

МАШИНОСТРОЕНИЕ

С. С. АРУТЮНЯН, К. Г. СТЕПАНИН, Ф. С. ЗАЗЯН

СИНТЕЗ ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА
С РЕГУЛИРУЕМЫМ УГЛОМ ВЫСТОЯ

Настоящий уровень автоматизации технологических процессов требует от проектировщиков создания таких многофункциональных механизмов, которые путем изменения некоторых его геометрических размеров способны перенастраиваться на разные режимы движения в зависимости от случайных или закономерных изменений условий технологических процессов.

Несмотря на столь большую важность указанных механизмов, необходимо отметить, что подобные механизмы недостаточно применяются в производстве ввиду отсутствия эффективных методов их проектирования. По пути устранения пробела, в последние годы были предложены некоторые принципы образования регулируемых механизмов, которые лежат в основе создания многофункциональных механизмов.

Значительная часть этих принципов относится к созданию зубчато-рычажных механизмов с регулируемой длительностью приближенного выстоя выходного звена. Можно указать несколько работ [1, 4—6], относящихся к решению указанных проблем. Для достижения поставленной цели, указанными авторами были применены многозвенные зубчато-рычажные механизмы и разработаны сложные для использования в практике методы их проектирования.

Новый метод синтеза рычажных механизмов с регулируемой длительностью приближенного выстоя предложен в [3]. Развивая идеи этого метода, авторами настоящей статьи предложен простой метод синтеза зубчато-рычажных механизмов с регулируемым углом выстоя.

1. *Синтез зубчато-рычажного механизма с выстоем.* Сначала представим существенно новый метод формирования зубчато-рычажного механизма с выстоем, который в дальнейшем будет использован при синтезе регулируемого механизма. Пусть задана кинематическая схема механизма (рис. 1), где в качестве входного выбрано звено 1, а выходного — 4. Необходимо спроектировать механизм так, чтобы при непрерывном вращении входного звена 1 выходное звено 4 совершало прерывистое движение.

Установим связь между угловыми скоростями звеньев 1 и 4. Согласно формуле Виллиса, при условно подвижном колесе 5 имеем

$$u_{45}^{(1)} = \frac{\omega_4 - \omega_1}{\omega_5 - \omega_1}, \quad (1)$$

где ω_1 , ω_4 , ω_5 — соответственно, угловые скорости звеньев 1, 4 и 5. а $u_{45}^{(1)}$ — передаточное отношение кинематической цепи 4—3—2—5 в ее движении относительно звена 1.

Учитывая, что для рассматриваемого механизма $\omega_5 = 0$, (1) преобразуется к виду

$$u_{45}^{(1)} = \frac{\omega_4 - \omega_1}{-\omega_1},$$

откуда находим искомую связь в виде соотношения

$$u_{41}^{(5)} = \frac{\omega_4}{\omega_1} = 1 - u_{45}^{(1)} = 1 - u_{42}^{(1)} \cdot u_{25}^{(1)}, \quad (2)$$

где $u_{42}^{(1)}$ — передаточное отношение рычажной цепи 4—3—2, а $u_{25}^{(1)}$ — передаточное отношение зубчатой передачи 2—5 зубчато-рычажного механизма в их движении относительно звена 1.

Анализ выражения (2) позволяет выявить условия, при которых звено 4 совершает движение с выстоями. Действительно, при осуществлении длительного выстоя на некотором интервале $[0, \varphi_{1n}]$ вращения звена 1 $\omega_1 = 0$, что согласно (2) приводит к выполнению на указанном интервале условия

$$1 - u_{42}^{(1)} \cdot u_{25}^{(1)} = 0,$$

откуда получаем

$$u_{42}^{(1)} = u_{25}^{(1)} = \text{const.} \quad (3)$$

Для получения движения звена 4 с выстоями необходимо, чтобы передаточное отношение $u_{42}^{(1)}$ рычажной цепи 4—3—2 в некотором интервале $[\varphi_{40}^{(1)}, \varphi_{4n}^{(1)}]$, длина которого равна длине интервала $[0, \varphi_{1n}]$, было постоянно и тождественно равнялось передаточному отношению $u_{25}^{(1)}$ зубчатой передачи 5—2.

Для проектирования шарнирного четырехзвенника 4-3-2, удовлетворяющего условию (3), можно использовать любые методы приближенного синтеза рычажных механизмов.

Следует отметить, что вне указанного отрезка $[0, \varphi_{1n}]$ нарушается условие (3), вследствие чего звено 4 получает определенное перемещение. Кроме того, за один оборот звена 1 указанный закон с выстоем повторяется $u_{25}^{(1)}$ раз. Это необходимо отнести к числу преимуществ зубча-

то-рычажных механизмов по сравнению с рычажным, ибо у последних подобные свойства отсутствуют.

