

УДК 621.01-52. + 621.865.8

Ю.Є. МЄШКОВ, О.А. ВОЙТОВИЧ

Херсонський національний технічний університет

ДО ПИТАННЯ ПРО КЛАСИФІКАЦІЮ ПЛОСКИХ ГРУП АССУРА

У статті розглядаються методи повної ідентифікації усіх плоских груп Ассура, що містять шість ланок. Представляється цілком достатнім називати групи по кількості ланок в них - двохланкові, чотирьохланкові, шестиланкові, восьмиланкові і десятиланкові. Виведення коефіцієнта k з кількості параметрів, що характеризують групи Ассура, не може порушити алгоритму класифікації, тобто цілком допустимо. Це тим більше важливо, що поняття класу групи Ассура являється в теорії механізмів важливішою їх характеристикою, а саме, складністю змінюваного замкнутого контуру α , що використовується в них.

Номенклатура ланок (розряд R), по - перше, дозволяє ідентифікувати лише деяку безліч груп, але не дає можливості ідентифікувати їх усередині множин, а по-друге, суть відмінностей розрядів.

Окрім відповідності формули Чебишева, групи Ассура повинні задовольняти умові елементарності, а саме, такі групи не повинні розпадатися на простіші, тобто чотирьохланкові - на діади, шестиланкові - на чотирьохланкові і діади і так далі.

Важливим параметром будь-якого ланцюга є кількість її гілок γ . Під кількістю гілок розуміється кількість вільних кінематичних пар - кількість зовнішніх пар ланцюга за умови, що ланцюг створений без змінюваних замкнутих контурів.

Вважається за доцільне далі замість кількості вільних пар ланцюга використати поняття кількості виходів ланцюга δ .

Третім необхідним критерієм відмінності ланцюгів повинно використовуватися кількість виходів групи δ . Ця кількість позначається буквою r , а кількість замкнутих змінюваних контурів - буквою m . Наступним важливим і необхідним параметром класифікації груп є складність введеного в ланцюг змінюваного замкнутого контуру α_i , де i - кількість сторін контуру.

Розроблені класифікаційні параметри є необхідними для ідентифікації різноманіття груп, які показують, що вони цілком достатні для умов від 4 до 8. При кількості ланок більше 8 можлива поява необхідності введення додаткових класифікаційних параметрів, таких, як послідовність розташування замкнутих змінюваних контурів по складності в групах при числі контурів більше трьох.

Ключові слова: плоскі групи Ассура, кількість ланок, класифікаційні параметри, ідентифікація, замкнуті змінювані контури.

Ю.Є. МЄШКОВ, О.А. ВОЙТОВИЧ

Херсонский национальный технический университет

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ПЛОСКИХ ГРУПП АССУРА

В статье рассматриваются методы полной идентификации всех плоских групп Ассура, содержащих шесть звеньев. Представляется вполне достаточным называть группы по количеству звеньев в них - двухзвенные, четырехзвенные, шестизвенные, восьмизвенные и десятизвенные. Вывод коэффициента k из числа параметров, характеризующих группы Ассура, не может нарушить алгоритма классификации, то есть вполне допустимо. Это тем более важно, что понятие класса группы Ассура является в теории механизмов важнейшей их характеристикой, а именно, сложностью изменяемого замкнутого контура α , который в них используется.

Номенклатура звеньев (разряд R), во - первых, позволяет идентифицировать лишь некоторое множество групп, но не дает возможности идентифицировать их внутри множеств, а во-вторых, сущность различных разрядов.

Кроме соответствия формулы Чебышева, группы Ассура должны удовлетворять условию элементарности, а именно, такие группы не должны распадаться на более простые, то есть четырехзвенные - на диады, шестизвенные - на четырехзвенные и диады и так далее.

Важным параметром любой цепи является количество ее ветвей γ . Под количеством ветвей понимается количество свободных кинематических пар - количество внешних пар цепи при условии, что цепь создана без изменяемых замкнутых контуров.

Считается целесообразным дальше вместо количества свободных пар цепи использовать понятие количества выходов цепи δ .

Третьим необходимым критерием отличия цепей должно использоваться количество выходов группы δ . Это количество обозначается буквой r , а количество замкнутых изменяемых контуров -

буквой m . Следующим важным и необходимым параметром классификации групп является сложность введенного в цепь изменяемого замкнутого контура α_i , где i - количество сторон контура.

