

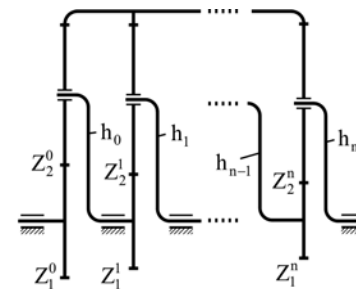
**С.Н. КАВЕЦКИЙ**, НТУ “ХПИ”

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ БЛОКА ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ  $\overline{AI}$  С ОБЩИМ ОПОРНЫМ КОЛЕСОМ**

*У статті розглянуто метод, який дозволяє визначити числа зубців всіх зубчатих коліс багатоступінчастого блоку планетарних механізмів  $\overline{AI}$ . Приведена реалізація методики за допомогою стандартних функцій прикладного математичного пакету Mathcad 11. Показана перевага даного підходу порівняно з методами, що застосовувались раніше.*

The method allowing to define a numbers of tothing of all cog-wheel of multi-step block of planetary gears  $\overline{AI}$  is considered in the article. The method's realization by the built-in functions of applied mathematical package Mathcad 11 is presented. Advantage of this approach is shown comparatively with methods which was used before.

**Введение.** В задаче синтеза планетарных механизмов немаловажное значение имеют дополнительные накладываемые условия, такие как компактность, удобство изготовления, вес и др. При этом помимо выбора оптимальной сборки или схемы также стоит задача определения чисел зубьев зубчатых колес будущего механизма. Удобство блока планетарных механизмов с общим опорным колесом заключается в компактной сборке и меньшем количестве изготавливаемых деталей будущего механизма в сравнении с просто последовательно соединенными планетарными механизмами [1].



$$Z_3 = Z_3^0 = Z_3^1 = \dots = Z_3^n$$

Рис. 1

**Постановка задачи.** Рассмотрим многоступенчатый редуктор, состоящий из последовательно соединенных между собой планетарных механизмов  $\overline{AI}$  (рис. 1). При этом в задачу проектирования такого механизма включим обеспечение сборки всего редуктора с общим колесом  $Z_3$ :

$$Z_3 = Z_3^0 = Z_3^1 = \dots = Z_3^i = \dots = Z_3^n. \quad (1)$$

Такая сборка дает возможность изготовить редуктор с общим опорным зубчатым колесом в одном корпусе.

**Основная часть.** При проведении расчетов для определения чисел зубьев

каждой ступени редуктора традиционный подход выбора чисел состоит из

следующих этапов:

1. Задаемся передаточным отношением каждой ступени.
2. Используя передаточное отношение и число сателлитов, определяем все возможные комбинации чисел зубьев каждой ступени.
3. Из найденных комбинаций выбираем только те, которые соответствуют равенству чисел зубьев зубчатых колес  $Z_3$ .

Основным недостатком этого подхода есть то, что при разбивке передаточного отношения по ступеням нет гарантии, что для этой разбивки найдутся такие комбинации чисел зубьев ступеней, для которых будет обеспечено равенство зубчатых колес  $Z_3$  каждой ступени. В случае отсутствия решения для выбранной разбивки передаточного отношения по ступеням повторяют разбивку и проводят расчеты заново, определяя при этом опять все возможные комбинации. При этом следует заметить и то, что даже в случае отыскания решения попутно будут найдены комбинации, не удовлетворяющие решению поставленной задачи. Все это говорит о необходимости получения рекомендаций по разбивке передаточного отношения по ступеням и проведения расчетов таким образом, чтобы можно было утверждать: сразу после разбивки будет ли существовать решение поставленной задачи или нет?

Пусть есть разбивка передаточного отношения

$$u_{1^0 h^n}^{(3)} = u_{1^0 h^0}^{(3)} \cdot u_{1^1 h^1}^{(3)} \cdot \dots \cdot u_{1^n h^n}^{(3)}.$$

Тогда рассмотрев одну ступень планетарного редуктора – механизм  $\overline{AI}$  (например, 0), получим, используя условия сборки, соосности и передаточного отношения, генеральные уравнения:

$$Z_1^0 = k_0 \cdot \frac{N_0}{u_{1^0 h^0}^{(3)}}, \quad Z_2^0 = Z_1^0 \cdot \frac{u_{1^0 h^0}^{(3)} - 2}{2}, \quad Z_3^0 = Z_1^0 \cdot (u_{1^0 h^0}^{(3)} - 1).$$

