

Вариант №5

Дано (исходные данные):

[illegible]

Задача:

- Выполнение работы: [3]

- Для настройки кинематической цепи необходимо составить уравнение кинематического баланса и определить передаточные отношения кинематических пар. Необходимо отметить, что передача движения от электродвигателя к выходному валу осуществляется несколькими путями. Рассмотрим каждый из них в отдельности. Предварительно уточняем, что в рассматриваемом варианте представлены в основном цилиндрические передачи, причём два цилиндрических колеса косозубые (колёса 31 и 61), передаточное отношение которых находим по формуле:

$$i = \frac{Z_1}{Z_2},$$

Движение с вала V на вал VII передаётся посредством червячной передачи:

$$i = \frac{k}{z'}$$

зде k – число заходів черв'яка, z – число зуб'єв черв'ячного колеса.

На валц V рейка; для реечной передачи имеем

$$i = P \cdot z = \pi \cdot m \cdot z,$$

где $P = \pi \cdot m$ – шаг зуба рейки, мм; z и m – число зубьев и модуль реечного колеса соответственно, мм.

Варианты переключения.

Всего возможно организовать 12 вариантов переключения.

Электродвигатель сообщает зубчатому колесу крутящий момент на входной вал, на который насажено зубчатое колесо 1. Вал электродвигателя с валом I связан через зубчатую передачу 1–2 (зубчатое колесо 2 насажено на вал I). На конце вала I зубчатое колесо 9, входящее в неподвижное зацепление с зубчатым колесом 10: следует отметить, что данная зубчатая передача не передает вращение другим валам рассматриваемой схемы, она необходима для сообщения необходимого крутящего момента соответствующим органам станка.

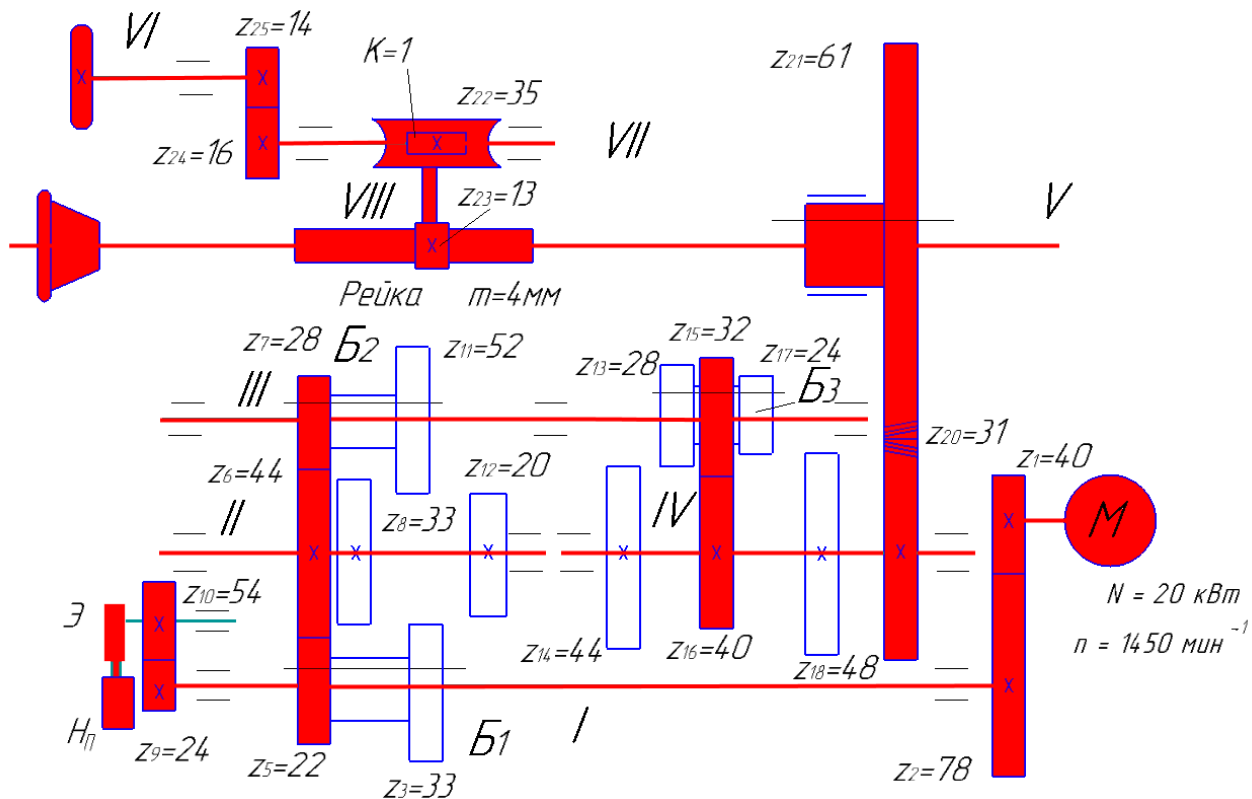
Вал II – промежуточный вал, необходимым для передачи движения с вала I на вал III. Отмечаем, что первый и второй блоки Б1 и Б2 являются подвижными на шлицах. Блоки двойные. Передача движения на вал III возможно осуществить 4-мя путями:

- Первый вариант. Вращение передается к колесу 7 от колеса 5 через колесо 6 (5–6–7). [рис. 7,1]
- Второй вариант. Блок Б2 отсоединяется от колеса 6. Вращение от колеса 5 передано на вал II через колесо 6. Блок Б2 смещается до контакта с колесом 11 с колесом 8. Таким образом, вращение с вала II передается на вал III за счет передачи 12–11. [рис. 7, 2]
- Третий вариант. Блок Б1 отсоединяется от колеса 6 и входит в зацепление с 8 зубчатым колесом. Вращение передается сначала через зацепление 3–8 на вал II, а затем через колесо 6 на вал 7 за счет организации зацепления 6–7. [рис. 7,3]
- Четвертый вариант. По аналогии с третьим вариантом заставляем вал II совершать вращательное движение. Однако на III вал передача движения осуществляется через зацепление 12–11. [рис. 7,4]

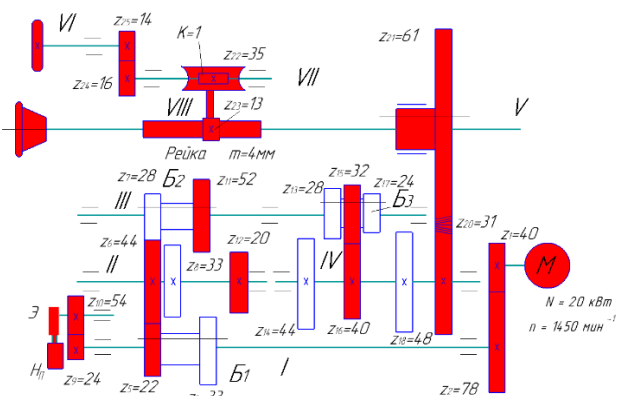
Энергия от электродвигателя передана на вал III. На валу сидит также тройной подвижный блок на шлицах Б3. Необходим для передачи движения с вала III на вал IV. Возможны три комбинации переключения. Учтываем, что они являются продолжением предыдущих 4 вариантов, то есть Б3 позволяет нам рассмотреть уже 12 вариантов переключения. Для упрощения описания идеи переключения будем считать, что энергия передана на вал III; начинаем в отдельности рассматривать переключение через Б3.

- Первый вариант. Вращение передается от вала III на вал IV через зацепление зубчатых колес 15 и 16 [рис. 1–4]
- Второй вариант. Вращение передается от вала III на вал IV через зацепление зубчатых колес 17 и 18 [рис. 5–8]
- Третий вариант. Вращение передается от вала III на вал IV через зацепление зубчатых колес 13 и 14 [рис. 9–12]

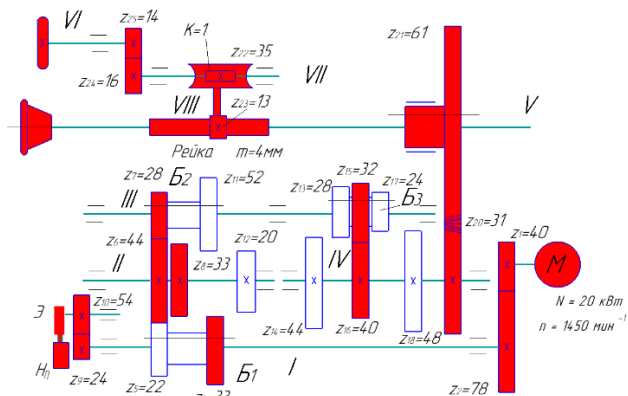
Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p>ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21</p>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			1