2. Синтез зубчато-рычажного механизма с регулируемым углом выстоя. Обобщая рассуждения, приведенные в п. 1, приходим к выводу о том, что в качестве рычажной части зубчато-рычажного механизма можно взять произвольный механизм, преобразующий движение сателлита 2 в движение выходного звена АВ (рис. 1). Аналогично доказывается, что и в этом случае выходное звено АВ будет двигаться с выстоями, если передаточное отношение рычажного механизма относительно входного звена 1 в некотором интервале $[0, \varphi_{1n}]$ постоянно и равно передаточному отношению зубчатой передачи относительно того же звена 1.

Помимо этого можно доказать, что угол выстоя зубчато-рычажного механизма равен длине φ_{1n} интервала $[0, \varphi_{1n}]$. Это наводит на мысль, что если в рычажном механизме представляется возможным регулировать длину интервала $[0, \varphi_{1n}]$, то в полученном с его помощью зубчато-рычажном механизме угол выстоя будет регулируемым, а задача синтеза зубчато-рычажного механизма приведена к синтезу такого регулируемого механизма с вышеуказанным свойством, для которого регулируется промежуток интервала $[0, \varphi_{1n}]$.

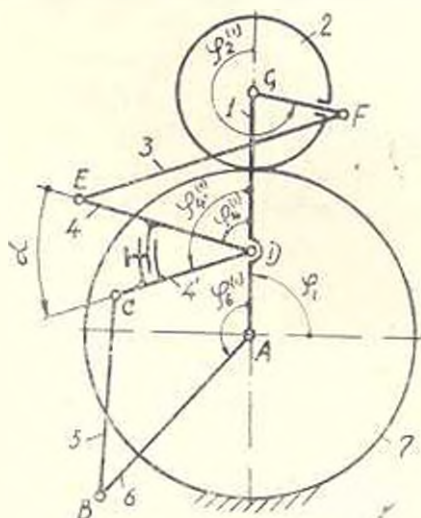


Рис. 2.

Приведем конкретный пример. Рассмотрим зубчато-рычажный механизм, представленный на рис. 2. Из вышеизложенных рассуждений следует, что выходное звено 6 будет двигаться с выстоями с регулируемым углом выстоя $\varphi_{1n} = \text{var}$, если в интервале $[0, \varphi_{1n}]$ переменной длины приблизительно выполняется условие

$$u_{62}^{(1)} = u_{64}^{(1)} \cdot u_{43}^{(1)} = u_{72}^{(1)} = \text{const.} \quad (4)$$

где $u_{62}^{(1)}$ — передаточное отношение регулируемого шестизвенного механизма 6—5—4—3—2, а $u_{72}^{(1)}$ — передаточное отношение зубчатой передачи 7—2 в движении, относительно входного звена 1.

Задача сводится к синтезу регулируемого шестизвенника 6—5—4—3—2, для которого в некотором интервале $[\varphi_{6n}^{(1)}, \varphi_{6n}^{(1)}]$ переменной длины $\varphi_{6n}^{(1)} - \varphi_{6n}^{(1)} = \varphi_{1n}$ приблизительно выполняется условие (4) ($\varphi_{6n}^{(1)}$ — угол относительного поворота выходного звена 6 к выходному звену 1).

Указанный регулируемый механизм можно синтезировать следующим образом. По известным методам приближенного синтеза механиз-

мов спроектируем два передаточных механизма 6-5-4' и 4-3-2 (рис. 2) с постоянными передаточными отношениями $\mu_{64'}^{(1)}$ и $\mu_{42}^{(1)}$, для которых выполняется условие (4) при заданном $u_{12}^{(1)}$. Путем последовательного присоединения этих четырехзвенников получаем шестизвенный механизм 6-5-4-3-2.

Если в полученном механизме в качестве регулирующего параметра брать угол α жесткого закрепления 4' и 4, его изменение в некотором интервале $[\alpha_1, \alpha_4]$ приведет к изменению длины интервала $[\varphi_{60}^{(1)}, \varphi_{6m}^{(1)}]$ с соблюдением условия (4) [2].

Установим связь между углом выстоя $\varphi_{1n} = \varphi_{6m}^{(1)} - \varphi_{60}^{(1)}$ и регулирующим параметром α . Она выводится на основании того, что звенья 4' и 4 должны иметь возможность одновременно перемещаться, соответственно, в промежутках изменения углов $\varphi_{4'0}^{(1)}$ и $\varphi_{4m}^{(1)}$, внутри которых обеспечивается постоянство передаточных отношений $\mu_{64'}^{(1)}$ и $\mu_{42}^{(1)}$. Обозначим через $\varphi_{4'0}^{(1)}$, $\varphi_{4'0}^{(2)}$ и $\varphi_{4'm}^{(1)}$, $\varphi_{4'm}^{(2)}$ начала и концы указанных промежутков, и, не нарушая общности, примем $\varphi_{4'0}^{(1)} < \varphi_{4'm}^{(1)}$ и $\varphi_{4'0}^{(2)} < \varphi_{4'm}^{(2)}$. Эти углы отсчитываются от продольной оси входного звена 1 в положительном направлении и при этом сохраняются относительные положения углов $\varphi_{4'0}^{(1)}$ и $\varphi_{4'0}^{(2)}$ к углам $\varphi_{4'm}^{(1)}$ и $\varphi_{4'm}^{(2)}$.

