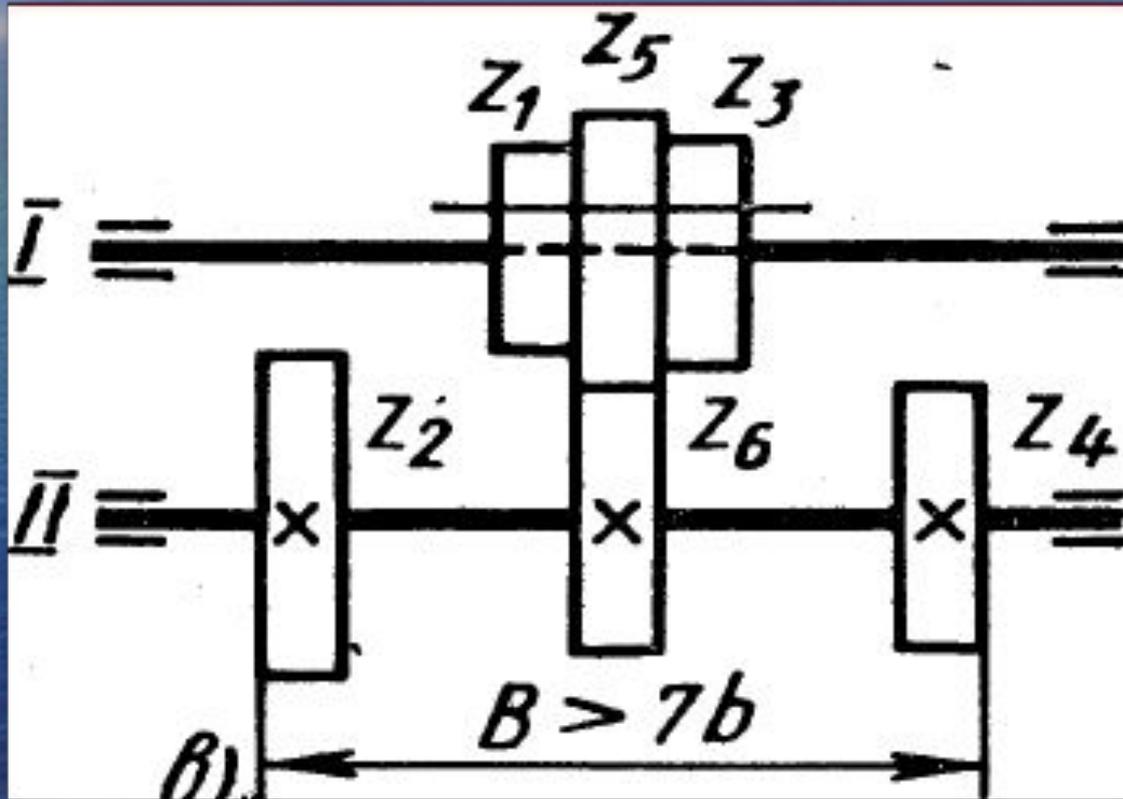
The background of the slide features a serene sunset over a vast ocean. The sky is a deep, vibrant blue, transitioning from a lighter hue near the horizon to a darker shade at the top. Wispy, white clouds are scattered across the sky, catching the light of the setting sun. The ocean below is a rich, dark blue, with gentle ripples on its surface. A bright, glowing light source, presumably the sun, is positioned on the left side of the horizon, creating a shimmering path of light across the water and a soft glow in the sky. The overall atmosphere is calm and expansive.