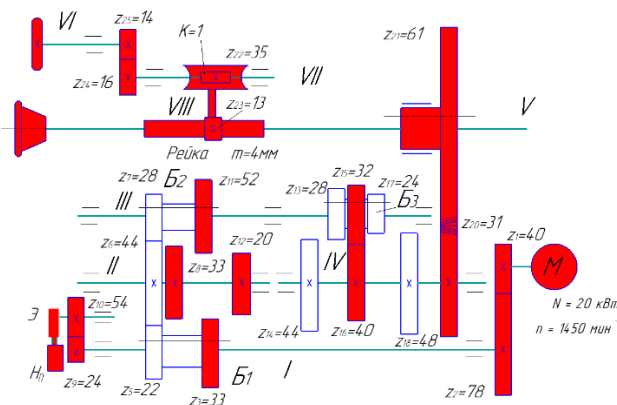
1



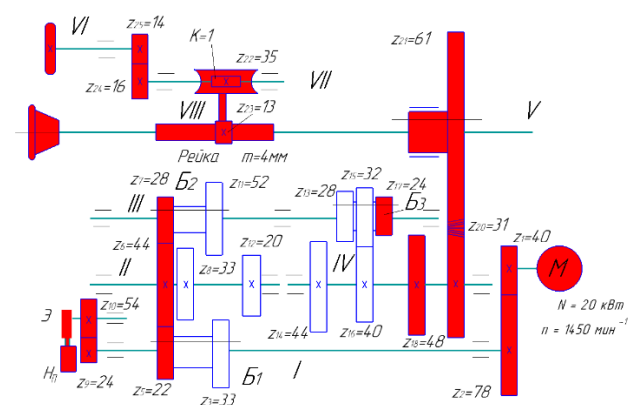
2



3

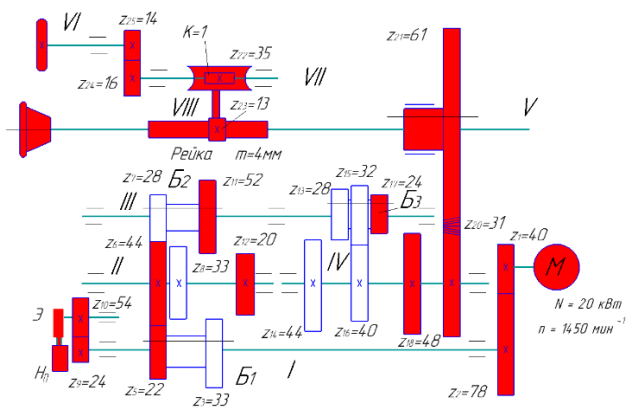


4

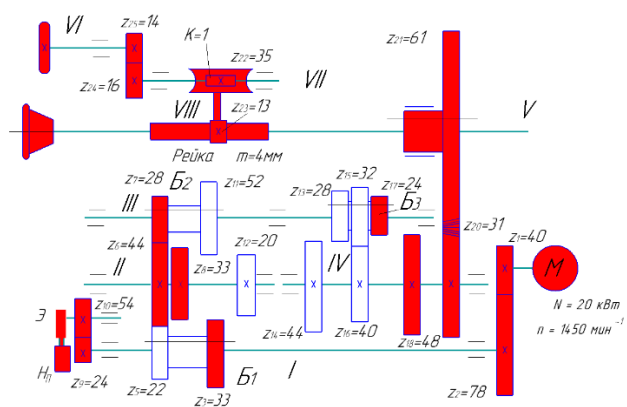


5

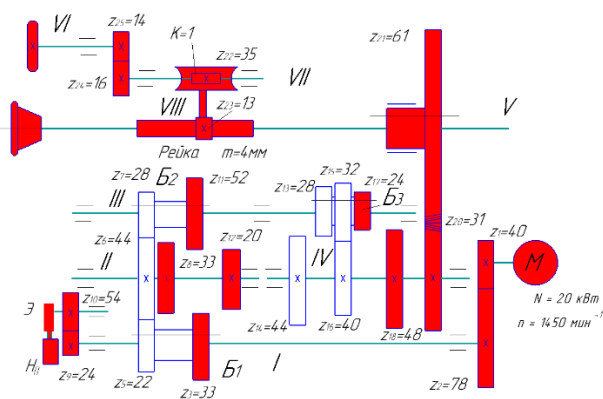
Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Изм. № подл.	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21				Лист 2



