

Практическая работа №4: «Построение графика частот вращений»

Цель работы: повышение навыков построения графиков частот вращений для коробки скоростей по структурной сетке, выбранной за максимальную в первой работе данного журнала; определение чисел зубьев.

Исходные данные:

Структурная формула: $z = 4_1 \cdot 2_4 \cdot 2_8$.

- минимальная частота вращения шпинделя $n_1 = 160$ об/мин;
- знаменатель геометрического ряда $\varphi = 1,26$;
- число ступеней частоты вращения шпинделя $z = 16$.

Выбираем электродвигатель. Опираемся данными для асинхронных короткозамкнутых трёхфазных двигателей серии 4А общепромышленного применения, закрытые обдуваемые. Номинальная мощность $N = 5,5$ кВт. Желательно выбирать частоту вращения ближайшую большую от рассчитанной. Принимаем частоту вращения n равной 3000 об/мин.

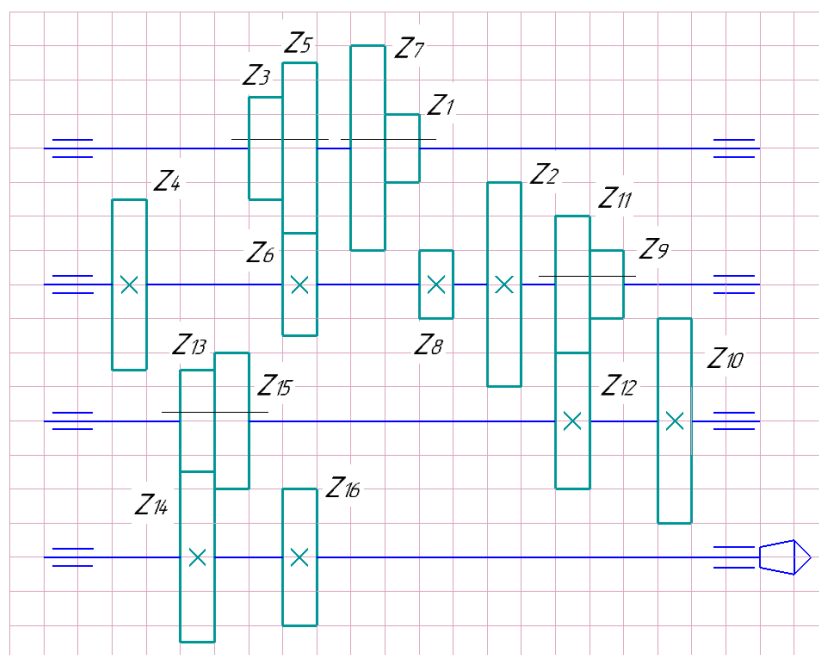


Рис. 13. Кинематическая схема множительной структуры

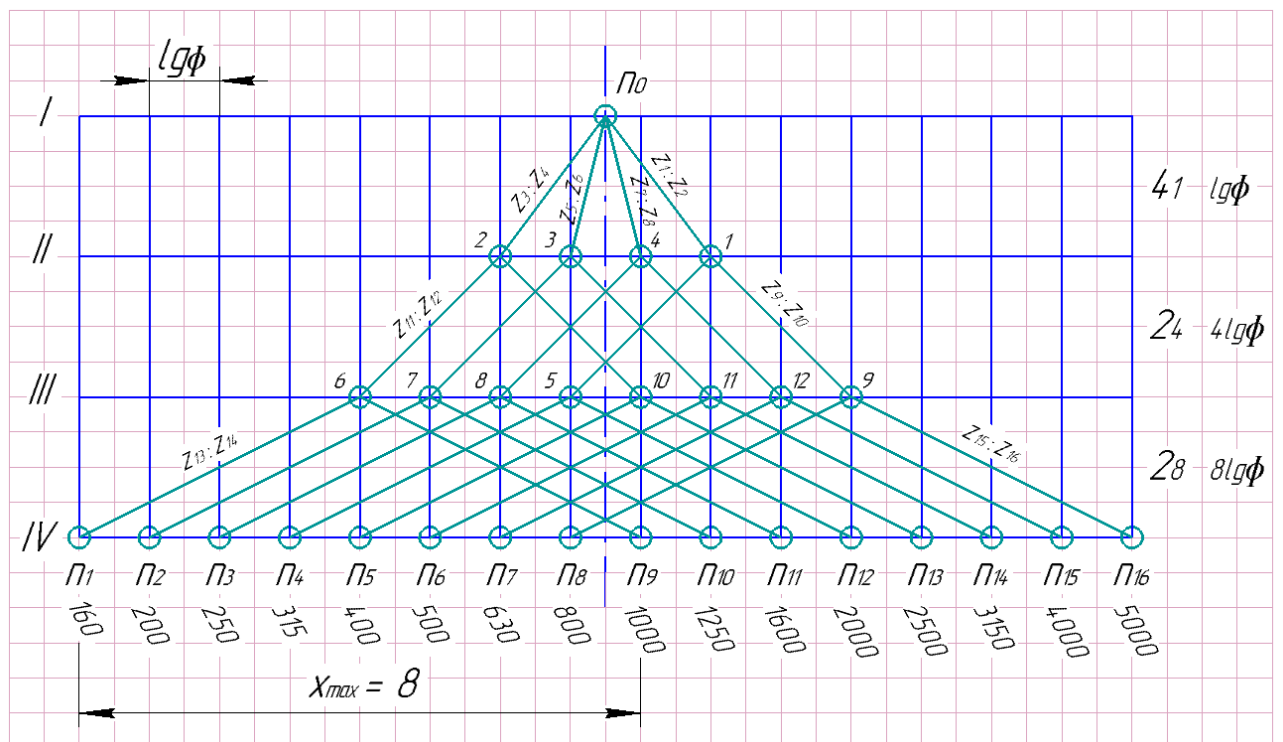


Рис. 14. Структурная сетка

Выполнение работы:

Структурная сетка даёт ясное представление о структуре привода станка. По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач (групповой передачей называют совокупность передач между двумя последовательными валами коробки скоростей); однако сетка не даёт конкретных значений этих величин. Она наглядно характеризует ряд структур приводов в общей форме. График частоты вращения позволяет определить конкретные величины передаточных отношений всех передач привода и частоты вращения всех его валов. Его строят в соответствии с кинематической схемой привода. [41] Иными словами, график частот вращений служит для определения частных и общих передаточных отношений; мы можем определить конкретные частоты на выходе, на каждом валу. Расчётные частоты вращения определяются по Гадолину, а фактические по графику частот вращений.

В практической работе №1 по Гадолину был сформирован ряд частот вращений согласно предложенным в задании минимальной частоте вращения шпинделя и знаменателя рады геометрической прогрессии. Были получены следующие значения:

$$\begin{aligned} n_1 &= 160 \text{ об/мин} \\ n_2 &= n_1 \cdot \varphi = 160 \cdot 1,26 = 200 \text{ об/мин} (201,6; 1,6) \\ n_3 &= n_2 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^2 = 160 \cdot 1,26^2 = 250 \text{ об/мин} (254,02; 4,02) \\ n_4 &= n_3 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^3 = 160 \cdot 1,26^3 = 315 \text{ об/мин} (320,06; 5,06) \\ n_5 &= n_4 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^4 = 160 \cdot 1,26^4 = 400 \text{ об/мин} (403,28; 3,28) \\ n_6 &= n_5 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^5 = 160 \cdot 1,26^5 = 500 \text{ об/мин} (508,13; 8,13) \\ n_7 &= n_6 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^6 = 160 \cdot 1,26^6 = 630 \text{ об/мин} (640,24; 10,24) \\ n_8 &= n_7 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^7 = 160 \cdot 1,26^7 = 800 \text{ об/мин} (806,7; 6,7) \\ n_9 &= n_8 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^8 = 160 \cdot 1,26^8 = 1000 \text{ об/мин} (1016,45; 16,45) \\ n_{10} &= n_9 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^9 = 160 \cdot 1,26^9 = 1250 \text{ об/мин} (1280,72; 30,72) \\ n_{11} &= n_{10} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{10} = 160 \cdot 1,26^{10} = 1600 \text{ об/мин} (1613,71; 13,71) \\ n_{12} &= n_{11} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{11} = 160 \cdot 1,26^{11} = 2000 \text{ об/мин} (2033,27; 33,27) \\ n_{13} &= n_{12} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{12} = 160 \cdot 1,26^{12} = 2500 \text{ об/мин} (2561,93; 61,93) \\ n_{14} &= n_{13} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{13} = 160 \cdot 1,26^{13} = 3150 \text{ об/мин} (3288,03; 138,03) \\ n_{15} &= n_{14} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{14} = 160 \cdot 1,26^{14} = 4000 \text{ об/мин} (4067,31; 67,31) \\ n_{16} &= n_{15} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{15} = 160 \cdot 1,26^{15} = 5000 \text{ об/мин} (5124,81; 124,81) \end{aligned}$$

Получили следующий ряд:

160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 об/мин.