Типы элементарных коробок скоростей

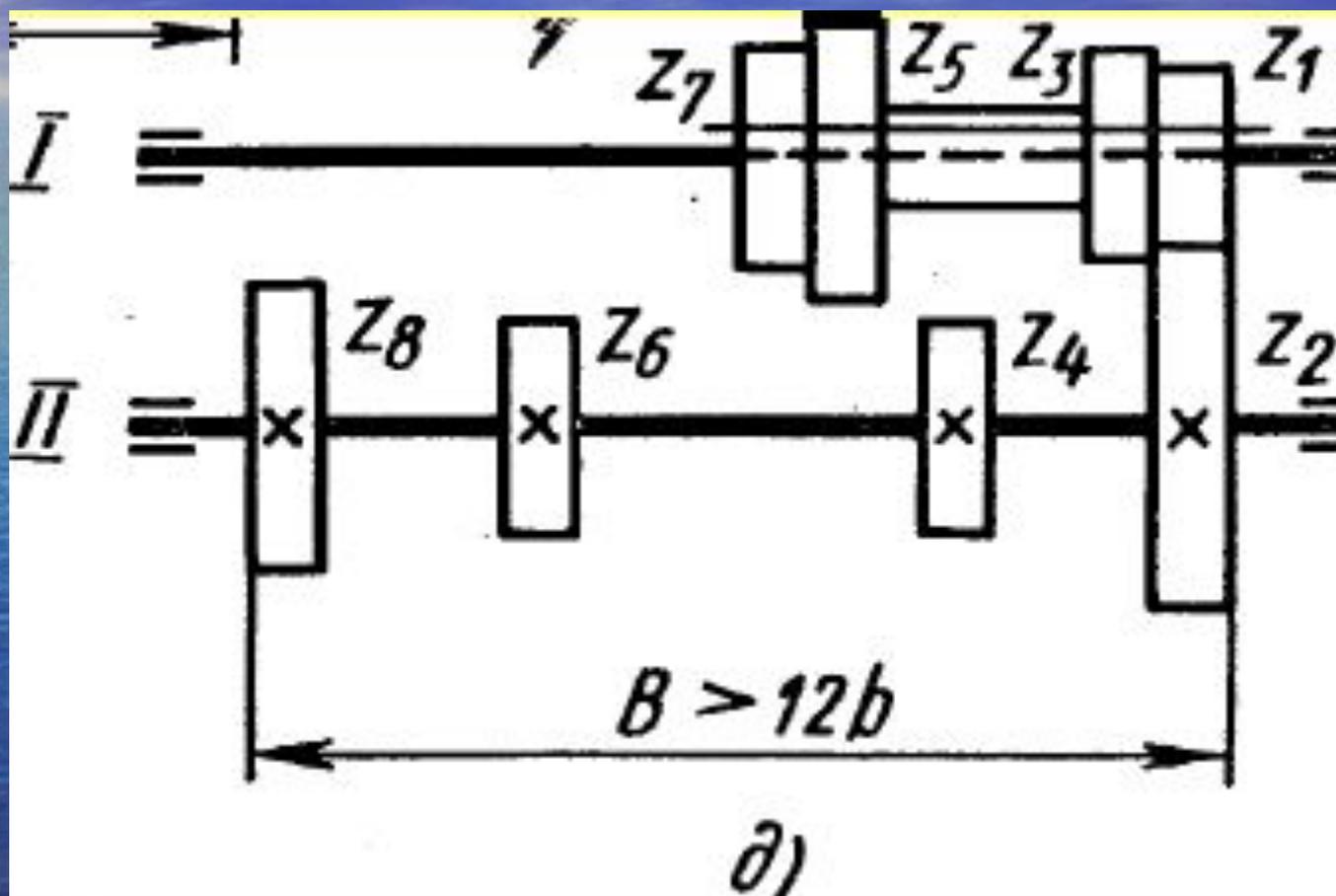
С двойным блоком: $Z=2$



С тройным блоком: $Z=3$

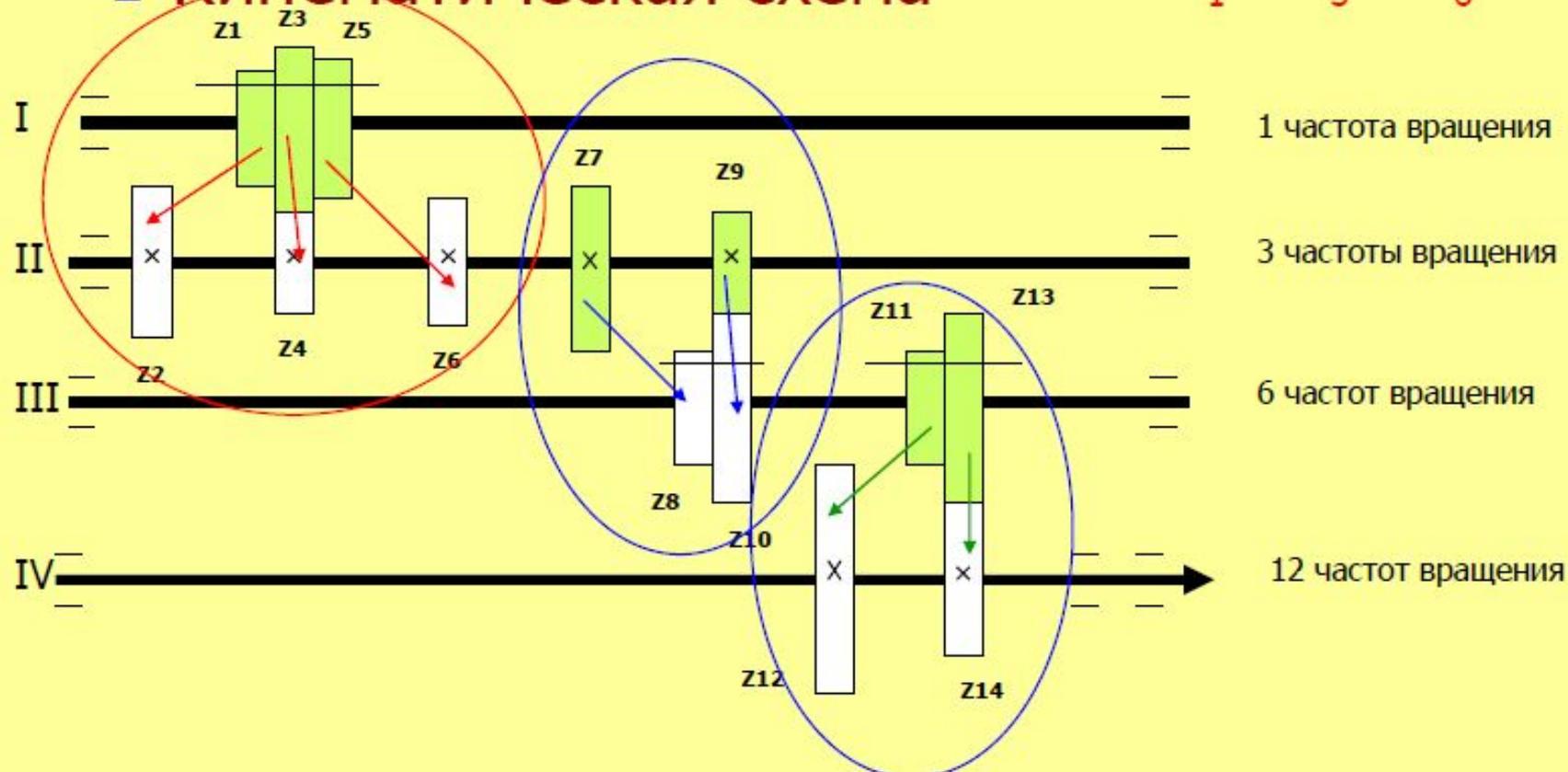


С четырехколесным блоком: $Z=4$



Составление кинематической схемы привода главного движения

■ Кинематическая схема $Z=12 = 3_1 \times 2_3 \times 2_6$



Самостоятельно

(подготовка к зачету):

$$Z=4=2*2$$

$$Z=8=2*2*2$$

$$Z=12=2*3*2$$

$$Z=16=2*2*2*2$$

$$Z=18=3*2*3$$

Составить кинематические
схемы привода.

Для кинематических расчетов коробок скоростей и подач в металлорежущих станках применяют два метода:

- аналитический;
- графоаналитический.

Оба метода позволяют находить величины передаточных отношений.