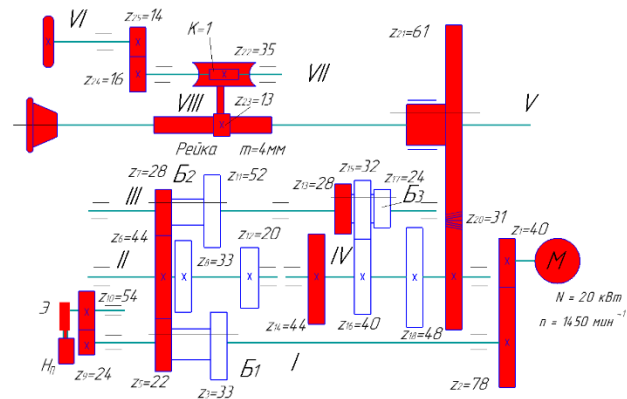
6



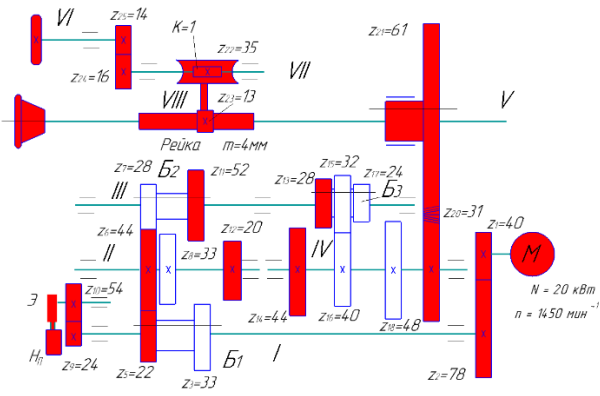
7



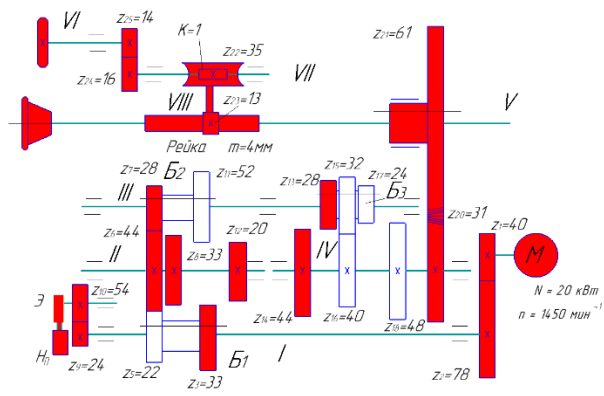
8



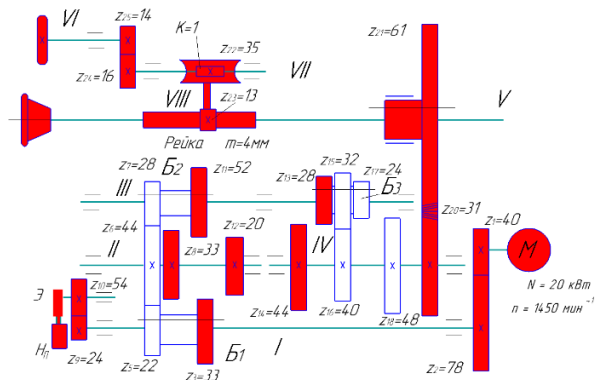
9



10



11



12

Рис. 7. Кинематические варианты работы коробки передач (вращение)

[illegible]

Движение передано на вал IV. Вал IV связан с валом V через передачу 20–21. Выше отмечалось, что зубчатые колёса косозубые. На конце вала V находится выходное звено (конец шпинделя для фрезерных работ), которое по аналогии с уже описаной передачей 9–10 необходимо для сообщения энергии органам рассматриваемого ОМП.

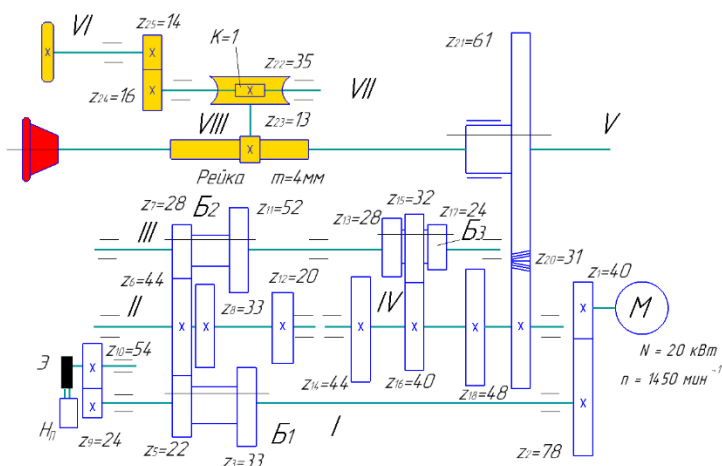


Рис. 8. Кинематическая схема коробки передач (поступательное движение)

Р.С. Нумерация колёс намерено произведена именно в таком порядке: ведущие звенья нумеровались нечётными числами, ведомые – чётными, их порядок на схеме объясняется стремлением к максимально призрачному виду. Кроме того порядок колёс на валах VI и VII намерено не был нарушен по тем же причинам, хотя движение идёт не по ходу предыдущего обхода схемы. Данные решения приняты исключительно из идейных соображений и не оказывают никакого влияния на последующее составление уравнения кинематического баланса.

Проанализировав кинематическую схему пришли к выводу, что электродвигатель в данном случае служит для передачи вращательного движения рассматриваемому шпинделю. На валу VI находится маховичок, который позволяет вообще валу V поступательное движение за счёт реечной передачи (рейка зафиксирована на валу V). Валу VII и VIII являются промежуточными, и необходимы для преобразования вращательного движения от маховичка в поступательное движение вала (маховичок передаёт вращение на вал VII через зубчатую передачу 25–24. На валу VII находится червяк. Вращательное движение с червяка передаётся через зубчатое колесо 22 на вал VIII, на конце которого насажено зубчатое колесо 23, входящее в зацепление с рейкой. Таким образом, организуется реечная передача. Рейка, как уже было сказано зафиксирована на валу V. Валу V сообщено поступательное движение, которое передаётся на конец шпинделя.