Разработанные классификационные параметры необходимы для идентификации многообразия групп, которые показывают, что они вполне достаточны для условий от 4 до 8. При количестве звеньев более 8 возможно появление необходимости введения дополнительных классификационных параметров, таких, как последовательность расположения замкнутых изменяемых контуров по сложности в группах при числе контуров более трех.

Ключевые слова: плоские группы Ассура, количество звеньев, классификационные параметры, идентификация, замкнутые изменяемые очертания.

Yu.Ye. MIESHKOV, O.A. VOYTOVICH
Kherson National Technical University

ON THE QUESTION OF ASSUR'S FLAT GROUP CLASSIFICATION

The article deals with full identification methods of all plane Assur's groups, which contain of six links. It seems quite sufficient to call groups based on the number of links in them – two lanes, four lanes, six lanes, eight lanes and ten lanes. Output of the coefficient k from the number of parameters characterizing the Assur's groups, can not violate the classification algorithm, that is quite acceptable. It is all the more important that the concept of the class of Assur group deals in the theory of mechanisms with a more important characteristic, namely, the complexity of the alternating closed circuit $\alpha=4$ used in them. It is unlikely that this concept should be removed from the use of the mechanisms of high classes and more.

The nomenclature of links (rank R), first, allows identification of only a certain set of groups, but does not make it possible to identify them within sets, and secondly, the essence of the differences of digits.

In addition to the formula of Chebyshev, the Assur's groups must satisfy the elemental condition, namely, such groups should not disintegrate into simpler ones, that is, four groups – for dyads, six lines – for four lanes and dyads, and so on.

An important parameter of any chain is the number of its branches γ . By the number of branches refers to the number of free kinematic pairs – the number of external pairs of chain, provided that the chain is created without changing closed circuits.

It is considered expedient to use the concept of the number of δ outputs instead of the number of free pairs of chain.

The third necessary criterion for chain differences should be the number of outputs of the group δ . This number is indicated by the letter r , and the number of closed variable contours is the letter m . The next important and necessary parameter for classifying groups is the complexity of the introduced closed circuit in α_i , where i is the number of sides of the contour.

The developed classification parameters are necessary for identifying the diversity of groups, which show that they are quite sufficient for conditions from 4 to 8. With more than 8 links, it may be necessary to introduce additional classification parameters such as the sequence of arrangement of closed variable contours in terms of complexity in groups with number of contours more than three.

Keywords: Assur's flat groups, number of links, classification parameters, identification, closed variable contours.

Постановка проблеми

Вчення Л.В. Ассура [1] про синтез структур механічних систем, ґрунтоване на твердженні, що будь-який механізм може бути створено шляхом приєднання до ведучої ланки групи або груп ланок, що мають нульову рухливість, з часу його публікації (1914р.) є засадничим в теорії кінематичних ланцюгів. Групи ланок нульової рухливості після цього отримали назву груп Ассура, і завдання відшукування різноманіття таких груп стало важливим науковим завданням.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є розробка методів та класифікаційних параметрів для повної ідентифікації усіх плоских груп Ассура, що містять шість ланок, та послідовність розташування замкнутих змінюваних контурів по складності в групах при числі контурів більше трьох, які являються необхідними для ідентифікації різноманіття груп.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Робота професора Э.Е. Пейсах [2], присвячена термінологічному аналізу і обґрунтуванню нових класифікацій плоских структурних груп. Вона завершується таблицями чотирьох ланкових, шести ланкових, восьми ланкових і десяти ланкових груп Ассура з вказівкою їх загальної кількості: 2, 10, 173 і 5442. Аналіз приведених в роботі [2] таблиць дозволяє зробити, щонайменше, три висновки:

1. Усі групи Ассура в роботі класифікуються по чотирьом параметрам, а саме, по класу групи k , що введена професором Г.Г. Барановим, по складу ланок, що входять до групи, - розряду R , по числу r зовнішніх кінематичних пар групи і по числу m змінюваних замкнутих контурів в групі.

2. Число n - ланок груп і p - кінематичних пар в них є залежні параметри, визначувані через k , як $n = 2k$ і $p = 3k$.