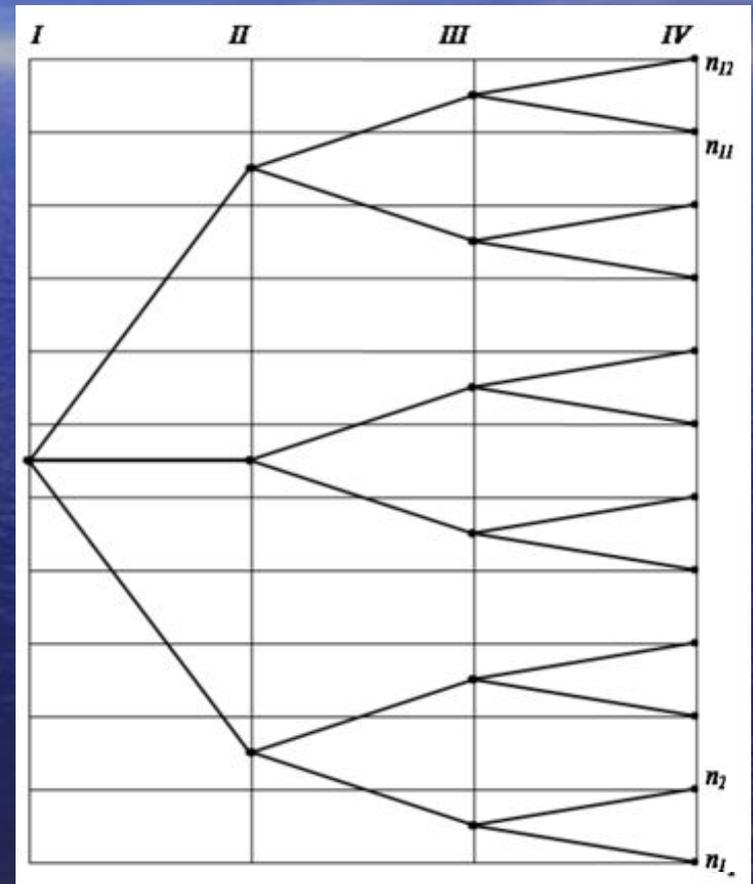
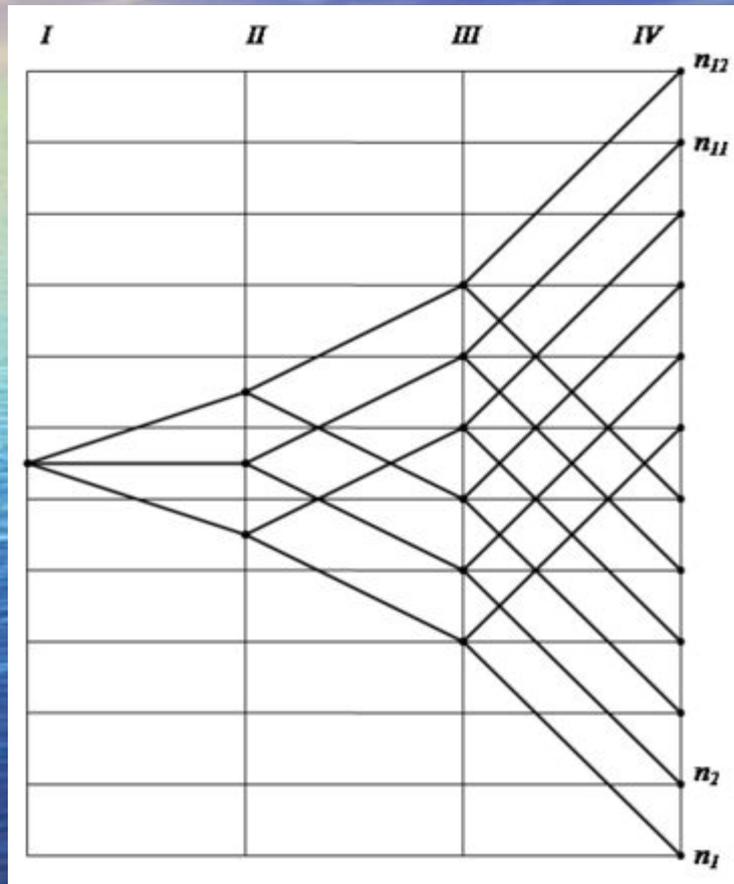
Однако, как правило, используют только **графоаналитический метод**, как наиболее информативный.

**ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ
МЕТОД РАСЧЕТА ПРИВОДА
ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Достоинством графоаналитического метода является то, что он позволяет быстро находить возможные варианты решения, обладает наглядностью и облегчает сравнение вариантов кинематических расчетов.

При графоаналитическом методе последовательно строят ***структурную сетку и график частот вращения.***

Пример построения структурной сетки для привода $Z=3 \times 2 \times 2 = 12$



Структурная сетка дает представление о структуре привода станка.

По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач.

Однако структурная сетка не дает конкретных значений передаточных отношений, но наглядно характеризует ряд структур в общей форме.

Структурная сетка содержит следующие данные о приводе:

- число групп передач;
- число передач в каждой группе;
- относительный порядок конструктивного расположения групп вдоль цепи передач;
- порядок кинематического включения групп;
- диапазон регулирования групповых передач;
- число частот вращения ведущего и ведомого валов групповой передачи.