Подробно проанализировав кинематическую схему, составляем общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения. Как уже было сказано выше шпинделю сообщательное как вращательное, так и прямолинейное движение. Поскольку вал V совершает вращательное движение, и на нём находится рейка, то движения не совмещены, то есть по сути имеет место попеременное движение. Если говорить о практике применения, то методику работы коробки передач можно в данном случае описать следующим образом: через электродвигатель посредством многочисленных зубчатых зацеплений сообщается вращательное движение на шпиндель станка, с помощью маховичка через червячную и реечную передачи тому же выходному элементу сообщается прямолинейное движение в продольном относительно вала направлении.

Если начальное и конечное звенья имеют вращательное движение, то уравнение кинематического баланса в общем виде запишется

$$n_n \cdot i_{\text{кц}} = n_k,$$

где n_n и n_k – частоты вращения соответственно начального и конечного звеньев, мин⁻¹;

$i_{\text{кц}}$ – передаточное отношение кинематической цепи.

Изм. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p>служит для передачи вращательного движения вращаемому шпинделю. На валу VI находится маховичок, который позволяет вообще валу V поступательное движение за счёт реечной передачи (рейка зафиксирована на валу V). Валы VII и VIII являются промежуточными, и необходимы для преобразования вращательного движения от маховичка в поступательное движение вала (маховичок передаёт вращение на вал VII через зубчатую передачу 25–24. На валу VII находится червяк. Вращательное движение с червяка передаётся через зубчатое колесо 22 на вал VIII, на конце которого насажено зубчатое колесо 23, входящее в зацепление с рейкой. Таким образом, организуется реечная передача. Рейка, как уже было сказано зафиксирована на валу V. Вал V сообщено поступательное движение, которое передаётся на конец шпинделя.</p> <p>Подробно проанализировав кинематическую схему, составляем общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения. Как уже было сказано выше шпинделю сообщательное как вращательное, так и прямолинейное движение. Поскольку вал V совершает вращательное движение, и на нём находится рейка, то движения не совмещены, то есть по сути имеет место попеременное движение. Если говорить о практике применения, то методику работы коробки передач можно в данном случае описать следующим образом: через электродвигатель посредством многочисленных зубчатых зацеплений сообщается вращательное движение на шпиндель станка, с помощью маховичка через червячную и реечную передачи тому же выходному элементу сообщается прямолинейное движение в продольном относительно вала направлении.</p> <p>Если начальное и конечное звенья имеют вращательное движение, то уравнение кинематического баланса в общем виде запишется</p> $n_{\text{н}} \cdot i_{\text{кц}} = n_{\text{к}},$ <p>где $n_{\text{н}}$ и $n_{\text{к}}$ – частоты вращения соответственно начального и конечного звеньев, мин⁻¹;</p> <p>$i_{\text{кц}}$ – передаточное отношение кинематической цепи.</p>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21	Лист				
						4				

Уравнение кинематического баланса для цепи, у которой начальное звено имеет вращательное движение, а конечное – прямолинейное, имеет следующий общий вид:

$$n_{\text{H}} \cdot i_{\text{KII}} \cdot H = S_{\text{K}},$$

где H – ход кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное, мм/об:

S_k – линейное перемещение конечного звена, мм/с.

Величина хода H равна перемещению прямолинейно движущегося звена за один оборот вращающегося звена. Для реечной передачи: $H = \pi \cdot m \cdot z$, где m – модуль зацепления, мм; z – число зубьев реечного колеса.

Таким образом,

$$n = 1450 \cdot 40/78 \cdot 22/44 (\text{или } 33/33) \cdot 44/28 (\text{или } 20/52) \cdot 32/40 (\text{или } 24/48, \text{ или } 28/44) \cdot 31/61$$

об/мин – общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения (вращение).

Составим уравнение кинематического баланса цепи главного движения для минимальной частоты вращения шпинделя:

$$n_{min} = 1450 * 40 / 78 * 22 / 44 * 20 / 52 * 24 / 48 * 31 / 61 \text{ од./мун.}$$

Составим уравнение кинематического баланса цепи главного движения для максимальной частоты вращения шпинделя:

$$n_{max} = 1450 \cdot 40 / 78 \cdot 33 / 33 \cdot 44 / 28 \cdot 28 / 44 \cdot 31 / 61 \text{ од./мун.}$$

Для прямолинейного движения общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения имеет вид:

$$S_{\text{прод}} = n_{\text{н}} * 14 / 16 * 1 / 35 * 35 / 13 * 3,14 * 4 * 13, \text{ где } n_{\text{н}} - \text{частота вращения маховичка.}$$

Кроме того, для выходного элемента Э и Нп [см. нижнюю часть схемы] общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения имеет вид: $n = 1450 \cdot 40 / 78 \cdot 24 / 54$.

