

УДК 621.833.1

А. А. Муллабаев, кандидат технических наук, доцент;

В. Н. Романцов

Оренбургский государственный университет

КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ТРЕМЯ СВЯЗАННЫМИ ШЕСТЕРНЯМИ

В данной работе доказана возможность создания трехсвязной коробки передач с геометрическим рядом частот вращения без выпадения и совпадения ступеней. Показано, что эта возможность существует не для всякого знаменателя частот вращения ϕ , а также не для любого числа клеток между связанными передачами на структурной сетке. Доказано, что коробки с числом связанных шестерен более трех не могут дать ряды частот вращения без совпадения и выпадения частот вращения.

Наличие в коробке связанных шестерен вносит дополнительные ограничения на коробку. Связанные шестерни – шестерни, участвующие в двух и более передаточных отношениях. Обычные ограничения в виде уравнений определяют общее передаточное отношение, диапазон регулирования, зависимость между передаточными отношениями, силовые характеристики и т. д. Дополнительные ограничения в виде уравнений будут иметь вид

$$\gamma = \frac{S_z^I}{S_z^{II}} = \frac{(u_1^I + 1)u_1^{II}}{u_1^{II} + 1};$$

$$\gamma = \frac{(u_1^I \phi^m + 1)u_1^{II}}{u_1^{II} + \phi^n};$$

.....

$$\gamma = \frac{(u_1^I \phi^{m_{h-1}} + 1)u_1^{II}}{u_1^{II} + \phi^{n_{h-1}}},$$
(1)

где γ – отношение значений межосевых расстояний первой и второй групп передач; S_z^I, S_z^{II} – суммарные числа зубьев шестерен в первой и второй группах передач соответственно; u_1^I – меньшее передаточное отношение из всех связанных передач первой группы; u_1^{II} – большее передаточное отношение из всех связанных передач второй группы; ϕ – знаменатель геометрической прогрессии требуемого ряда частот вращения выходного вала коробки; $m_1, \dots, m_{h-1}, n_1, \dots, n_{h-1}$ – числа клеток на структурной сетке между концами лучей связанных передач (рис. 1); h – число связанных шестерен.

На рис. 1 дана обобщенная структурная сетка многосвязной трехваловой коробки, где все передачи являются связанными.

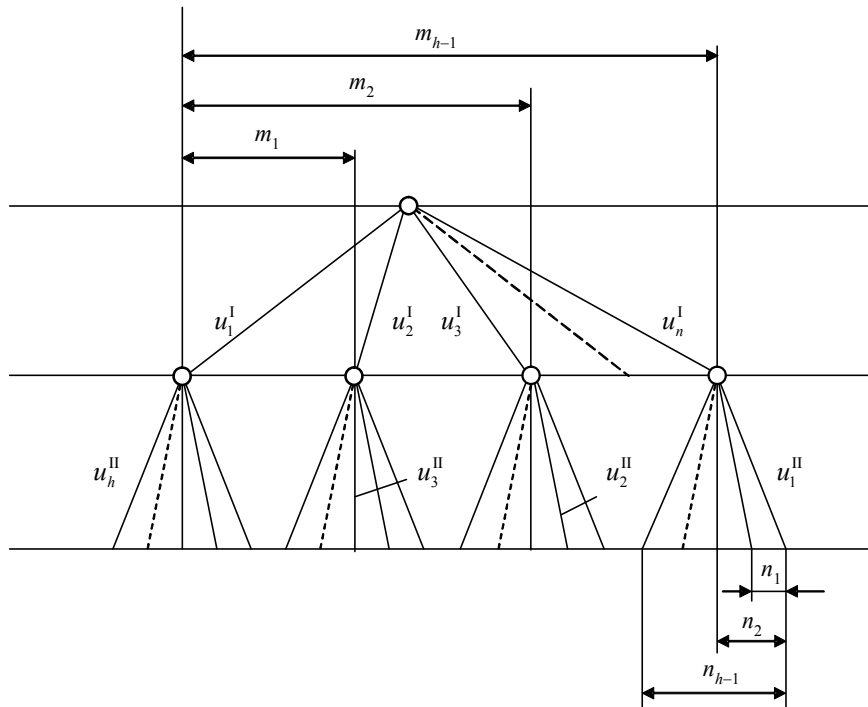


Рис. 1. Обобщенная структурная сетка многосвязной коробки передач

Исследование (1) показывает, что система алгебраических уравнений с тремя неизвестными γ , u_1^I , u_1^{II} при $h > 2$ не имеет решения при произвольных (независимых друг от друга) значениях φ , m , n . Но при выполнении условия

