

Практическая работа №3: «Формирование сложных структур и их анализ»

Исходные данные: количество скоростей привода главного движения (число частот вращения шпинделя); определяется как сумма трёх последних цифр студенческого билета.

Количество скоростей привода главного движения: $z = 5 + 5 + 4 = 14$.

Дополнительные исходные данные – знаменатель ряда геометрической прогрессии (5 номер по списку, вариант 2: $\varphi = 1,41$).

Цель работы: формирование сложных структур различных видов (8 структурных формул, 8 структурных сеток) для коробки скоростей по заданным числам частот вращений шпинделя и знаменателю геометрического ряда и сделать их комплексный анализ, каждой структуре дать характеристику согласно классификации (рис. 11), за счёт определения класса сложной формулы и вида; формирование структурных сеток для каждой структурной формулы.

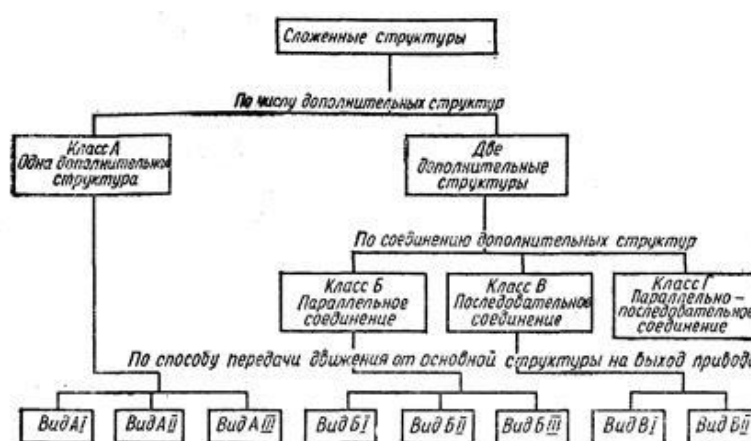


Рис. 11. Классификация сложных структур

Анализ производится по предложенному количеству валов, числам частот вращений шпинделя. Структурные сетки строятся по критериям минимального количества элементов в коробке скоростей.

Порядок выполнения работы.

1. По заданным числам частот вращений шпинделя и знаменателю геометрического ряда сформировать для коробки скоростей 8 структурных формул различных видов (рис. 11).
2. Сделать их комплексный анализ: дать характеристику согласно классификации.
3. Для каждой формулы построить структурную сетку.

Выполнение работы.

- Вид А I. $z = z^0 \cdot (i^0 + z')$;
- Вид Б I. $z = z^0 \cdot (i_n^0 + z' + z'')$;
- Вид В I. $z = z^0 \cdot (i_n^0 + z' + z' \cdot z'')$;
- Вид А II. $z = z^0 \cdot (1 + z')$;
- Вид Б II. $z = z^0 \cdot (1 + z' + z'')$;
- Вид В II. $z = z^0 \cdot (1 + z' + z' \cdot z'')$;
- Вид А III. $z = z^0 \cdot z'$;
- Вид Б III. $z = z^0 \cdot (z' + z'')$;
- Вид В III. $z = z^0 \cdot (z' + z' \cdot z'')$.

z^0 – основная структура, используется для получения всех ступеней скоростей на выходе привода.

z' и z'' – дополнительные структуры, используются каждая для получения только части ступеней скорости на выходе привода (например, одна – для высших, другая – для низших ступеней скорости)

1. Вид А I. $z = z^0 \cdot (i^0 + z')$

$$z = 2_1 \cdot (i^0 + 2_2 \cdot 3_4) = 2 + 12 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс А, одна дополнительная структура, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду АI.

2. Вид АII. $z = z^0 \cdot (1 + z')$

Структурную формулу можно получить заменой i^0 в структурной формуле для вида АII на единицу, которая свидетельствует о наличии муфты: $z = 2_1 \cdot (1 + 2_2 \cdot 3_4) = 2 + 12 = 14$.

$$z = 3_1 \cdot (1 + 2_3 \cdot 2_{6-1}) = 3 + 12 - 1 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс А, одна дополнительная структура, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду АII.