Из условия ограничения габаритов зубчатых колес, их массы, а также снижения шума руководствуемся предельными ограничениями на передаточные отношения при проектировании коробки скоростей металлорежущих станков, рассмотренных выше, строим график частот вращения на основании оптимальной структурной сетки (остальные по аналогии):

$$z = 4_1 \cdot 2_4 \cdot 2_8.$$

График частот вращений представлен на рис. 15.

Этапность построения графика частот вращений:

– Строим исходную сетку графика так же, как и исходную сетку для структурной сетки. Перед валом I изображаем «0» вал электродвигателя. Всего получено пять валов.

На равном расстоянии друг от друга с интервалами φ проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1 . [4]

График в отличие от структурной сетки строят в полном соответствии с кинематической схемой – изображают все валы, в том числе и те, между которыми расположены одиночные передачи. [5]

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	$n_{10} = n_9 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^9 = 160 \cdot 1,26^9 = 1250 \text{ об/мин (1280,72; 30,72)}$ $n_{11} = n_{10} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{10} = 160 \cdot 1,26^{10} = 1600 \text{ об/мин (1613,71; 13,71)}$ $n_{12} = n_{11} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{11} = 160 \cdot 1,26^{11} = 2000 \text{ об/мин (2033,27; 33,27)}$ $n_{13} = n_{12} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{12} = 160 \cdot 1,26^{12} = 2500 \text{ об/мин (2561,93; 61,93)}$ $n_{14} = n_{13} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{13} = 160 \cdot 1,26^{13} = 3150 \text{ об/мин (3288,03; 138,03)}$ $n_{15} = n_{14} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{14} = 160 \cdot 1,26^{14} = 4000 \text{ об/мин (4067,31; 67,31)}$ $n_{16} = n_{15} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{15} = 160 \cdot 1,26^{15} = 5000 \text{ об/мин (5124,81; 124,81)}$	
						Получили следующий ряд: 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 об/мин. Из условия ограничения габаритов зубчатых колес, их массы, а также снижения шума руководствуемся предельными ограничениями на передаточные отношения при проектировании коробки скоростей металлорежущих станков, рассмотренных выше, строим график частот вращения на основании оптимальной структурной сетки (остальные по аналогии): $z = 4_1 \cdot 2_4 \cdot 2_8.$ График частот вращений представлен на рис. 15. Этапность построения графика частот вращений: – Строим исходную сетку графика так же, как и исходную сетку для структурной сетки. Перед валом I изображаем «0» вал электродвигателя. Всего получено пять валов. На равном расстоянии друг от друга с интервалами φ проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1 . [4] График в отличие от структурной сетки строят в полном соответствии с кинематической схемой – изображают все валы, в том числе и те, между которыми расположены одиночные передачи. [5]	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21		Лист
							1

На основе принятого варианта структурной сетки возможны различные варианты графика частот вращений. Однако всегда следует стремиться к тому, чтобы частные передаточные отношения располагались в порядке последовательного уменьшения их величины, начиная от начального звена к конечному ведомому. При таком расположении передаточных отношений частоты вращений последовательно связанных валов убывают медленнее, нежели при любом ином расположении, а это, в свою очередь, позволяет при проектировании уменьшить многие размеры привода. На графике закономерность расположения передаточных отношений изображают ломанной линией, которая соединяет точку, соответствующую частоте вращения электродвигателя с точкой, соответствующей минимальной частоте вращения шпинделя станка. Ломанная линия должна быть возгнутой или прямой, но не выпуклой. Следует также следить за тем, чтобы передаточные отношения в группах передач не выходили за допустимые пределы и (от 1/4 до 2/1) и чтобы повышающие передачи были использованы в минимально возможной степени.

– Наносим значения частот вращения на последний вал (на шпинделе станка) коробки скоростей, выбранные по ГОСТ 8032–56. Данные значение уже были найдены в предыдущем пункте курсовой работы.

– На линию вала электродвигателя наносим значение частоты вращения приводного электродвигателя $n_0 = 1500$ об/мин пропорционально нашей сетке.