При этих предположениях возможны два случая:

а) $\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} \leq \varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)}$. Здесь целесообразно регулирующий относительный поворот между звеньями 4' и 4 отсчитывать от звена 4' в положительном направлении. Тогда можно доказать, что взаимосвязь между углом выстоя и углом α регулирующего поворота имеет вид:

$$\varphi_{1n} = \begin{cases} (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} + \alpha) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_1, \alpha_2]; \\ (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)}) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \alpha_3]; \\ (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} - \alpha) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \alpha_4], \end{cases} \quad (5)$$

где

$$\alpha_1 = \varphi_{4'0}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}; \quad \alpha_2 = \varphi_{4'0}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}; \quad \alpha_3 = \varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'm}^{(2)}; \quad \alpha_4 = \varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}.$$

б) $\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} \geq \varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)}$. В данном случае угол α следует отсчитывать от звена 4 в положительном направлении, причем, между углами φ_{1n} и α существует связь:

$$\varphi_{1n} = \begin{cases} (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} + \alpha) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_1, \alpha_2]; \\ (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)}) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \alpha_3]; \\ (\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(1)} - \alpha) \mu_{64'}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \alpha_4], \end{cases} \quad (6)$$

где

$$\alpha_1 = \varphi_{4'0}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}; \quad \alpha_2 = \varphi_{4'0}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}; \quad \alpha_3 = \varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'm}^{(2)}; \quad \alpha_4 = \varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'0}^{(2)}.$$

Как следует из (5) и (6), при изменении регулирующего параметра α в промежутках $[\alpha_1, \alpha_2]$ и $[\alpha_3, \alpha_4]$ угол выстоя регулируется в

пределах от 0° до $\min \{(\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}, (\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}\}$. Наличие двух интервалов регулирования $\{\alpha_1, \alpha_2\}$ и $\{\alpha_3, \alpha_4\}$ позволяет выбрать из них тот, для которого в шарнирных четырехзвенниках 6-5-4' и 4-3-2 создаются более благоприятные условия для передачи сил.

В процессе синтеза можно достичь того, чтобы $\min \{(\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}, (\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}\}$ был равен заданной величине φ_{10} . Для этого достаточно выбрать входные параметры $\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}, \varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}, u_{64}^{(1)}$ из условия

$$\min \{(\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}, (\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)}\} = \varphi_{10}.$$

ЕрІІІ ич. К. Маркса

27. II. 1982

II. Ս. ՀԱՐՈՒՅՈՒՆՅԱՆ, Կ. Գ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ, Յ. Ս. ԶԱԶԱՆ

ԿԱՐԿԱՎՈՐՎՈՂ ԿԱՆԳԱՌԻ ԱՆԿՅՈՒՆՈՎ ԱՏՍՄԱՆ-ԼՈՒԿԱՅԻՆ ԴԵՄԻՆԻՏԻ ՍԻՆԹԵԶ

Ա Վ Փ Ո Վ Ո Ւ Մ

Հողվածում առաջարկվում է կարգավորվող կանգառի անկյունով առամ-նա-լծակային մեխանիզմի նախագծման մի մեթոդ, որում կարգավորող պա-րամետրի տարրեր արժեքների դեպքում փոխվում է հարթ ողակի կանգառին համապատասխանող մոտորի ողակի պտտման անկյան շափր: Տույց է տրվում, որ նշված մեխանիզմի նախադրումը բերվում է հաստատուն փոխանցման հարաբերությամբ կարգավորվող փոխանցիչ լծակային մեխանիզմների նա-խագծմանը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Гермет М. М. и др. Синтез зубчато-рычажного механизма с регулируемой длиной приближенного выстоя ведомого звена — Машиноведение, 1971, № 3, с. 54—59.
2. А с. № 796574 (СССР). Пространственный рычажный механизм с периодической остановкой. К. М. Егишян, Ю. Л. Саркисян, А. В. Қочикян. — Оpubл. в Б.И., 1981, № 2.
3. Егишян К. М., Саркисян Ю. Л. Синтез регулируемых прямолинейных и круговых направляющих механизмов. — Изв. вузов, Машиностроение, 1975, № 5, с. 61—68.
4. Левитский Н. Н. и др. Устройство для воспроизведения заданного закона скорости с линейными и нелинейными участками. — В кн.: Механика машин. М., Наука, 1976, вып. 51, 13 с.
5. Акарян С. М. Синтез зубчато-рычажного механизма с прерывным односторонним движением ведомого звена. — Машиноведение, № 2, 1970, с. 53—59.
6. Шишкин Л. С. Зубчато-рычажные механизмы. — М.: Машиностроение, 1971. — 190 с.