3. Розряд R являється числовою послідовністю k - цифр, що визначає кількість двохпарних, трьохпарних, чотирипарних і так далі ланок.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розглянемо ці параметри як критерії класифікації груп. Вважати необхідним введення параметра k в якості класифікаційного - немає підстав. Цей параметр не відбиває якого-небудь фізичного сенсу і навіть ускладнює розуміння суті групи. Він усього лише відповідає або половині числа ланок групи або однієї третини числа її кінематичних пар. Представляється цілком достатнім називати групи по числу ланок в них - двох ланкові, чотирих ланкові, шести ланкові, восьми ланкові і десяти ланкові. Виведення k з числа параметрів, що характеризують групи Ассура, не може порушити алгоритму класифікації, тобто цілком допустимо. Це тим більше важливо, що поняття класу групи Ассура займається в теорії механізмів важливішою їх характеристикою, що йде від робіт акад. И. И. Артоболевського, а саме, складністю змінюваного замкнутого контуру α , що використовується в них. Навряд чи варто виводити із вживання таке поняття як механізми високих класів $\alpha = 4$ і більше.

Є цілком серйозні підстави засумніватися, що в практиці машинобудування будуть широко використовуватимуться групи Ассура, в яких $n > 8$, але, якщо і будуть, то не виникне ніяких проблем називати їх десятиланковими, дванадцятиланковими і так далі.

Що стосується розряду R , то в ньому міститься важлива інформація про число і види ланок що використовуються і про те, яка в групі ланка прийнята за базисну, тобто за найскладнішу. Це визначає остання значуща цифра розряду. Наприклад, розряд 63001 означає, що всього ланок 10 (десятиланкова група) з них шість двохпарних ланок, три трьохпарних і одна шестипарна, саме воно і найскладніша. На жаль, усередині розряду знайти відмінності груп неможливо. Так, в шести ланкових групах під розрядом 330 значиться число груп - 4, але чим вони розрізняються одна від одної, з'ясувати можливості нема. У восьми ланкових групах під розряд 3410 потрапляють 37 структур, а під розряд 4310 - 41 структура, які відрізнити також неможливо. Особливо ця обставина стає помітною в десяти ланкових групах, там під розрядом 45100 стоїть число 1249 структур. Це майже в 10 разів більше, ніж всього існує восьми ланкових груп. Виникають великі сумніви в тому як такою класифікацією можна користуватися. Висновок виявляється абсолютно очевидним - запропонована класифікація вимагає істотного доопрацювання для того, щоб за допомогою її можна було ідентифікувати всі до єдиної структури, тобто в класифікаційних таблицях повинно бути рядків стільки, скільки всього структур.

Необхідно відмітити, що до теперішнього часу знайдено багато додаткових параметрів, що характеризують відмінності груп Ассура [4, 5]. Вони обґрунтовані і опубліковані. Доцільно відмітити ще те, що параметри r і m , які використані в [2], строго взаємозалежні, вони пов'язані приведеним співвідношенням $m + r = k + 1$, звідки слідує, що при заданому числі ланок n , завжди $m + r = \frac{n+2}{2}$ тобто

r і m повинні братися за єдиний критерій. Таким чином, в запропонованій класифікації дійсно незалежними є лише три параметри: n - кількість ланок, R - номенклатура ланок і r - кількість зовнішніх пар (чи m - кількість змінюваних замкнутих контурів).

Відмітимо, що номенклатура ланок (розряд R), по - перше, дозволяє ідентифікувати лише деяку безліч груп, але не дає можливості ідентифікувати їх усередині множин, а по-друге, суть відмінностей розрядів в роботі [2] не розкрито і не обґрунтовано алгоритм їх складання. Так же необґрунтованими залишаються цифри, що визначають загальну кількість груп з різною кількістю ланок в них. У зв'язку з цим, залишаються підстави сумніватися в опублікованих числах груп. Розглянемо ті відомі до теперішнього часу характеристики плоских кінематичних ланцюгів, які можуть бути використані як незалежні і необхідні при ідентифікації усіх без виключення груп Ассура. Передусім, використовуючи формулу рухливості П.Л. Чебишева:

$$W = 3n - 2p_5 \quad (1)$$

за умови, що $W = 0$, отримаємо добре відоме співвідношення,

$$p_5 = \frac{3n}{2}, \quad (2)$$

з якого слідує, що групами Ассура є структури, що містять парне число ланок, - через два, при числі шарнірів - через три: двохланкові ($p_5 = 3$), чотирьохланкові ($p_5 = 6$), шестиланкові ($p_5 = 9$), восьмиланкові ($p_5 = 12$), десяти ланкові ($p_5 = 15$) і так далі. На цій підставі першим початковим параметром при складанні класифікаційних таблиць груп повинно прийматися саме число ланок (2, 4, 6, 8, 10 і так далі). Простішою групою є двохланкова, або діада.