– Зубчатой ременной передачей «вписываем» частоту вращения электродвигателя в ряд частот вращения шпинделя. Для этого рассчитываем передаточное отношение:

$$i_{3.п.} = 3000 \cdot \frac{28}{20} \cdot 0,94 = 4000.$$

Корректируем по ГОСТ 8032–56, получаем: $i_{3.п.} = 2000$.

Найденные значения корректируем по стандартному ряду по ГОСТу 8032–84:

1 – 1,06 – 1,12 – 1,18 – 1,25 – 1,32 – 1,4 – 1,5 – 1,6 – 1,7 – 1,8 – 1,9 – 2,0 – 2,12 – 2,24 – 2,36 – 2,5 – 2,65 – 2,8 – 3,0 – 3,15 – 3,35 – 3,55 – 3,75 – 4,0 – 4,25 – 4,5 – 4,75 – 5 – 5,3 – 5,6 – 6,0 – 6,3 – 6,7 – 7,1 – 7,5 – 8,0 – 8,5 – 9 – 9,5 – 10 – 10,6 ...

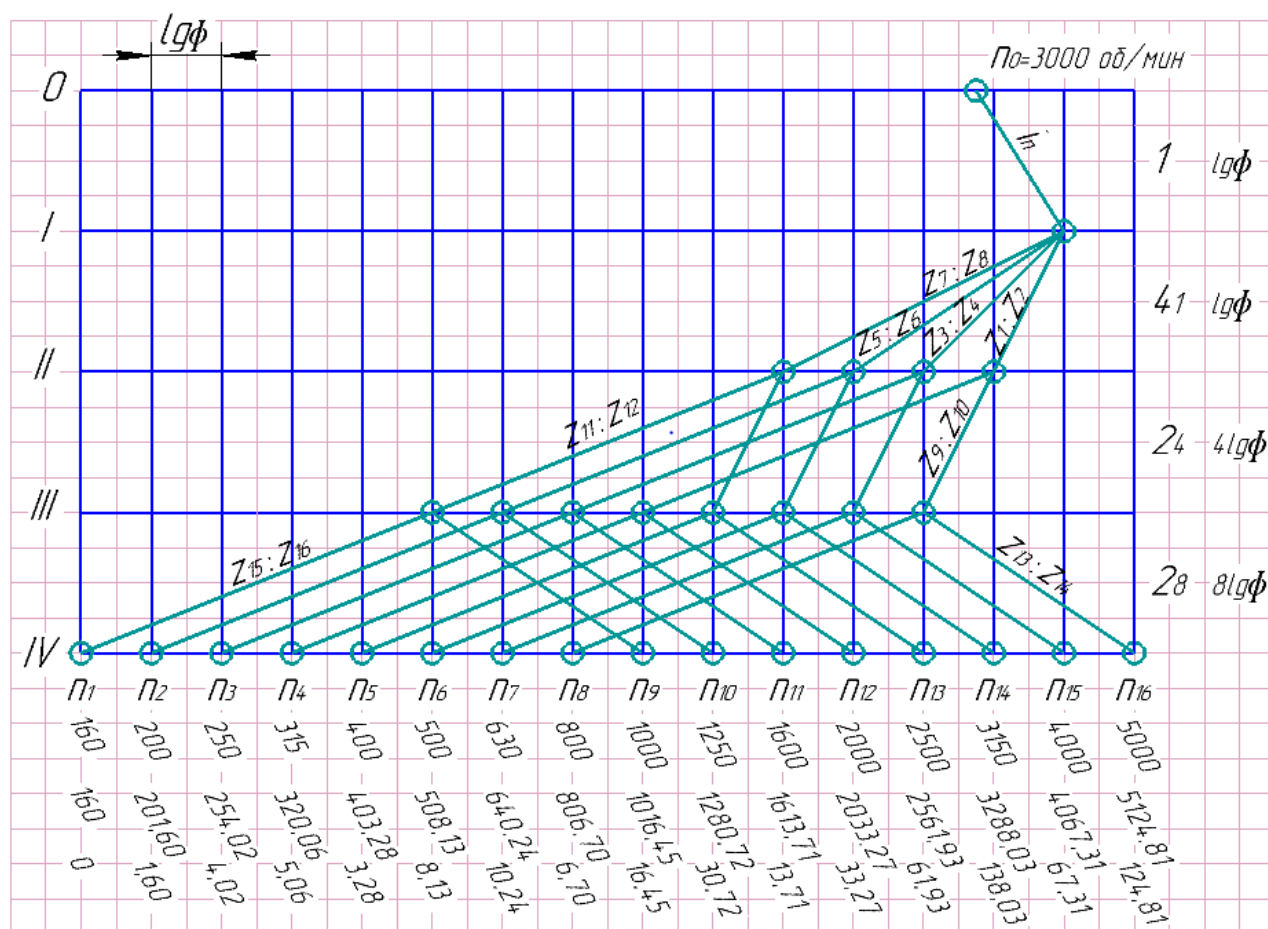


Рис. 15. График частот вращений

Отображаем приводную передачу. Отмечаем, что повышающие передачи вычерчиваются вправо, понижающие – влево. В нашем случае зубчатая ремённая передача, связывающая электродвигатель с коробкой скоростей, служит для повышения значения частоты вращения. Важно уточнить и то, что по ГОСТ 8032-56 между частота вращения $n = 3000$ об/мин лежит между точкой на оси значений частот 3150 об/мин и 2500 об/мин (определяем её местоположение математически).

Отмечаем, что допустимое число интервалов между лучами графика при значении $\varphi = 1,26$ для понижающих передач равно 6, а для повышающих 3.

Общее максимальное передаточное отношение коробки скоростей: $I_{min} = \frac{1}{\varphi^{14}} = \frac{1}{\varphi^4} \cdot \frac{1}{\varphi^5} \cdot \frac{1}{\varphi^5}$.

– Анализируем структурную сетку с целью определения размещения частот на валу II. Проставляем частоты на графике. Максимальное передаточное число $n = 5000$ об/мин. Характеристика основной группы равняется 1, 4 передачи. Следовательно, остальные три точки проставляем через φ , что соответствует одной клетке. Получили четыре понижающие передачи. Характеристика первой передорной группы равняется 4. Луч, отвечающий за минимальное передаточное отношение отложен, вторую точку проставляем через 4φ . Остальные точки по аналогии. На валу III получили 8 различных частот вращений. Все передачи понижающие.

Характеристика второй передорной группы равняется 8. Луч, отвечающий за минимальное передаточное отношение отложен, вторую точку проставляем через 8φ . Остальные точки по аналогии. На валу IV получили 16 различных частот вращений. Одна понижающая и одна повышающая передачи.

– Определяем передаточные отношения для каждой передачи, что необходимо для выявления значений чисел зубьев модернизированной коробки скоростей. Для этого определяем расстояние между соседними точками, что будет соответствовать определённой группе передач.

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<div>ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21</div>					Лист
											3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