Стандартный ряд значений геометрического ряда:

- 1,06;
- 1,12;
- 1,26(1,25);
- 1,41;
- 1,58;
- 1,78;
- 2,0.

Правило построения структурной сетки привода:

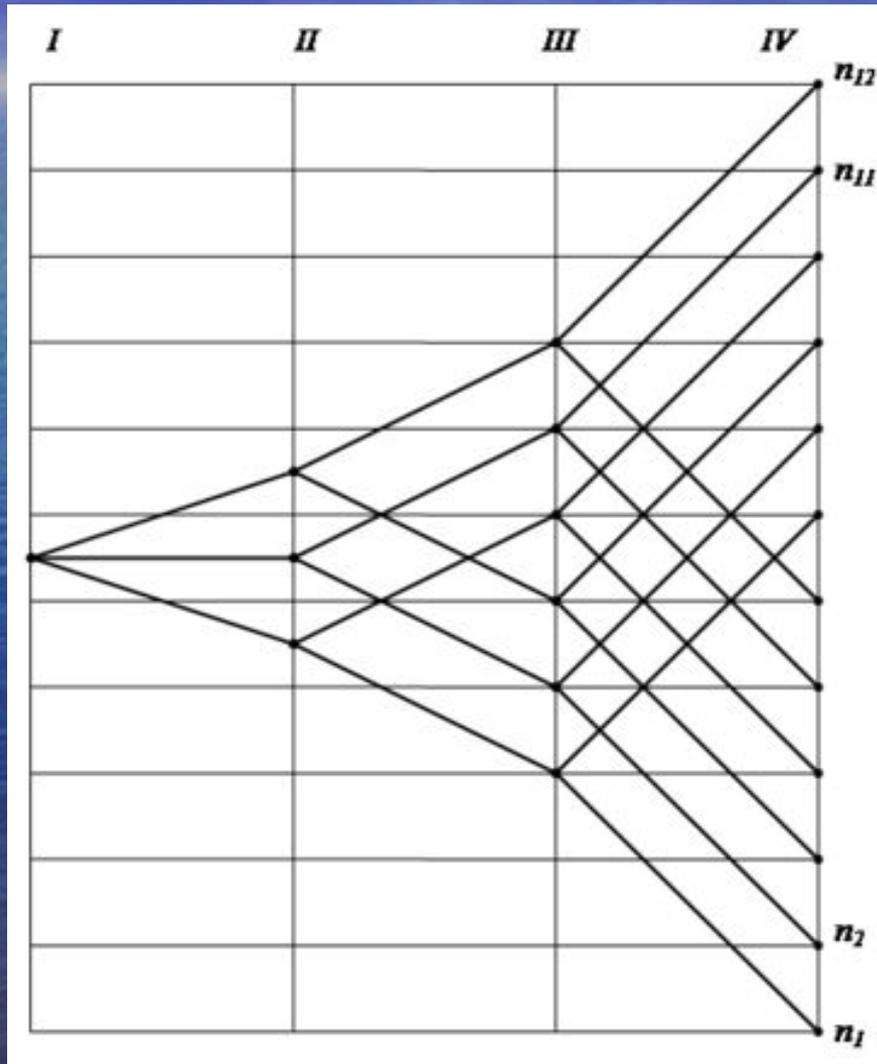
- На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых должно быть на единицу больше, чем число групповых передач;
- Затем проводят ряд горизонтальных параллельных прямых с интервалом, равным $lg\varphi$

*Примечание. Число горизонтальных прямых равно числу Z-
числу ступеней частоты вращения шпинделя*

- На середине крайней левой вертикальной линии наносят срединную точку, из которой симметрично, в соответствии с числом передач в группах, по заданной структурной формуле проводят лучи, соединяющие точки на вертикальных линиях.
- Расстояние между соседними лучами должны быть равными $X_i lg\varphi$, где X_i — характеристика соответствующей группы.