Выразив  $Z_3^0$ , перепишем генеральные уравнения в виде:

$$Z_3^0 = k_0 \cdot \frac{N_0}{u_{1^0 h^0}^{(3)}} \cdot (u_{1^0 h^0}^{(3)} - 1), \quad Z_2^0 = \frac{Z_3^0 \cdot (u_{1^0 h^0}^{(3)} - 2)}{2 \cdot (u_{1^0 h^0}^{(3)} - 1)}, \quad Z_1^0 = \frac{Z_3^0}{u_{1^0 h^0}^{(3)} - 1}.$$

При этом из выражения для передаточного отношения следует, что передаточное число должно быть рациональным числом. Следовательно, передаточное отношение  $u_{1^0 h^0}^{(3)}$  можно представить в виде:

$$u_{1^0 h^0}^{(3)} = \frac{A_0}{B_0},$$

где  $A_0$  и  $B_0$  – натуральные числа.

Тогда генеральные уравнения примут вид:

$$Z_3^0 = k_0 \cdot (A_0 - B_0) \cdot \frac{N}{A_0}, \quad (2)$$

$$Z_2^0 = Z_3^0 \cdot \frac{A_0 - 2 \cdot B_0}{2 \cdot (A_0 - B_0)}, \quad (3)$$

$$Z_1^0 = Z_3^0 \cdot \frac{B_0}{A_0 - B_0}. \quad (4)$$

Из выражения (2) следует, что число зубьев  $Z_3^0$  должно быть кратно числу  $\frac{k_0 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(k_0 \cdot (A_0 - B_0); A_0)}$ . Из выражения (3) следует, что число зубьев  $Z_3^0$

должно быть кратно числу  $\frac{2 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(2 \cdot (A_0 - B_0); A_0 - 2 \cdot B_0)}$ . Из выражения (4)

следует, что число зубьев  $Z_3^0$  должно быть кратно числу  $\frac{(A_0 - B_0)}{\text{НОД}((A_0 - B_0); B_0)}$ .

Таким, образом, получим:

$$Z_3^0 \text{ кратно } \left( \begin{array}{c} \frac{k_0 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(k_0 \cdot (A_0 - B_0); A_0)}; \\ \frac{2 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(2 \cdot (A_0 - B_0); A_0 - 2 \cdot B_0)}; \\ \frac{(A_0 - B_0)}{\text{НОД}((A_0 - B_0); B_0)} \end{array} \right). \quad (5)$$

Аналогично (5), можно утверждать, что для  $i$ -ой ступени число зубьев  $Z_3^i$  должно быть кратно:

$$Z_3^i \text{ кратно } \left( \begin{array}{c} \frac{k_i \cdot (A_i - B_i)}{\text{НОД}(k_i \cdot (A_i - B_i); A_i)}; \\ \frac{2 \cdot (A_i - B_i)}{\text{НОД}(2 \cdot (A_i - B_i); A_i - 2 \cdot B_i)}; \\ \frac{(A_i - B_i)}{\text{НОД}((A_i - B_i); B_i)} \end{array} \right). \quad (6)$$

Учитывая, что разбивку общего передаточного отношения можно представить в виде:

$$u_{1^0 h^n}^{(3)} = u_{1^0 h^0}^{(3)} \cdot u_{1^1 h^1}^{(3)} \cdot \dots \cdot u_{1^n h^n}^{(3)} = \frac{A_0}{B_0} \cdot \frac{A_1}{B_1} \cdot \dots \cdot \frac{A_n}{B_n},$$

а также (1), можно утверждать:

$$Z_3 \text{ кратно } \left( \begin{array}{c} \frac{k_0 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(k_0 \cdot (A_0 - B_0); A_0)}; \\ \frac{2 \cdot (A_0 - B_0)}{\text{НОД}(2 \cdot (A_0 - B_0); A_0 - 2 \cdot B_0)}; \\ \frac{(A_0 - B_0)}{\text{НОД}((A_0 - B_0); B_0)}; \\ \vdots \\ \frac{k_n \cdot (A_n - B_n)}{\text{НОД}(k_n \cdot (A_n - B_n); A_n)}; \\ \frac{2 \cdot (A_n - B_n)}{\text{НОД}(2 \cdot (A_n - B_n); A_n - 2 \cdot B_n)}; \\ \frac{(A_n - B_n)}{\text{НОД}((A_n - B_n); B_n)}. \end{array} \right)$$

**Выводы.** Таким образом, выполнив разбивку общего передаточного отношения, можно сразу определить число зубьев  $Z_3$  и в случае, если найденные значения удовлетворяют конструктивным требованиям, определить все остальные числа зубьев каждой ступени редуктора с помощью генеральных уравнений.