Окрім відповідності формулі (2), групи Ассура повинні задовольняти умові елементарності, а саме, такі групи не повинні розпадатися на простіші, тобто чотирьохланкові - на діади, шестиланкові - на чотирьохланкові і діади і так далі.

У теорії кінематичних ланцюгів ще О. Г. Озол [3], а цілком можливо, що і раніше, використовувалося поняття "базисної ланки", тобто найбільш складної ланки ланцюга. В статті [4] було показано, що сумарна кількість кінематичних пар p і сумарна кількість ланок n будь-якого кінематичного ланцюга можуть бути знайдено через базисну ланку (τ - кутник) як:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1. \end{cases} \quad (3)$$

В (3) під n_i розуміється кількість ланок, що додають при приєднанні до ланцюга по i кінематичних пар.

При заданому значенні τ , тобто заданій кількості геометричних елементів базисної ланки, що утворюються з сусідніми ланками кінематичні пари, можна визначити яка мінімальна кількість ланок повинна мати ланцюг. Така подія з'являється, якщо усі ланки, що додають в ланцюг більше за одну пару, дорівнюють нулю, тобто якщо $n_{\tau-1} = \dots n_i = \dots = n_2 = 0$.

В цьому випадку, система (3) набере вигляду:

$$\begin{cases} p = \tau + n_1, \\ n_{\min} = 1 + n_1, \end{cases} \quad (4)$$

звідки, $n_1 = n_{\min} - 1$, а $p = \tau + n_{\min} - 1$.

Для плоских груп Ассура з парами p_5 згідно (2) і (4) отримаємо:

$$\frac{3n_{\min}}{2} = \tau + n_{\min} - 1,$$

звідки

$$n_{\min} = 2(\tau - 1) \quad (5)$$

Це ж завдання може бути розв'язано і відносно τ_{\max} при заданому n . В цьому випадку, з (5) отримаємо:

$$\tau_{\max} = \frac{n + 2}{2} \quad (6)$$

Так, для чотирьох ланкових груп $\tau_{\max} = 3$, для шести ланкових груп $\tau_{\max} = 4$, для восьми ланкових груп $\tau_{\max} = 5$, для десяти ланкових груп $\tau_{\max} = 6$ і так далі. У цьому легко переконатися по таблицях, приведених в [2].

Найбільш складна ланка – трьохпарна.

На підставі викладеного другим параметром після n повинно прийматися τ , якому послідовно можна задавати значення від $\tau = 3$ до τ_{\max} . Для чотирьохланкових груп - це лише $\tau = 3$; при $n = 6$ - це $\tau = 3$ і $\tau = 4$; при $n = 8$ - це $\tau = 3$ і $\tau = 4$ і $\tau = 5$; при $n = 10$ - це $\tau = 3$, $\tau = 4$, $\tau = 5$ і $\tau = 6$ і так далі.

Представляється, що ігнорувати відмінність груп по базисній ланці що використовується в них, ні по якій логіці не слідує. Важливим параметром будь-якого ланцюга є кількість її гілок γ . Під кількістю гілок розуміється кількість вільних кінематичних пар (по термінології [2] - кількість зовнішніх пар) ланцюга за умови, що ланцюг створений без змінюваних замкнутих контурів.