3. Вид АIII. $z = z^0 \cdot z'$

$$z = 4_1 \cdot 4_{4-2} = 16 - 2 = 14$$

Число передач в группах равно максимальному значению, что не рекомендуется использовать при проектировании коробок скоростей.

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс А, одна дополнительная структура, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду АIII.

4. Вид БI. $z = z^0 \cdot (i_n^0 + z' + z'')$

$$z = 2_1 \cdot (i_n^0 + 3_2 + 3_2) = 2 + 6 + 6 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс Б, две дополнительные структуры, параллельное соединение дополнительных структур, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду БI.

5. Вид БII. $z = z^0 \cdot (1 + z' + z'')$

Структурную формулу можно получить заменой i^0 в структурной формуле для вида АII на единицу, которая свидетельствует о наличии муфты: $z = 2_1 \cdot (1 + 3_2 + 3_2) = 2 + 6 + 6 = 14$

$$z = 3_1 \cdot (1 + 3_3 + 1_{3-1}) = 3 + 9 + 3 - 1 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс Б, две дополнительные структуры, параллельное соединение дополнительных структур, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду БII.

6. Вид БIII. $z = z^0 \cdot (z' + z'')$

$$z = 2_1 \cdot (3_2 + 4_2) = 6 + 8 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс Б, две дополнительные структуры, параллельное соединение дополнительных структур, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду БIII.

7. Вид ВI. $z = z^0 \cdot (i_n^0 + z' + z' \cdot z'')$

$$z = 2_1 \cdot (i_n^0 + 2_2 + 2_2 \cdot 2_4) = 2 + 4 + 8 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс В, две дополнительные структуры, последовательное соединение дополнительных структур, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду ВI.

8. Вид ВII. $z = z^0 \cdot (1 + z' + z' \cdot z'')$

Структурную формулу можно получить заменой i^0 в структурной формуле для вида АII на единицу, которая свидетельствует о наличии муфты:

$$z = 2_1 \cdot (1 + 2_2 + 2_2 \cdot 2_4) = 2 + 4 + 8 = 14.$$

$$z = 3_1 \cdot (1 + 2_3 + 1 \cdot 2_{3-1}) = 3 + 6 + 6 - 1 = 14$$

Характеристика структурной формулы сложённой структуры: класс В, две дополнительные структуры, последовательное соединение дополнительных структур, по способу передачи движения от основной структуры на выход привода относится к виду ВII.

Изм. №	подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21	Лист
							1
							Изм.

Таким образом, коробка скоростей имеет разную компоновку, согласно представленным ниже (рис.12) структурным сеткам количество валов или 4, или 3. Следует отметить, что возможно увеличение их количества, если в этом будут конструктивные требования; в таком случае в качестве рекомендации при использовании именно предложенного соответствующего кинематического варианта ввести одиночные пары, которые позволят увеличить количество элементов всей системы без существенных на то поправок в структурной формуле.

В качестве оптимального варианта принимаем вариант с наименьшим количеством элементов. К такому варианту относится старая структурная сетка (более компактная, наименьшее количество элементов, если говорить о коробках с 4 валами, возможно наличие муфты (замена второго множителя первого слагаемого на единицу)).

Структурная сетка: $lg\varphi = lg1,41 \approx 0,15$ – расстояние между вертикальными линиями (для построения).

Определяем диапазоны регулирования групп для одного из конструктивных вариантов через передаточные отношения. Сделаем вывод об удовлетворении полученных значений предельным для приводов главного движения.