$$\frac{\varphi^{m_1} - 1}{\varphi^{n_1} - 1} = \frac{\varphi^{m_2} - 1}{\varphi^{n_2} - 1} = \dots = \frac{\varphi^{m_{h-1}} - 1}{\varphi^{n_{h-1}} - 1} \quad (2)$$

система (1) имеет бесконечно большое число решений. В этом случае все уравнения (1) тождественны между собой, то есть многосвязные коробки передач можно синтезировать по методике двухсвязных коробок, которая разработана в работе [2].

Рассмотрим возможность получения геометрического ряда частот вращения при трех связанных шестернях.

Даны некоторые варианты связывания для трехсвязных коробок передач (рис. 2, 3). Уравнениями вида (2) для этих вариантов будут следующие:

– для рис. 2, а
$$\frac{\varphi^3 - 1}{\varphi - 1} = \frac{\varphi^6 - 1}{\varphi^2 - 1}; \quad (3)$$

– для рис. 2, б, в
$$\frac{\varphi^4 - 1}{\varphi - 1} = \frac{\varphi^8 - 1}{\varphi^3 - 1}; \quad (4)$$

– для рис. 3
$$\frac{\varphi^2 - 1}{\varphi - 1} = \frac{\varphi^8 - 1}{\varphi^5 - 1}. \quad (5)$$