Очевидною є залежність:

$$\gamma = p - (n - 1), \quad (7)$$

тобто кількість гілок або вільних пар в ланцюзі визначається різницею між загальною кількістю пар p ланцюга і кількістю пар, які вже використані (зайняті) в результаті приєднання до τ -кутника $(n - 1)$ ланок. З урахуванням співвідношення (2) між p_5 і n в плоских групах Ассура, можна показати, що $\gamma = \frac{n+2}{2}$. Підстановкою p і n з (3) в (7) можна виразити кількість гілок γ через τ у вигляді:

$$\gamma = \tau + (\tau - 2)n_{\tau-1} + \dots + (i - 1)n_i + \dots + n_2. \quad (8)$$

Коли в ланцюзі створюються замкнуті змінювані контури кількістю α , утворення кожного контуру зменшує на одиницю кількість вільних пар. Вважаємо за доцільне далі замість кількості вільних пар ланцюга використати поняття кількості виходів ланцюга δ . Враховуючи відмічене, можна записати:

$$\gamma = \delta + \alpha. \quad (9)$$

На цій підставі третім необхідним критерієм відмінності ланцюгів повинно використовуватися кількість виходів групи δ . Ця кількість позначається буквою r , а кількість замкнутих змінюваних контурів - буквою m . З (9) також видно, що зв'язок між δ і α (r і m) цілком визначена. Як показано в [2] кількість δ (r) не може бути менше ($r = 2$) і тоді цьому критерію може бути заданий повний діапазон значень від $\delta = 2$ до $\delta = \gamma$. Наступним важливим і необхідним параметром класифікації груп є складність введеного в ланцюг змінюваного замкнутого контуру α_i , де i - кількість сторін контуру.

Абсолютно очевидно, що в плоских важільних ланцюгах i не може бути прийнято менше 4, а максимальна кількість i не може бути більше за кількість ланок ланцюга що використовуються, і тоді критерієм класифікації стає параметр α_i , що набуває значень від α_4 до α_n .

Відмітимо ще одну важливу обставину. Якщо в залежність (2) підставити p і n (3), врахувати формулу (8), то після перетворень можна показати, що мінімальна кількість змінюваних замкнутих контурів в групі (α_{\min}) через τ визначиться залежністю:

$$\alpha_{\min} = (\tau - 3) + (\tau - 4)n_{\tau-1} + \dots + (i - 3)n_i + \dots + n. \quad (10)$$

З (10) слідує важливий висновок про те, що групи Ассура з $\tau > 3$ не можуть бути створені без змінюваних замкнутих контурів. Вже при $\tau = 4$ будь-яка група Ассура містить у своєму складі принаймні один змінюваний контур, при $\tau = 5$ таких контурів мінімум два, при $\tau = 6$ - мінімум три і так далі. У рядках, де використовуються чотирипарні ланки, обов'язково є присутнім один контур, в групах з п'ятипарними ланками показано по два контури, а в групах з мінімальною кількістю контурів - три.

У тому випадку, коли в ланцюзі з'являються декілька замкнутих змінюваних контурів $\alpha_i = \gamma - \delta$, не можна не враховувати різну можливу складність цих контурів. При двох змінюваних контурах це може бути α_4 і α_4 , α_4 і α_5 , α_4 і α_6 , α_5 і α_5 і так далі. При трьох контурах може бути α_4 , α_4 , α_4 або α_4 , α_4 , α_5 і так далі. Ігнорувати ці відмінності між групами немає розумних підстав. Тому наступним критерієм відмінності груп повинен використовуватися критерій, що визначає відмінності в складності утворених в них змінюваних замкнутих контурів при їх кількості більше за один. Позначимо цей параметр як $\sum \alpha_i$. Межі цієї суми можуть змінюватися від $\sum \alpha_4$ до $\sum \alpha_n$. Наступним важливим критерієм відмінності груп Ассура один від одного повинно прийматися кількість сторін ланок груп λ . У плоских кінематичних ланцюгах, ланки яких сполучені в шарніри, будь-яка двохпарна ланка має дві сторони, трьохпарна ланка - три сторони, чотирипарна - чотири і так далі. Тоді загальна кількість сторін усіх ланок, що утворюють кінематичний ланцюг, визначиться залежністю:

$$\lambda = \sum_2^{\tau} j n_j, \quad (11)$$

де j - кількість сторін j - парної ланки, n_j - кількість j - парних ланок.

Оскільки номенклатура ланок (розряд R по [2]) заздалегідь відома, то визначити загальну кількість сторін ланок ланцюга (11) не представляє складності. Так, у десятиланковій групі Ассура з $R=64000$, $\lambda = 2 \cdot 6 + 3 \cdot 4 = 24$, у чому можна переконатися, побудувавши нормальну десятиланкову групу і перерахувавши сторони ланок.