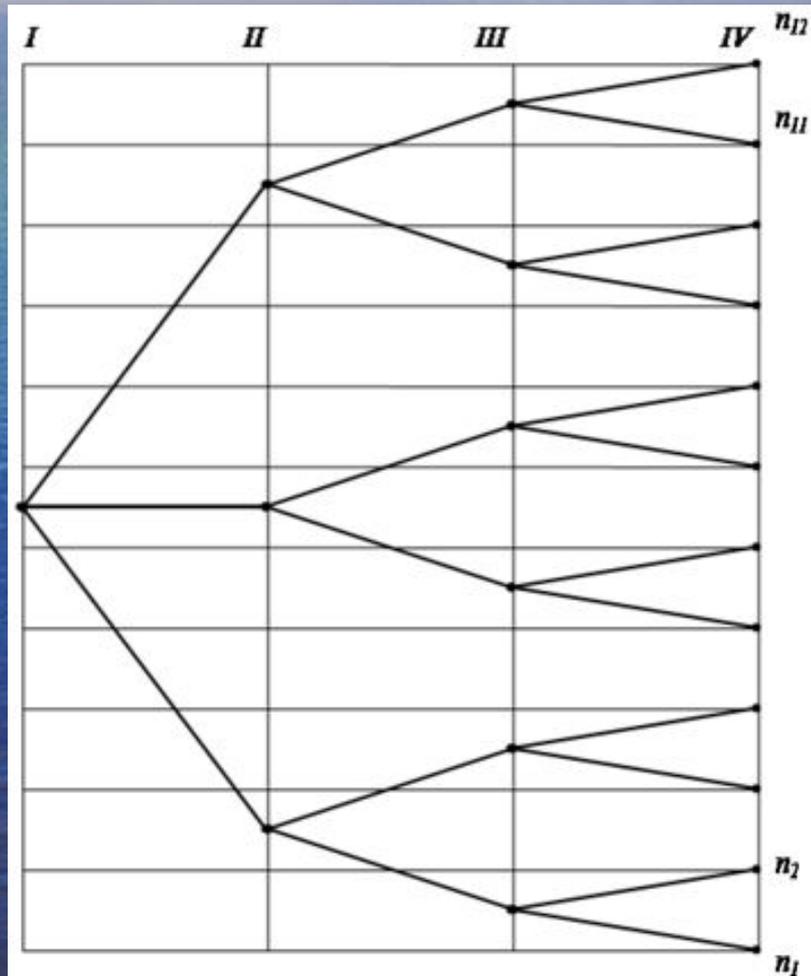
Построение структурной сетки для привода $Z=3_1 \times 2_3 \times 2_6 = 12$

(характеристики групп назначены следуя кинематическому порядку)



Построение структурной сетки для привода $Z=3_4 \times 2_2 \times 2_1 = 12$

(характеристики групп назначены противоположно следования
кинематического порядка)



Самостоятельно

(подготовка к зачету):

Построить структурную сетку привода:

$$Z=4=2*2$$

$$Z=8=2*2*2$$

$$Z=12=2*3*2$$

$$Z=16=2*2*2*2$$

$$Z=18=3*2*3$$

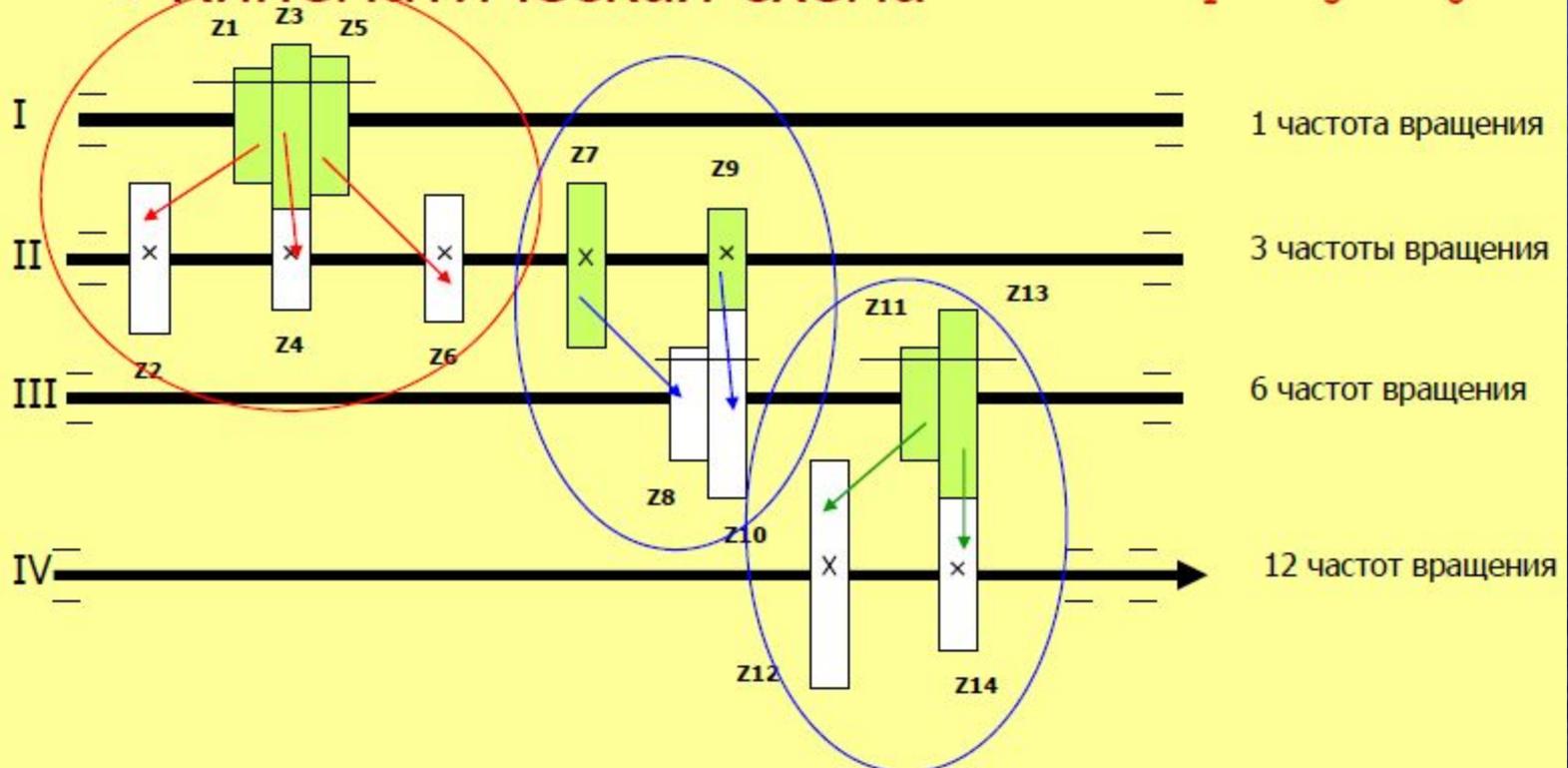
При выборе характеристик групп руководствоваться вариантом чередования групп следуя кинематическому порядку.