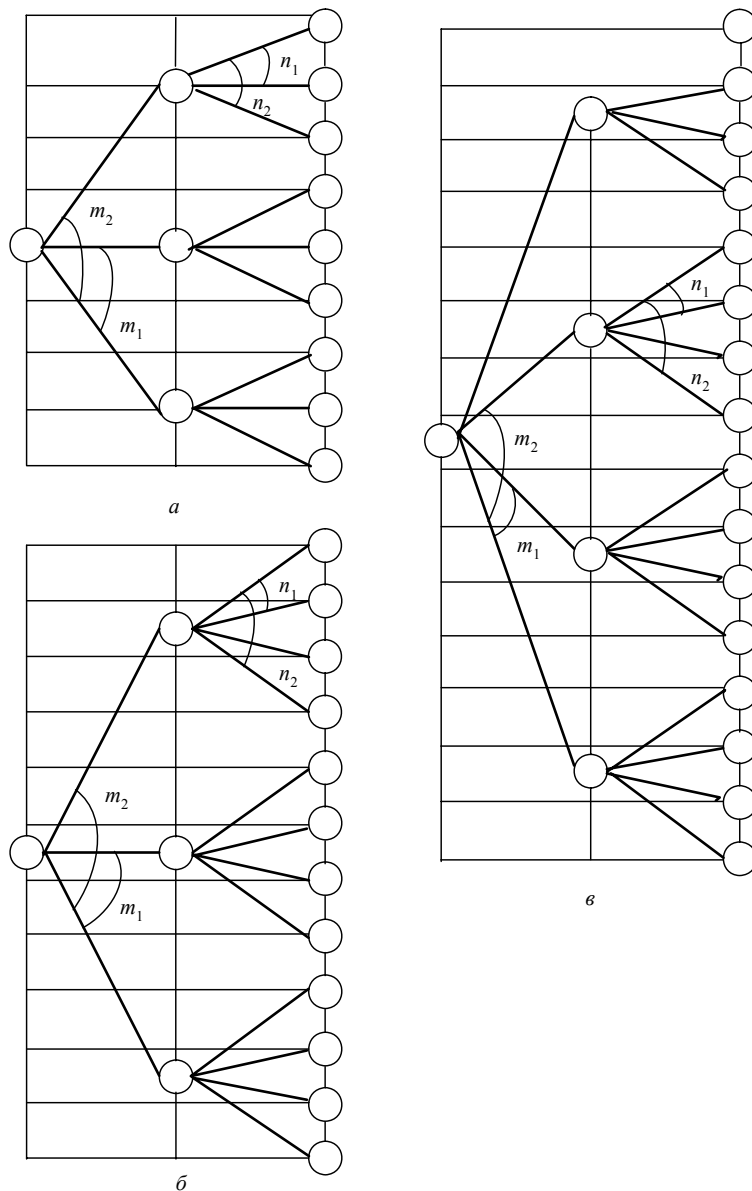


Рис. 2. Некоторые варианты связывания для трехсвязных коробок передач

Из равенств (3)–(5) видно, что они не могут соблюдаться при произвольных значениях знаменателя φ . Это означает, что трехсвязную коробку передач с произвольным значением φ построить нельзя.

Только при значениях действительных положительных корней уравнений (3), (4), (5) более одного возможно построение трехсвязной коробки (если такие корни найдутся). Анализ показывает:

- корней для уравнения (3) нет;
- для уравнения (4) $\varphi = 1,318$;
- для уравнения (5) $\varphi = 1,193$.

Остальные корни (мнимые и комплексные) для данной задачи не имеют физического смысла.

Следовательно, трехсвязная коробка $Z = 3 \times 3 = 9$ не может дать «чистый» геометрический ряд частот вращения. Доказательство этого утверждения основывается на том, что для трехсвязной коробки $Z = 3 \times 3 = 9$ имеем всего один вариант связывания, для которого нет подходящих решений.

Тем не менее при определенных значениях знаменателя φ некоторые варианты связывания для $Z > 9$ ступеней дают указанный геометрический ряд, что отрицается в литературе.

Найденные значения φ нестандартны. Но $1,193 \approx 1,06^3 = 1,191$, то есть механизм по предложенной нами неравномерной структурной сетке (рис. 3) в комбинации с другими множительными механизмами обеспечивает стандартный знаменатель $\varphi = 1,06$.

Заметим, что индексы в формуле подрисуночной надписи (рис. 3) определяют кинематические порядки подгрупп [1].

Коробки передач с четырьмя и более связанными шестернями не могут дать «чистый» геометрический ряд частот вращения на выходном валу, так как при этом будем иметь систему двух нелинейных уравнений (2) с одним неизвестным параметром φ . Эта система, как известно, в общем случае не имеет решения.

Заметим, что применение трех и более связанных шестерен накладывает не только ограничение на диаграмму частот вращения (как это было при двух связанных шестернях), но и на структурную сетку.

Для примера рассчитаем трехсвязную коробку скоростей (по рис. 3). Расчет ведем по методике двухсвязных коробок передач [2]. Принимаем $\varphi = 1,193$; $m = m_2 = 8$; $n = n_2 = 5$.

Оптимальное значение $u_{\text{опт}}^I$ наименьшего связанного передаточного отношения первой группы передач:

$$u_{\text{опт}}^I = \frac{2(\varphi^n - 1)}{\varphi^m + 1 - 2\varphi^n} \left[1 - \sqrt{\frac{\varphi^m - 1}{2(\varphi^m - \varphi^n)}} \right] =$$

$$= \frac{2 \cdot (1,193^5 - 1)}{1,193^8 + 1 - 2 \cdot 1,193^5} \left[1 - \sqrt{\frac{1,193^8 - 1}{2 \cdot (1,193^8 - 1,193^5)}} \right] = 0,452.$$

Из структурной сетки определим передаточные отношения остальных передач первой группы:

$$u_2 = u_1^I \varphi^2 = 0,452 \cdot 1,193^2 = 0,641;$$

$$u_3 = u_1^I \varphi^8 = 0,452 \cdot 1,193^8 = 1,835;$$

$$u_4 = u_1^I \varphi^{10} = 0,452 \cdot 1,193^{10} = 2,600.$$

Передаточное отношение $u_4 = 2,6$ превышает рекомендуемое для коробок скоростей значение 2. Принимаем $u_4 = 2$ и определяем остальные передаточные отношения первой группы из структурной сетки: $u_1 = u_1^I = 0,347$; $u_2 = 0,493$; $u_3 = 1,414$; ($u_4 = 2$).