Преимущество такого подхода заключается в том, что выполнив разбивку передаточного отношения по ступеням, можно сказать, какие значения может принимать число зубьев  $Z_3$ , а, следовательно, ответить на вопрос о необходимости дальнейших расчетов. После определения чисел зубьев каждой ступени необходимо проверить условие соседства сателлитов, так как это условие не используется при выводе генеральных уравнений.

Ниже приведена реализация предложенной методики с использованием стандартных функций прикладного математического пакета Mathcad 11.

**Список литературы: 1.** Ткаченко В.А. Планетарные механизмы (оптимальное проектирование). – Харьков: Издательский центр ХАИ. – 2003. – 446 с.

### Расчет чисел зубьев многоступенчатого блока планетарных механизмов АІ

**Исходные данные:**  
 количество ступеней: 4  
 количество сателлитов 1 ступени = 4  
 2 ступени = 4  
 3 ступени = 4  
 4 ступени = 4  
 Общее передаточное отношение = 105

**Задание знаменателя В передаточного отношения каждой ступени**

**Задание числителя А передаточного отношения каждой ступени**

**Задание числа сателлитов для каждой ступени**

**Ограничение по числу зубьев для опорного колеса**

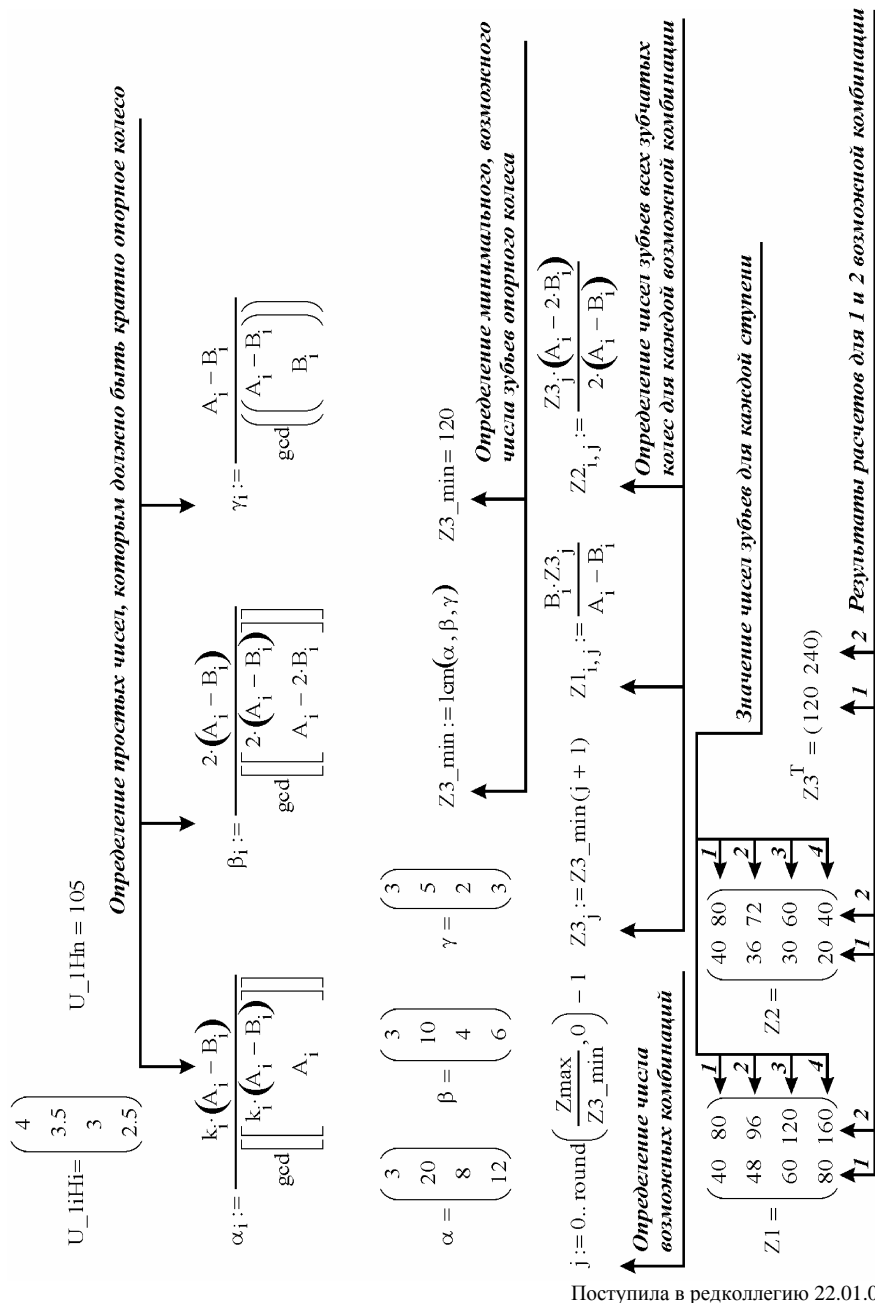
**Индекс, указывающий на номер ступени при расчетах**