2. Построение структурной сетки коробки передач.

Построение структурной сетки привода необходимо для расчёта передаточных отношений кинематических пар. Данная работа была произведена в предыдущем пункте данной практической работы. Кинематическая схема множительной структуры на рисунках 7 и 8. Однако для построения структурной сетки нам необходимо упростить и идеализировать некоторые элементы предыдущих схем. [см. рис. 9]

Анализируя предыдущий пункт практической работы, а именно рисунок 7, делаем вывод, что для рассматриваемой коробки скоростей характерна множительная структура, и число скоростей z равняется 12. Структурная формула имеет вид: $z = P_a \cdot P_b \cdot P_c = 2_1 \cdot 2_2 \cdot 3_4$, где P_a, P_b, P_c – первая, вторая и третья групповые передачи соответственно.

Двенадцать скоростей на выходном валу V получается следующим образом: на вал I от электродвигателя передаётся одна скорость, с вал I на вал II — две скорости при помощи подвижного блока из двух шестерён через зубчатые колёса $z_1 - z_2$ (когда блок Б1 находится в правом положении) и $z_3 - z_4$ (когда блок Б1 находится в левом положении). Таким образом, вал II имеет две частоты вращения.

Благодаря групповой передаче P_b с вала II на вал III могут быть переданы две имеющиеся частоты вращения двумя путями (т.е. дважды) при помощи блока Б2: через зубчатые колёса $z_4 - z_5$ и $z_7 - z_6$. Таким образом, вал III имеет четыре различных частоты, определяемых произведением $P_a \cdot P_b = 2 \cdot 2 = 4$. За счёт групповой передачи P_c четыре частоты, которые имеет вал III, могут передаваться на вал IV (который посредством передачи P_d с числом передач равным единице

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p>Кроме того, для выходного элемента Э и Нп [см. нижнюю часть схемы] общее уравнение кинематического баланса цепи главного движения имеет вид: $n = 1450 \cdot 40 / 78 \cdot 24 / 54$.</p> <p><u>2. Построение структурной сетки коробки передач.</u></p> <p>Построение структурной сетки привода необходимо для расчёта передаточных отношений кинематических пар. Данная работа была произведена в предыдущем пункте данной практической работы. Кинематическая схема множительной структуры на рисунках 7 и 8. Однако для построения структурной сетки нам необходимо упростить и идеализировать некоторые элементы предыдущих схем. [см. рис. 9]</p> <p>Анализируя предыдущий пункт практической работы, а именно рисунок 7, делаем вывод, что для рассматриваемой коробки скоростей характерна множительная структура, и число скоростей z равняется 12. Структурная формула имеет вид: $z = P_a \cdot P_b \cdot P_c = 2_1 \cdot 2_2 \cdot 3_4$, где P_a, P_b, P_c – первая, вторая и третья групповые передачи соответственно.</p> <p>Двенадцать скоростей на выходном валу V получается следующим образом: на вал I от электродвигателя передаётся одна скорость, с вал I на вал II – две скорости при помощи подвижного блока из двух шестерён через зубчатые колёса $z_1 - z_2$ (когда блок Б1 находится в правом положении) и $z_3 - z_4$ (когда блок Б1 находится в левом положении). Таким образом, вал II имеет две частоты вращения.</p> <p>Благодаря групповой передаче P_b с вала II на вал III могут быть переданы две имеющиеся частоты вращения двумя путями (т.е. дважды) при помощи блока Б2: через зубчатые колёса $z_4 - z_5$ и $z_7 - z_6$. Таким образом, вал III имеет четыре различных частоты, определяемых произведением $P_a \cdot P_b = 2 \cdot 2 = 4$. За счёт групповой передачи P_c четыре частоты, которые имеет вал III, могут передаваться на вал IV (который посредством передачи P_d с числом передач равным единицы</p>
						<p>ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	5

соединён с валом V (шпиндель) трижды через зубчатые колёса $z_9 - z_8$, $z_{11} - z_{10}$ и $z_{13} - z_{12}$ при помощи блока Б3. На структурную сетку группа P_d отображаться не будет.