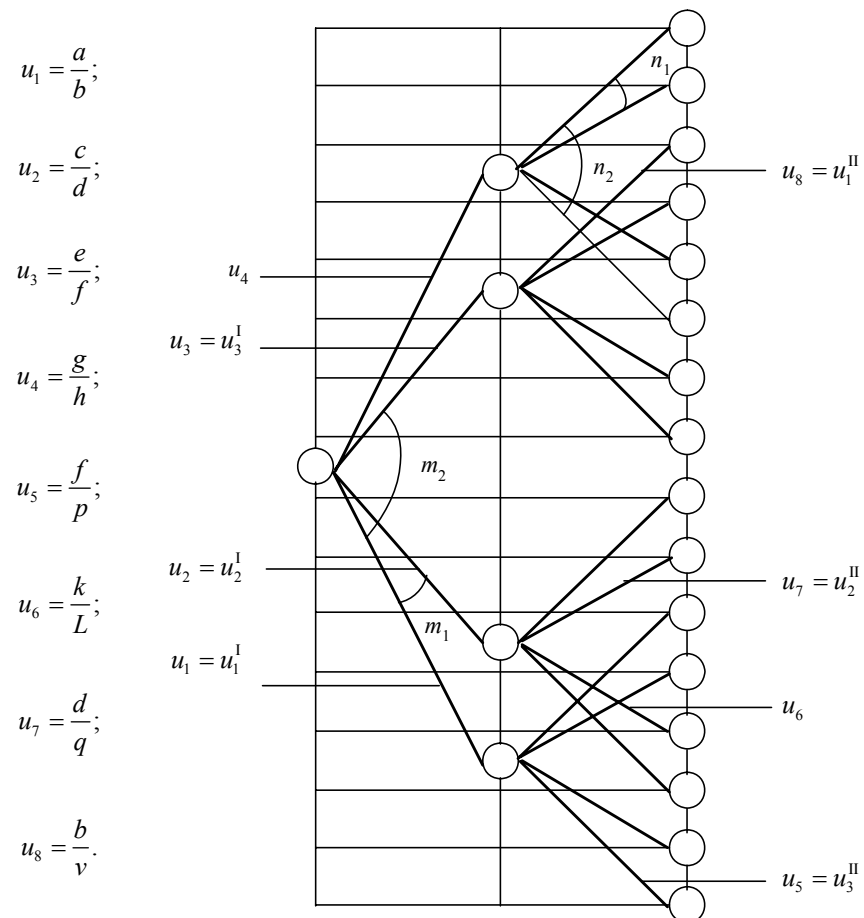


Рис. 3. Вариант связывания для $z = (2_2 \cdot 2_4) \times (2_1 \cdot 2_3) = 16$ -скоростной коробки передач

Определим наибольшее связанное передаточное отношение второй группы передач [2]:

$$u_1^{\text{II}} = \frac{\varphi^n - 1 - u_1^I (\varphi^m - \varphi^n)}{u_1^I (\varphi^m - 1)};$$

$$u_1^{\text{II}} = \frac{1,193^5 - 1 - 0,347 \cdot (1,193^8 - 1,193^5)}{0,347 \cdot (1,193^8 - 1)} = 0,772.$$