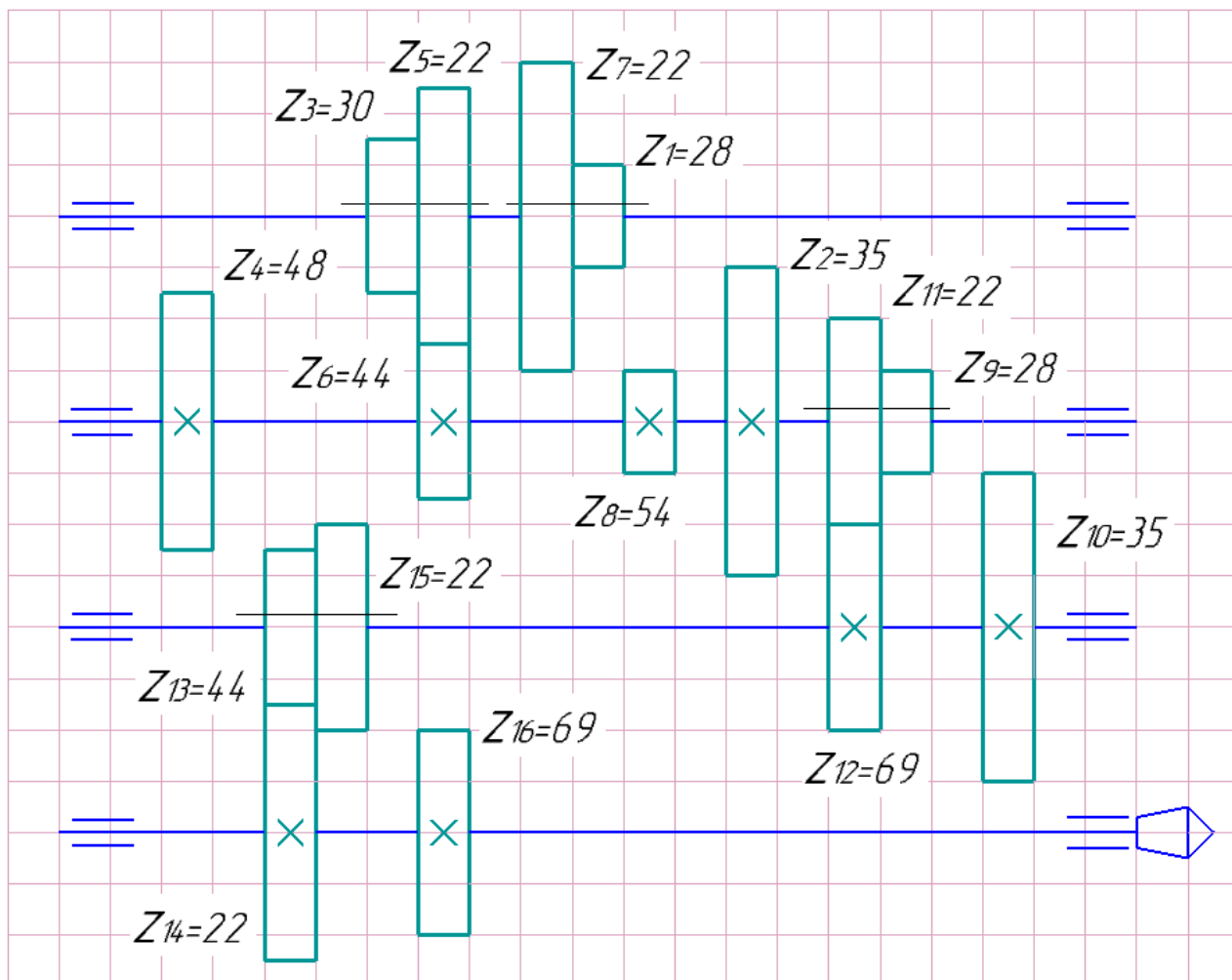


Рис. 16. Кинематическая схема множительной структуры (числа зубьев)

- основная группа P_a

$$i_{1-2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{1,26^1} \approx 0,79 \Rightarrow \frac{z_1}{z_2} = \frac{28}{35}$$

$$i_{3-4} = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26^2} \approx 0,63 \Rightarrow \frac{z_3}{z_4} = \frac{30}{48}$$

$$i_{5-6} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,26^3} \approx 0,5 \Rightarrow \frac{z_5}{z_6} = \frac{22}{44}$$

$$i_{7-8} = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} \approx 0,4 \Rightarrow \frac{z_7}{z_8} = \frac{22}{54}$$

- первая передорная группа P_b

$$i_{9-10} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{1,26^1} \approx 0,79 \Rightarrow \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{28}{35}$$

$$i_{11-12} = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{1}{\varphi^5} = \frac{1}{1,26^5} \approx 0,31 \Rightarrow \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{22}{69}$$

- вторая передорная группа P_c

$$i_{13-14} = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \varphi^3 = 1,26^3 \approx 2 \Rightarrow \frac{z_{13}}{z_{14}} = \frac{44}{22}$$

$$i_{15-16} = \frac{z_{15}}{z_{16}} = \frac{1}{\varphi^5} = \frac{1}{1,26^5} \approx 0,31 \Rightarrow \frac{z_{15}}{z_{16}} = \frac{22}{69}$$

Общее максимальное передаточное отношение коробки скоростей:

$$I_{max} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_9}{z_{10}} \cdot \frac{z_{12}}{z_{13}} \cdot \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\varphi^1} \cdot \frac{1}{\varphi^1} \cdot \varphi^3 \cdot \frac{1}{\varphi} = 1,$$

Где последний множитель указывает на то, что есть «внедряющая» передача: точка на валу I смещена на φ от максимального значения частоты, причём речь идёт о понижающей передаче.

Вывод: проверка числе зубьев по ГОСТ 13733–77 подтверждает достоверность найденных значений и правильность построения графика частот вращений. [6]

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
								5

Копировал

Формат А4

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 про- изводства: 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/kinematicheskij_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	<p style="font-size: 24px; margin: 0;">ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21</p>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6		