Диапазон регулирования находился выше для определения знаменателя геометрической прогрессии через предельные значения частот вращений шпинделя станка. Находим эти значения через передаточные отношения группы:

Диапазон регулирования передаточных отношений группы:

$$R = \frac{i_{max}}{i_{min}}$$

$$R_i = \varphi^{(P_i-1) \cdot P_a \cdot P_b \cdot P_c \dots} = \varphi^{(P_i-1) \cdot x_i},$$

где P_i – число передач в рассматриваемой группе; x_i – характеристика рассматриваемой группы.

$$1. z = 2_1 \cdot (i_n^0 + 2_2 \cdot 3_4) = 2 + 12 = 14$$

$$2. z = 3_1 \cdot (1 + 2_3 \cdot 2_{6-1}) = 3 + 12 - 1 = 14$$

$$3. z = 4_1 \cdot 4_{4-2} = 16 - 2 = 14$$

$$4. z = 2_1 \cdot (i_n^0 + 3_2 + 3_2) = 2 + 6 + 6 = 14$$

$$5. z = 3_1 \cdot (1 + 3_3 + 1_{3-1}) = 3 + 9 + 3 - 1 = 14$$

$$6. z = 2_1 \cdot (3_2 + 4_2) = 6 + 8 = 14$$

$$7. z = 2_1 \cdot (i_n^0 + 2_2 + 2_2 \cdot 2_4) = 2 + 4 + 8 = 14$$

$$8. z = 3_1 \cdot (1 + 2_3 + 1 \cdot 2_{3-1}) = 3 + 6 + 6 - 1 = 14$$

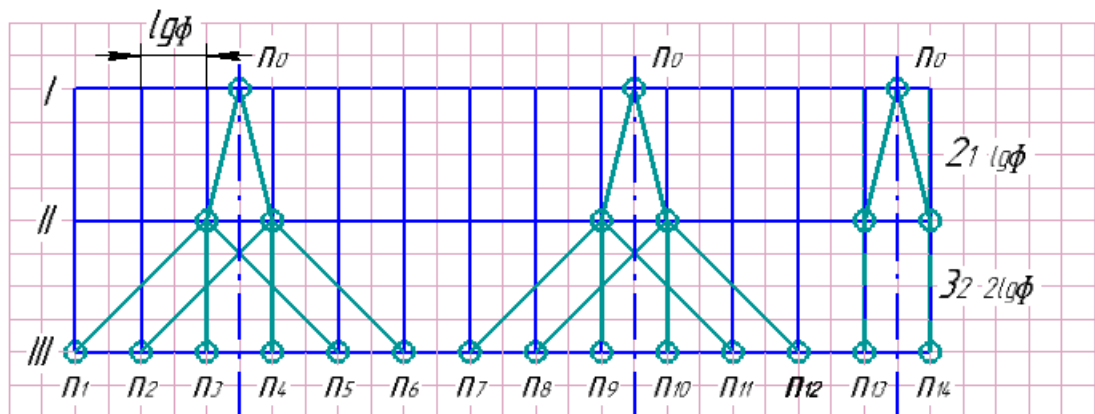
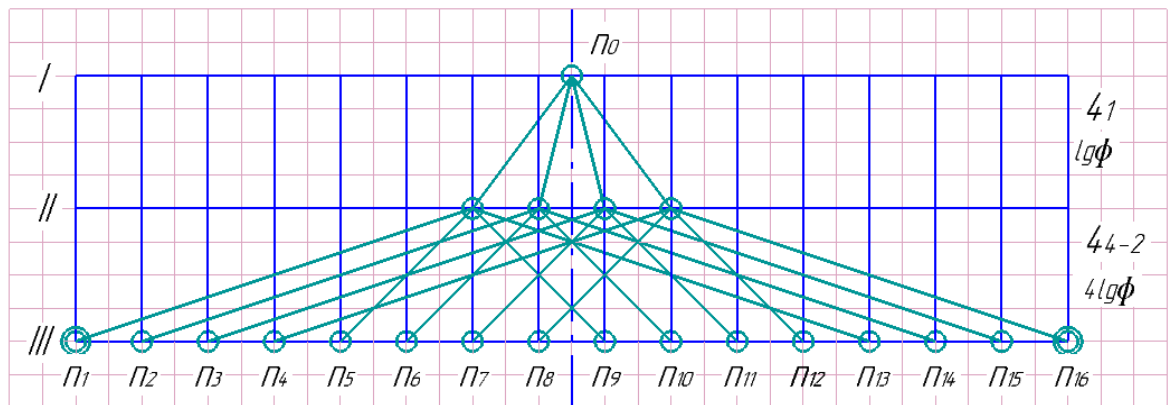
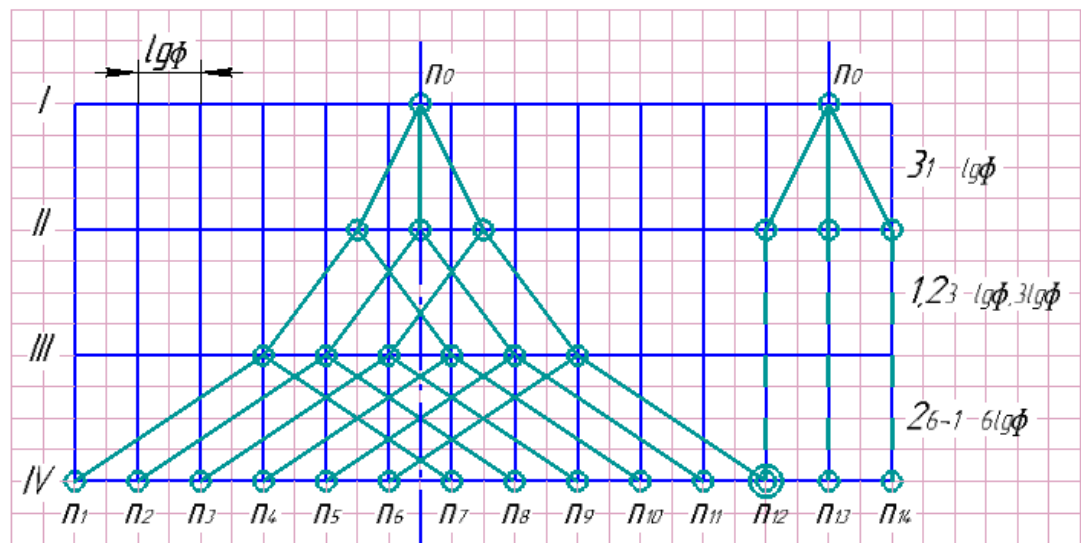
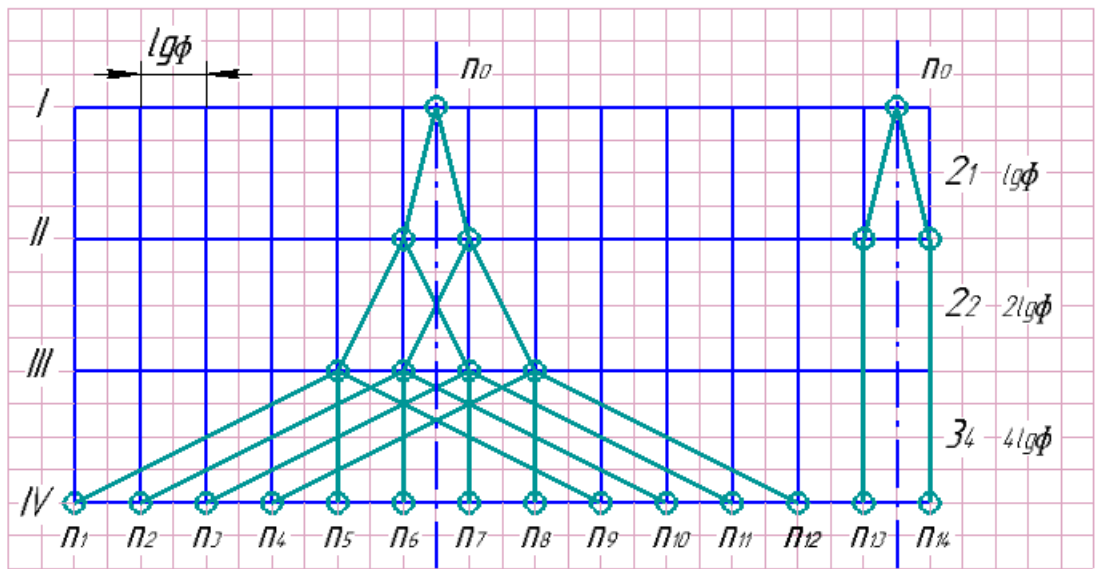
Проверяем каждый вариант на конструируемость с целью подтверждения сделанно вывода об оптимальности первого варианта.