Из структурной сетки (рис. 3) определяем передаточные отношения остальных передач второй группы:

$$u_5 = u_1^{\text{II}} \varphi^{-5} = 0,772 \cdot 1,193^{-5} = 0,3195;$$

$$u_6 = u_1^{\text{II}} \varphi^{-4} = 0,772 \cdot 1,193^{-4} = 0,3811;$$

$$u_7 = u_1^{\text{II}} \varphi^{-1} = 0,772 \cdot 1,193^{-1} = 0,6471;$$

$$u_8 = u_1^{\text{II}} = 0,772.$$

Используя буквенные обозначения колес и приняв для колеса a число зубьев равное 21, по известным формулам [3] определим числа зубьев всех шестерен механизма:

$$b = \frac{a}{u_1} = \frac{21}{0,347} \approx 61.$$

Суммарное число зубьев S'_z первой группы передач:

$$S'_z = a + b = 21 + 61 = 82.$$

Продолжаем определение чисел зубьев колес:

$$d = \frac{S'_z}{1 + u_2} = \frac{82}{1 + 0,493} \approx 55;$$

$$c = du_2 = 55 \cdot 0,493 \approx 27;$$

$$f = \frac{S'_z}{1 + u_3} = \frac{82}{1 + 1,414} \approx 34;$$

$$e = fu_3 = 34 \cdot 1,414 \approx 48;$$

$$h = \frac{S'_z}{1 + u_4} = \frac{82}{1 + 2} \approx 27;$$

$$g = S'_z - h = 82 - 27 = 55;$$

$$p = \frac{f}{u_5} = \frac{34}{0,3195} \approx 106.$$

Суммарное число зубьев колес второй группы передач:

$$S''_z = f + p = 34 + 106 = 140.$$

Числа зубьев остальных колес:

$$L = \frac{S''_z}{1 + u_6} = \frac{140}{1 + 0,3811} = 101,37 \approx 101;$$

$$k = Lu_6 = 101,37 \cdot 0,3811 \approx 39;$$

$$q = \frac{d}{u_7} = \frac{55}{0,6471} \approx 85;$$

$$v = \frac{b}{u_8} = \frac{61}{0,772} \approx 79.$$

Если применить смещение инструмента при изготовлении шестерен, то радиальные габариты сократятся, и данная трехсвязная коробка скоростей может найти практическое применение. Механизмы *б* и *в* (рис. 2) не могут быть рекомендованы для практического применения из-за больших радиальных габаритов.

Данная работа доказывает, что построение трехсвязной коробки с геометрическим рядом частот вращения возможно, что ранее в литературе отрицалось.

Список литературы

1. Муллабаев, А. А. О возможности построения равнопрочных двухсвязных коробок передач / А. А. Муллабаев, А. П. Фот, В. Н. Романцов // СТИН-2002. – № 3. – С. 16–18.
2. Муллабаев, А. А. Исследование механизмов с двумя связанными шестернями / А. А. Муллабаев // Известия вузов. Машиностроение. – 1968. – № 6. – С. 10–14.
3. Ачеркан, Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков / Н. С. Ачеркан. – М. : ОНТИ, 1936. – 480 с. : ил. – (В пер.).
4. Александров, П. С. Комбинаторная топология / П. С. Александров. – ОГИЗ : Гостехиздат, 1947. – 458 с.
5. Понтрягин, Л. С. Основы комбинаторной топологии / Л. С. Понтрягин. – М. ; Л., – 1947. – 428 с.
6. Муллабаев, А. А. Исследование механизмов со сменными и связанными шестернями : дис. ... канд. техн. наук : 11.02.06. – Защищена 16.03.1968; Утв. 8.04.1968; Куйбышев, 1968. – 156 с. : ил. – Библиогр. : С. 70–98.

УДК 902:550.3

А. В. Коробейников, соискатель

Удмуртский государственный университет

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТА В АРХЕОЛОГИИ

В статье рассматриваются основные принципы неразрушающего исследования грунта, образующего культурный слой археологического памятника. Автор предлагает устройство и метод для трехмерного моделирования культурного слоя.

Историк, поставивший перед собой задачу реконструировать доисторическое грунтовое сооружение, может делать обоснованные предположения о его устройстве и габаритах исходя из того, что свойства грунтовых строительных материалов неизменны в исторической ретроспективе. (Так, если угол естественного откоса для песка определенной крупности и влажности равен 35 градусам, то штабель примет такой угол откоса вне зависимости от того, в каком веке его насыпали). Для реконструкции надо лишь обладать базой данных о свойствах материалов и базой правил для умозаключений. Но как получить нужные данные?