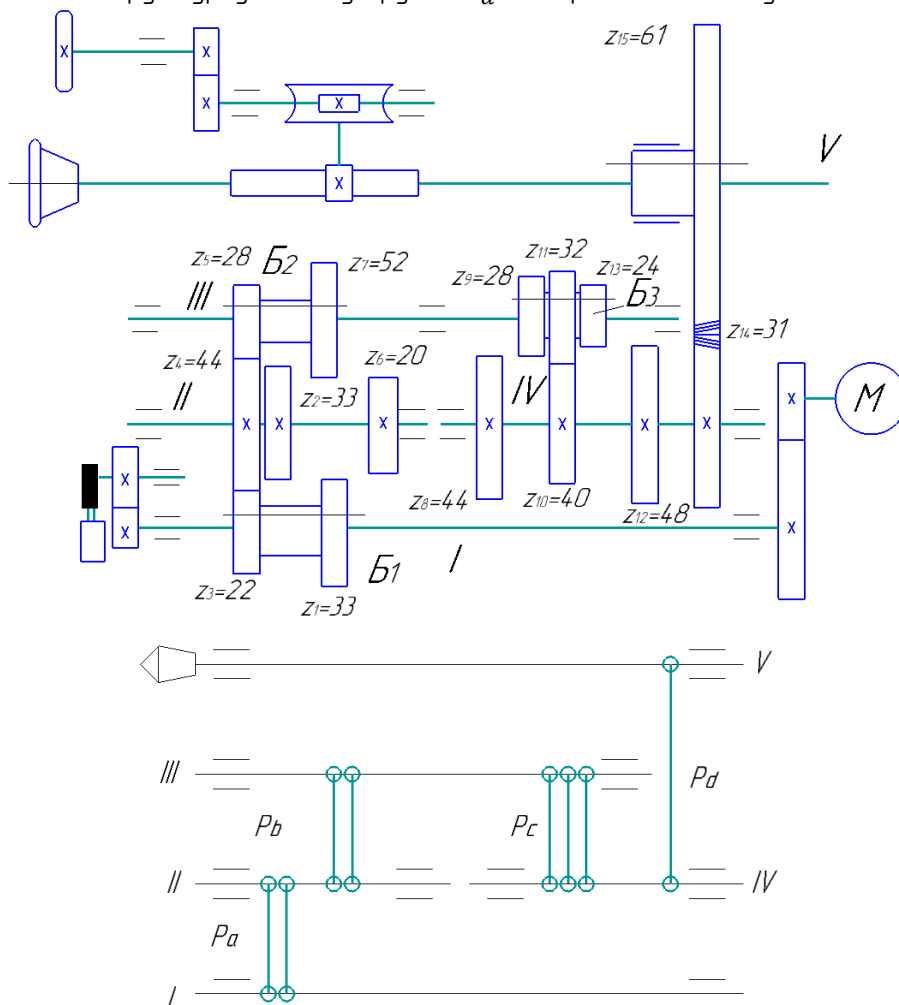


Рис. 9. Кинематическая схема множительной структуры в классическом и упрощённом вариантах

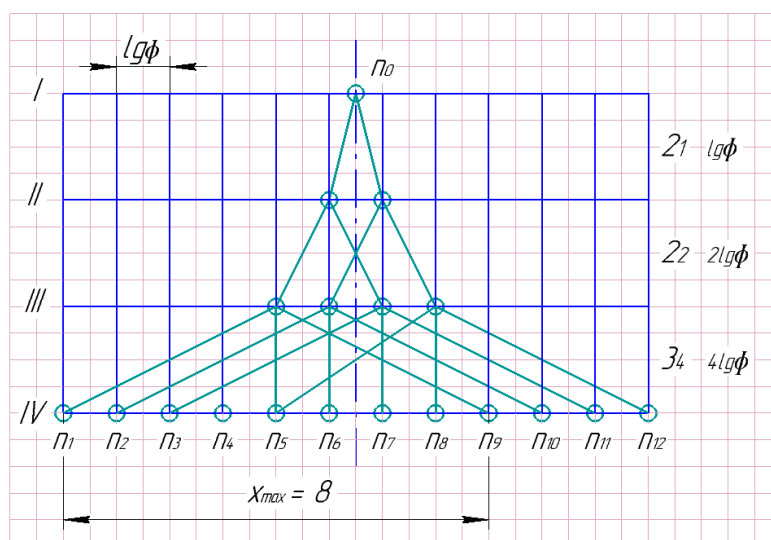


Рис. 10. Структурная сетка

Характеристика групповой передачи P_a равна единице, так как этой передаче предшествует одна скорость (при условии, что электродвигатель М односкоростной). Характеристика обозначается буквой x . Тогда $x_1 = 1$.

Изм. № подл.	Подп. и дата				
	Инв. № дубл.				
	Взам. инв. №				
	Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21
					Лист
					6

Групповой передаче P_b предшествуют две скорости, т.е. $x_2 = 2$. Групповой передаче P_c предшествуют 4 скорости, т.е. $x_3 = 4$.

Строим структурную сетку множительной структуры. Порядок построения описан в предыдущей практической работе. [см. рис. 10]

3. Расчёт частот вращений выходного вала коробки передач (шпинделя), определение диапазона регулирования и знаменателя геометрической прогрессии.