$$1. \text{Общая группа } R = \varphi^{(2-1) \cdot 1} = \varphi^1 = 1,41^1 = 1,41$$

$$\text{Вторая дополнительная группа (первая передорная) } R = \varphi^{(2-1) \cdot 2} = \varphi^2 = 1,41^2 \approx 1,99$$

$$\text{Вторая дополнительная группа (вторая передорная) } R = \varphi^{(3-1) \cdot 4} = \varphi^8 = 1,41^8 \approx 15,6$$

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



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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21

Лист

3

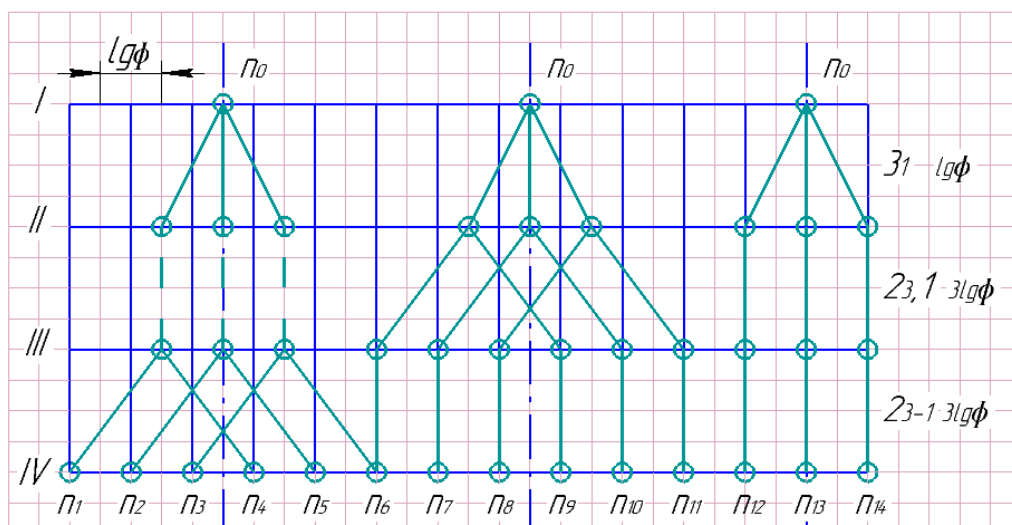
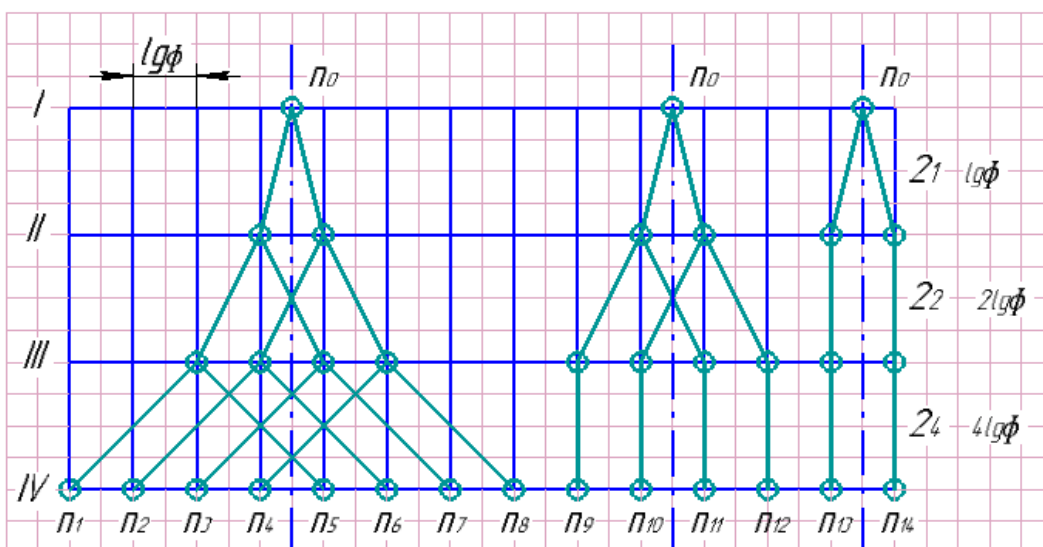
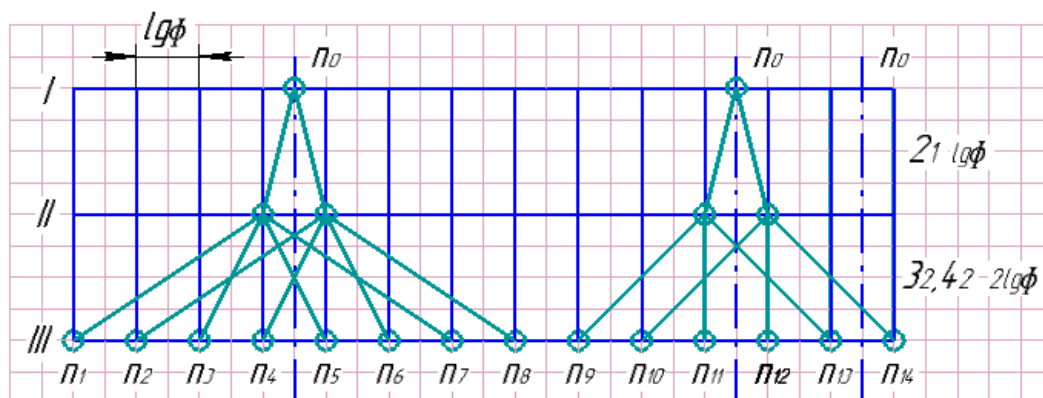
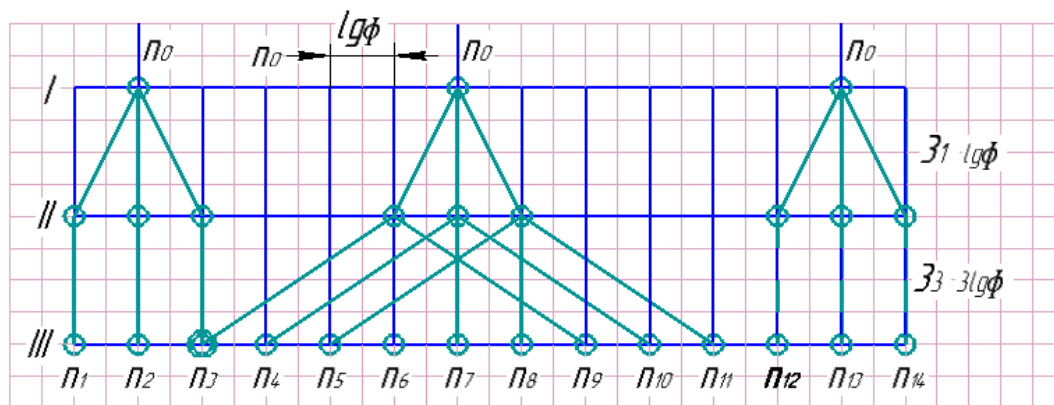


Рис. 12. Структурные сетки

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

ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21

Лист

4

Копировал

Формат А4

2. Общая группа $R = \varphi^{(3-1) \cdot 1} = \varphi^2 = 1,41^2 \approx 1,99$

Вторая дополнительная группа (первая передорная) $R = \varphi^{(2-1) \cdot 3} = \varphi^3 = 1,41^3 \approx 2,8$