Введення одного змінюваного замкнутого контуру в ланцюг збільшує λ на одиницю. Так, в рядку 24 [2] значиться розряд 55000 і вказано, що в цьому ланцюзі один змінюваний замкнутий контур.

Для цієї групи по (11) отримаємо $\lambda = 2 \cdot 5 + 3 \cdot 5 = 25$, тобто кількість сторін збільшилося на одиницю. Розглянемо ще перший рядок (табл. 5) [2], там позначений розряд 28000 і відмічено, що в цьому ланцюзі чотири змінювані замкнуті контури. По (11) для неї отримаємо $\lambda = 2 \cdot 2 + 3 \cdot 8 = 28$, тобто кількість сторін збільшилося рівно на кількість створених змінюваних замкнутих контурів. Вже на цій підставі можна записати, що сумарна кількість сторін λ_c плоского кінематичного ланцюга завжди є:

$$\lambda_c = \lambda + \alpha. \quad (12)$$

У кінематичних ланцюгах зі змінюваними замкнутими контурами частина сторін ланок стає внутрішньою λ_e , а інші зовнішніми λ_n . Очевидно, що:

$$\lambda_c = \lambda_e + \lambda_n. \quad (13)$$

Кількість внутрішніх сторін легко прораховується через кількість і вид побудованих змінюваних контурів по залежності:

$$\lambda_n = \sum_{i=4}^{i_{\max}} i \alpha_i \quad (14)$$

Вище нами було показано, що мінімальна кількість сторін рухливого змінюваного замкнутого контуру не може бути менше $i = 4$, а i_{\max} обмежується кількістю ланок групи. Віднімаючи від сумарної кількості сторін ланцюга λ_c кількість внутрішніх сторін λ_e є можливість отримати кількість зовнішніх сторін λ_n , що залишається, тобто:

$$\lambda_n = \lambda_c - \lambda_e. \quad (15)$$

Оскільки, залежно від конкретної кількості α_i і їх виду параметр λ_e виявляється змінним, що змінюється по кількості, то змінним буде і кількість λ_n зовнішніх сторін ланцюга, і ця кількість може бути по різному розподілена між виходами ланцюга. Умовно позначимо цей класифікаційний критерій, як $\frac{\lambda_n}{\delta}$ і з логічних міркувань обмежимо мінімальну "дистанцію" між виходами цифрою 3. Наявність

саме трьох ланок між виходами гарантує цій групі працездатність, якщо навіть група з цими виходами буде замкнута на стійку - на нерухомому ланку. Залежно від кількості δ і кількості λ_n можливі різні варіанти дистанцій між виходами, що дозволяє знаходити групи Ассура, що відрізняються.

Звернемося до восьмиланкових груп, що відповідають розряду 2600 [2]. У цьому рядку показано, що кількість виходів груп $\delta = r = 2$, а змінюваних замкнутих контурів в групі $\alpha = m = 3$, і всього таких груп 19. Заданий розряд дозволяє по формулі (11) знайти сумарну кількість сторін ланцюга

$$\lambda_c = 2 \cdot 2 + 6 \cdot 3 = 22.$$

Створимо групу, у якій усі змінювані замкнуті контури будуть чотирикутними, тобто α_4 , α_4 і α_4 . По (14) знайдемо, що

$$\lambda_n = 4 \cdot 3 = 12,$$

тоді по (15) кількість зовнішніх сторін буде $\lambda_n = 22 - 12 = 10$. Між двома виходами ця кількість може бути представлена дистанціями 3-7, 4-6, 5-5. Це дозволяє з 19-ти груп, ідентифікувати групи, що відрізняються по розглянутому параметру групи.

Усі обґрунтовані вище класифікаційні параметри (критерії) об'єднаємо в табл. 1

Необхідно відмітити, що усі ці класифікаційні параметри є необхідними для ідентифікації різноманіття груп, але не можна стверджувати про їх повну достатність. Досвід показує, що вони цілком достатні для умов, коли n від 4 до 8. При $n > 8$ можлива поява необхідності введення додаткових класифікаційних параметрів, наприклад таких, як послідовність розташування замкнутих змінюваних контурів по складності в групах при кількості контурів більше трьох, в цьому випадку можливі відмінності у вигляді α_4 , α_5 , α_6 , α_4 або α_4 , α_5 , α_6 , α_5 .