Диапазон регулирования определяется по формуле:

$$R = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{377,89}{36,34} \approx 10,4 .$$

n_{min} и n_{max} были составлены выше [см. пункт 1]

$$n_{min} = 1450 \cdot 40 / 78 \cdot 22 / 44 \cdot 20 / 52 \cdot 24 / 48 \cdot 31 / 61 \approx 36,34 \text{ об/мин.}$$

$$n_{max} = 1450 \cdot 40 / 78 \cdot 33 / 33 \cdot 44 / 28 \cdot 28 / 44 \cdot 31 / 61 \approx 377,89 \text{ об/мин.}$$

Знаменатель геометрической прогрессии φ при известном количестве частот вращения или подач z и диапазоне регулирования D находится по формуле:

$$\varphi = \sqrt[z-1]{D} = \sqrt[12-1]{10,4} \approx 1,237 .$$

Значение φ округляем до стандартного значения 1,26.

Если известны φ , z , n_{max} , n_{min} , то можно определить любые промежуточные значения частот по общей формуле

$$n_i = n_{i-1} \cdot \varphi ,$$

где n_i , n_{i-1} – последующая и предшествующая частоты вращения в геометрическом ряду.

$$n_1 = n_{min} = 37,5 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = n_1 \cdot \varphi = 37,5 \cdot 1,26 = 47,5 \text{ об/мин}$$

$$n_3 = n_2 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^2 = 37,5 \cdot 1,26^2 = 60 \text{ об/мин}$$

$$n_4 = n_3 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^3 = 37,5 \cdot 1,26^3 = 75 \text{ об/мин}$$

$$n_5 = n_4 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^4 = 37,5 \cdot 1,26^4 = 95 \text{ об/мин}$$

$$n_6 = n_5 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^5 = 37,5 \cdot 1,26^5 = 118 \text{ об/мин}$$

$$n_7 = n_6 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^6 = 37,5 \cdot 1,26^6 = 150 \text{ об/мин}$$

$$n_8 = n_7 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^7 = 37,5 \cdot 1,26^7 = 190 \text{ об/мин}$$

$$n_9 = n_8 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^8 = 37,5 \cdot 1,26^8 = 236 \text{ об/мин}$$

$$n_{10} = n_9 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^9 = 37,5 \cdot 1,26^9 = 300 \text{ об/мин}$$

$$n_{11} = n_{10} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{10} = 37,5 \cdot 1,26^{10} = 375 \text{ об/мин}$$

$$n_{12} = n_{11} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{11} = 37,5 \cdot 1,26^{11} = 475 \text{ об/мин}$$

$$\text{Проверка: } n_{12} = n_{max} = n_{min} \cdot \varphi^{z-1} = 37,5 \cdot 1,26^{12-1} \approx 476,55 = 475 \text{ об/мин.}$$

Ряд частот вращений шпинделя:

37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 236; 300; 375; 475 об/мин.

Вывод: Произведя анализ полученных результатов при составлении уравнения баланса, а именно рассмотрения кинематических вариантов, а также структурной сетки, можно сделать вывод, что полученные значения удовлетворяют всем требованиям. При рассмотрении кинематических вариантов (аналитический метод) выявили, что возможны 12 различных вариантов переключения.

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21	
						Лист
						7

При составлении структурной сетки (графо-аналитический метод) определили, что на выходе имеется 12 скоростей. Следовательно, полученные значения при двух различных способах нахождения абсолютно идентичны. Промежуточные выводы смотреть в выполнении работы.

Изм. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21			Лист
								8

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21

Лист

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Гуртяков А.М. Расчёт и проектирование металлорежущих станков: уч. пос. / А.М.Гуртяков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 136 с.
- [2] Шкарин Б.А Ш 66 Оборудование автоматизированного машиностроительного производства: учебно-методическое пособие / Б.А. Шкарин, В.В. Яхричев. – Вологда, ВоГТУ, 2009. – 95 с.
- [3] Металлорежущие станки: метод. указания к лаб. работам / сост.: В.Н. Жарков, В.Г. Гусев, Н.В. Жарков; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 144 с.
- [4] Кинематический расчёт коробки скоростей металлорежущих станков. URL: https://studbooks.net/2546059/tovarovedenie/kinematicheskiy_rasschyot_korobki_skorostey. Дата обращения: 25.05.2020.
- [5] Построение графика частот вращений. URL: <https://vunivere.ru/work22919/page5>. Дата обращения: 27.05.2020.
- [6] ГОСТ 13733-77. Колёса зубчатые цилиндрические мелкомодульные прямозубые и косозубые. Типы. Основные параметры и размеры. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/15728/>. Дата обращения: 27.05.2020.

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						10