Вторая дополнительная группа (вторая передорная) $R = \varphi^{(2-1) \cdot 6} = \varphi^6 = 1,41^6 \approx 7,89$

3. Общая группа $R = \varphi^{(4-1) \cdot 1} = \varphi^3 = 1,41^3 \approx 2,8$

Дополнительная группа $R = \varphi^{(4-1) \cdot 4} = \varphi^{12} = 1,41^{12} \approx 61,75$

4. Общая группа $R = \varphi^{(2-1) \cdot 1} = \varphi^1 = 1,41^1 = 1,41$

Вторая дополнительная группа $R = \varphi^{(3-1) \cdot 2} = \varphi^4 = 1,41^4 \approx 3,95$

Третья дополнительная группа $R = \varphi^{(3-1) \cdot 2} = \varphi^4 = 1,41^4 \approx 3,95$

5. Общая группа $R = \varphi^{(3-1) \cdot 1} = \varphi^3 = 1,41^3 \approx 2,8$

Вторая дополнительная группа (первая передорная) $R = \varphi^{(3-1) \cdot 3} = \varphi^9 = 1,41^9 \approx 22,03$

6. Общая группа $R = \varphi^{(2-1) \cdot 1} = \varphi^1 = 1,41^1 = 1,41$

Первая дополнительная группа (первая передорная) $R = \varphi^{(3-1) \cdot 2} = \varphi^4 = 1,41^4 \approx 3,95$

Вторая дополнительная группа (вторая передорная) $R = \varphi^{(4-1) \cdot 2} = \varphi^6 = 1,41^6 \approx 7,89$

7. Общая группа $R = \varphi^{(2-1) \cdot 1} = \varphi^1 = 1,41^1 = 1,41$

Вторая дополнительная группа $R = \varphi^{(2-1) \cdot 2} = \varphi^2 = 1,41^2 \approx 1,99$

Третья дополнительная группа (первая передорная) $R = \varphi^{(2-1) \cdot 2} = \varphi^2 = 1,41^2 \approx 1,99$

Третья дополнительная группа (вторая передорная) $R = \varphi^{(2-1) \cdot 4} = \varphi^4 = 1,41^4 \approx 3,95$

8. Общая группа $R = \varphi^{(3-1) \cdot 1} = \varphi^2 = 1,41^2 \approx 1,99$

Вторая дополнительная группа $R = \varphi^{(2-1) \cdot 3} = \varphi^3 = 1,41^3 \approx 2,8$

Третья дополнительная группа (вторая передорная) $R = \varphi^{(2-1) \cdot 3} = \varphi^3 = 1,41^3 \approx 2,8$

Практикой проектирования станков установлено, что коробки скоростей удачно komponуются (конструируются), если частотные передаточные отношения в группах передач удовлетворяют нижеуказанным предельным значениям (для коробок привода главного движения). Таким образом, для работы шестерен имеются ограничения по передаточным отношениям; для прямозубых передач допустимые передаточные отношения находятся в пределах:

$$i_{max} \leq 2; i_{min} \geq \frac{1}{4} \quad \text{и} \quad \left(\frac{i_{max}}{i_{min}} \right)_{max} \leq \frac{2}{1} : \frac{1}{4} \leq 8.$$

Вывод: коробки скоростей со структурными формулами 1, 3, 5 скомпонованы не удачно, поскольку частотные передаточные отношения в группах передач не удовлетворяют предельным значениям; качестве оптимального выбираем второй вариант структурной формулы (вид АII), рассмотренные случаи для каждого из шести возможных вариантов конструктивного исполнения коробки скоростей удовлетворяют условиям сдвигаемости, так как группы не имеют чрезмерно большие забариты.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ 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.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21					Лист
										5
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

[6] ГОСТ 13733-77. Колёса зубчатые цилиндрические мелкозубные 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				Изм. № подл.	Подп. и дата				Изм. № подл.	Подп. и дата				Изм. № подл.	Подп. и дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЖПР-ОМП-15.03.05-1032180000-21										Лист				
															6				