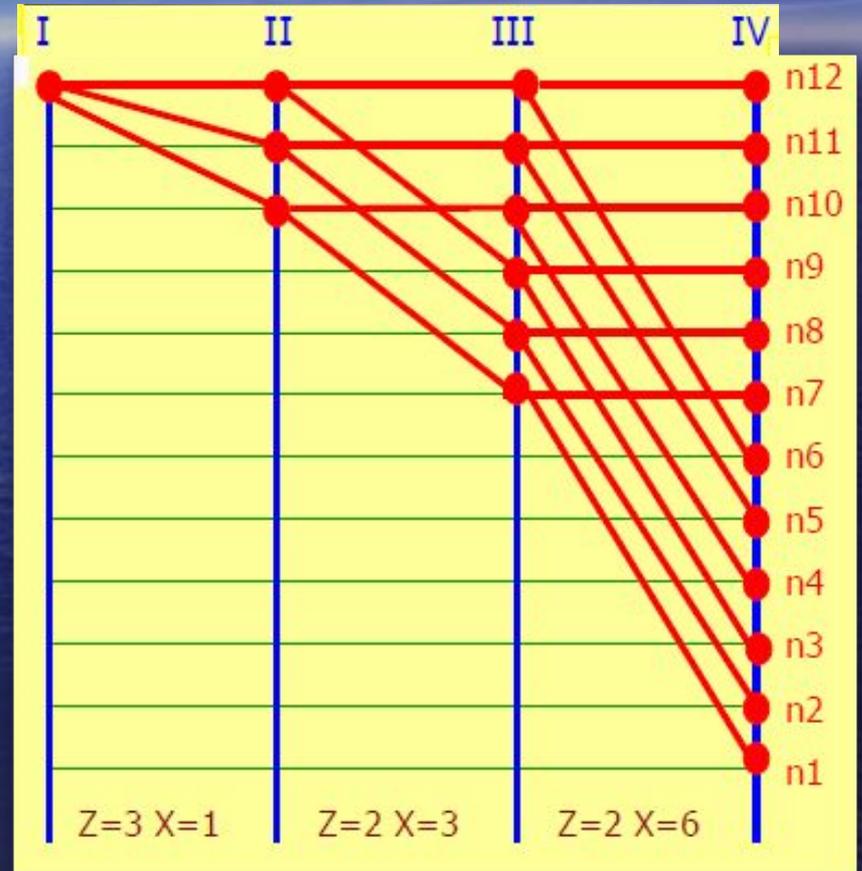
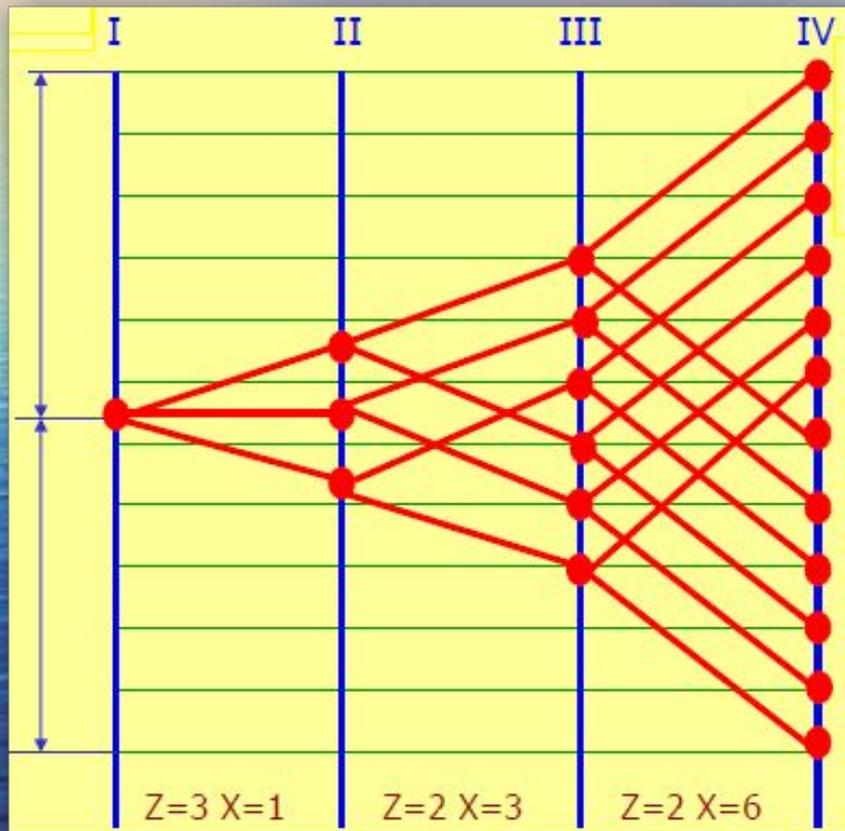
ГРАФИК ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДА

$$Z=12=3 \times 2 \times 2$$

■ Кинематическая схема $Z=12 = 3_1 \times 2_3 \times 2_6$



$$Z=12 = 3_1 \times 2_3 \times 2_6$$



Правило построения графика частот вращения

- На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых равно числу валов коробки скоростей плюс вал электродвигателя;
- На равном расстоянии друг от друга с интервалами $\lg \varphi$ проводят горизонтальные линии в количестве равном числу частот вращения привода.
- Дальнейшее построение ведем, используя принятые варианты структурных сеток.

- Луч, проведенный между вертикальными линиями, обозначает передачу между двумя валами с передаточным отношением $i = \varphi^m$ где m - число интервалов $\lg \varphi$ перекрытых лучом.
- При горизонтальном положении луча $i = 1$, при луче, направленном вверх $i > 1$ и направленном вниз $i < 1$
- Наиболее целесообразно при этом так разбить общее передаточное отношение цепи, чтобы сохранить более высокими частоты вращения промежуточных валов, в этом случае размеры коробки скоростей уменьшаются.

Структурная формула

$$Z=12 = 3_1 \times 2_3 \times 2_6$$