**Приводим дроби к отношению простых чисел**

**Определение передаточного отношения каждой ступени и общего передаточного отношения (приводится в качестве проверки, корректности выбранной разбивки)**

```

    An := (40, 35, 30, 25)
    Bn := (10, 10, 10, 10)
    k := (4, 4, 4, 4)
    Zmax := 240
    Zmin := 18
    i := 0..length(An) - 1
    An_i := gcd(An_i, Bn_i)
    Bn_i := gcd(Bn_i, An_i)
    A := (4, 7, 3, 5)
    B := (1, 2, 1, 2)
    U_1Hn_i := A_i / B_i
    S := 1
    for k ∈ 0..length(A) - 1
        S ← S * U_1Hn_k
    
```



**А.В. МАРТЫНЕНКО, А.В. ТКАЧУК**, канд. техн. наук,  
**А.А. ЗАРУБИНА**, канд. техн. наук, **Л.Н. БОНДАРЕНКО**, НТУ „ХПИ“

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ГИДРОПЕРЕДАЧИ ГОП-900**

У статті пропонуються результати дослідження контактної взаємодії поршня та втулки гідроциліндру, а також за розшифрованих голограм, отриманих експериментальним методом голографічної інтерферометрії. Зроблені висновки і намічені подальші напрями досліджень.

Contact interaction results between piston and hob of hydro-volumetric pump are given in the article. Holograms taken with the experimental method of holographic interferometry are interpreted. Conclusions are done and further directions of research are set.

**Введение.** В настоящее время все более целесообразным является проведение всесторонних исследований механического объекта перед его непосредственным запуском в производство и, тем более, перед началом эксплуатации. Данная статья рассматривает вопрос комплексных исследований гидрообъемной передачи ГОП-900, созданной специалистами и учеными города Харькова [1] для усовершенствований трансмиссии гусеничных транспортных средств специального назначения.

**1. Методика исследований напряженно-деформированного состояния ГОП.** Известно, что дальнейшее развитие промышленного производства невозможно без применения современных компьютерных технологий. Однако выпускаемые для проектирования и анализа машиностроительных конструкций программные продукты, как правило, многодисциплинарны, что существенно усложняет интерфейс, и, соответственно, требуют значительных усилий и много времени для освоения. Как правило, у высококлассных специалистов-механиков время на углубленное изучение продукта и его особенностей значительно ограничено, поэтому предлагается создать узкоспециализированное „приложение-интерфейс“ [2] (рис. 1). Это даст следующие преимущества:

- незначительное время обучения перед использованием;
- возможность внесения в программный продукт функций, необходимых именно данному конкретному специалисту;
- значительное ускорение процесса ввода исходных данных и анализа результатов, вплоть до автоматической их генерации.

Также данная система должна содержать математический модуль, содержащий в себе полную математическую модель исследуемого объекта. Данный модуль служит непосредственным источником исходных данных для проведения исследований при невозможности проведения и дороговизне экспериментальных исследований [3, 4].