У [2], групи по розрядах 240 і 330 виявилися такими, що не мають відмінностей один від одного, кожна з груп отримала значну відмінність від інших.

Таблиця 1

Класифікаційні параметри (критерії) плоских шарнірних груп Ассура

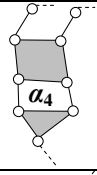
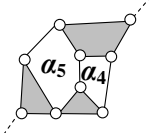
№ з/п	Класифікаційний параметр	Позначення параметра	Межі зміни параметра
1	Кількість ланок груп	n	від $n = 4$ до n_{\max} Навряд чи є практичний сенс вивчати групи з $n > 10$.
2	Складність базисної ланки групи	τ	від $\tau = 3$ до τ_{\max} . При цьому $\tau_{\max} = \frac{n+2}{2}$.
3	Кількість виходів групи (Кількість змінюваних замкнутих контурів в групі)	$\delta (\alpha)$	від $\delta = 2$, до $\delta = \gamma$, де γ кількість гілок ланцюга, $\gamma = \frac{n+2}{2}$ $\alpha = \gamma - \delta$, $\alpha_{\max} = \gamma - 2$.
4	Складність замкнутих контурів в групі що використовуються	$\sum \alpha_i$	від $\sum \alpha_4$ до $\sum \alpha_n$
5	Сумарна кількість сторін групи	λ_c	від $\lambda_c = \lambda = \sum_{j=2}^{\tau} j n_j$ до $\lambda_c = \lambda + (\gamma - 2)$
6	Кількість зовнішніх сторін груп	λ_n	від $\lambda_n = \lambda_c$ до $\lambda_n = \lambda_c - \lambda_{\text{вmax}}$
7	Кількість сторін груп між виходами	$\frac{\lambda_n}{\delta}$	Мінімальна дистанція між виходами - три ланки.

Таблиця 2

Склад плоских шести ланкових шарнірних груп Ассура ($n = 6, p = 9, \gamma = 4$)

Склад плоских шестиланкових шарнирних груп Ассура ($n = 6, p = 2, l = 4$)													
№ з/п	Розряд групи	Базисна ланка	Кількість виходів (кількість замкнутих контурів)	Складність контуру	Сумарна кількість сторін	Кількість внутрішніх сторін	Кількість наружних сторін	Кількість сторін між виходами	Схема групи				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	R	τ	$\frac{\delta}{\alpha}$	$\Sigma\alpha_i$	λ_c	$\lambda_{\text{в}}$	$\lambda_{\text{н}}$	$\frac{\lambda_{\text{н}}}{\delta}$					
1	420	3	4/0	-	14	0	14	3-4-3-4					
2	330		3/1	α_4		15	4	11	3-3-5				
3									3-4-4				
4									α_5	5	10	3-3-4	
5									α_6	6	9	3-3-3	
6	240		2/2	$\alpha_4 + \alpha_4$	16	8	8	3-5					
7								4-4					
8								$\alpha_4 + \alpha_5$	9	7	3-4		

Продовження таблиці 2

9	41 1	4	3/1	α_4	15	4	11	3-4-4	
10	32 1		2/2	$\alpha_4 + \alpha_5$	16	9	7	3-4	

Висновки

В даній статті була приведена повна класифікація восьми ланкових плоских груп відповідно до викладеного алгоритму класифікації.

Список використаної літератури

1. Артоболевский И.И. Синтез плоских механизмов. // И.И. Артоболевский, И.И. – М.: Физматгиздат, 1967. -720 с.
2. Пейсах Э.Е. Классификация плоских групп Ассура // Теория механизмов и машин. 2007. №1(9). Том 5. – С. 5-17.
3. Озол О.Г. Основы конструирования и расчеты механизмов. – Рига: «Звайгзне», 1979. – 288 с.
4. Дворников Л.Т. Новые формализации в структуре механизмов // Известия ВУЗов «Машиностроение». – 1993. – №1. – С. 3-8.
5. Кожевников С.Н. Теория машин и механизмов – М., Машиностроение 1973.-592 с.