

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИБЛИЖЕННЫМ ВЫСТОЕМ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

С.В. ЛУШНИКОВ, Г.А. САРАНЧУК

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Шестизвенные рычажные механизмы с приближенным выстоем выходного звена (рис.1) широко используются в текстильных машинах, например в батанных механизмах ткацких станков и петлеобразующих органах трикотажных машин.

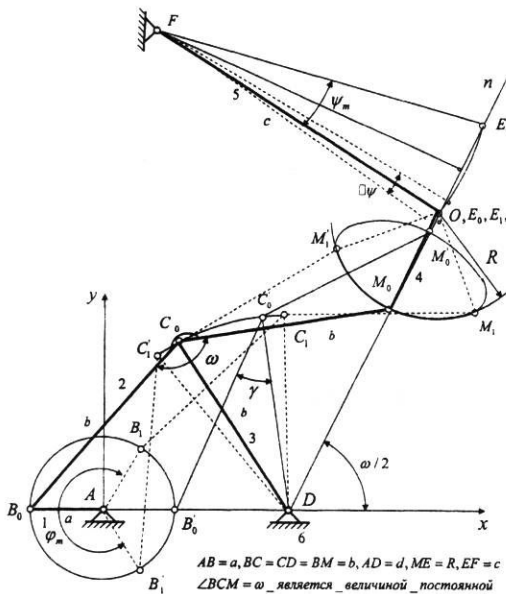


Рис. 1

Для осуществления выстоя выходного звена используют четырехзвенный меха-

низм (звенья 1,2,3,6), у которого точка М (рис.1), находящаяся на шатуне, на участке $M_1-M'_1$ перемещается по траектории, близкой к дуге окружности.

Если принять длину шатуна 4 равной радиусу дуги окружности $ME = R$, получим механизм с приближенным выстоем выходного звена 5. За время приближенного выстоя входное звено 1 поворачивается на угол φ_m , а выходное звено 5 на угол малого качания $\Delta\psi$ (рис.2).

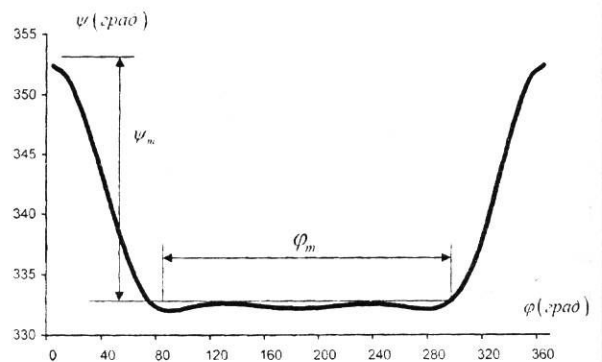


Рис. 2

В качестве направляющего четырехзвенника целесообразно использовать симметричный круговой механизм (рис.1) (звенья 1,2,3,6), который обеспечивает бо-

лее продолжительный и качественный выстой выходного звена в сравнении с другими рычажными механизмами [1]. Размеры кругового направляющего механизма должны удовлетворять условиям $BC=CM=CD=b$.

Параметрический синтез таких механизмов выполняют методами приближения функций [2] или оптимизационными методами [3]. Исходными данными являются угол φ_m поворота кривошипа 1 (рис.1), определяющий продолжительность выстоя, и угол качания ψ_m выходного звена 5.

Основным критерием качества спроектированного механизма является величина угла $\Delta\psi$ малого качания выходного звена на участке приближенного выстоя. Чем меньше величина угла $\Delta\psi$, тем ближе выстой выходного звена приближается к идеальному.

При синтезе механизма по методу равномерного наилучшего приближения функций [2] расчет проводится в относительных величинах $b=1$. Размеры кривошипа $AB=a$ и стойки $AD=d$ назначаются с учетом условия существования кривошипа 1 и требуемых углов передачи движения:

$$\gamma_{\min} \leq \gamma \leq \pi - \gamma_{\min}.$$

При этом число варьируемых параметров $k=2$.

Имея в виду, что

$$\begin{aligned} a + d &= 2b \sin\left(\frac{\pi - \gamma_{\min}}{2}\right), \\ d - a &= 2b \sin\left(\frac{\gamma_{\min}}{2}\right), \end{aligned} \quad (1)$$

и принимая $b=1$, $\gamma_{\min} = 30$ град, получим область, в которой можно выбирать параметры $AB=a$ и $AD=d$:

$$a < d, \quad a + d \leq 1,932, \quad d - a \geq 0,518. \quad (2)$$

Выбрав параметры a и d , другие размеры кругового направляющего механизма определяем по формулам, полученным в [2]. Определение размеров структурной

группы 4-5 исходя из заданного угла качания ψ_m выходного звена выполняется по формулам, изложенным в [3]. Например, для исходных данных $\varphi_m = 220$ град; $\psi_m = 20$ град и значениях $a = 0,3$; $d = 0,95$; $b = 1$ получаем следующие параметры механизма:

$$\begin{aligned} R &= 0,8242; \quad \omega = 144,787 \text{ град}; \\ X_0 &= 1,4531; \quad Y_0 = 1,5854; \quad f = 1,4156; \quad (3) \\ X_F &= -0,19868, \quad Y_F = 2,2413. \end{aligned}$$

Максимальное отклонение положения выходного звена 5 от положения идеального выстоя (угол малого качания) выходного звена $\Delta\psi=0,7827$ град. Как показывают расчеты, равномерное приближение траектории точки M к дуге окружности не обеспечивает равномерного приближения отклонения $\Delta\psi$ к идеальному выстояю (рис.3, кривая 1).

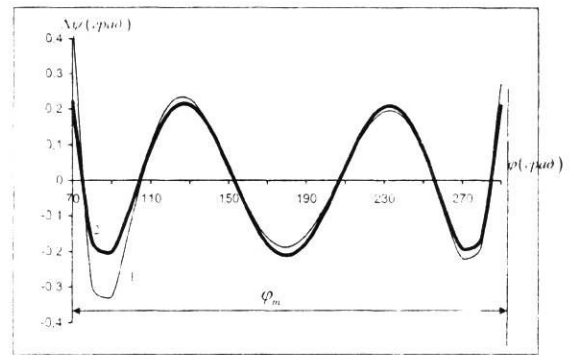


Рис. 3

При синтезе механизма оптимизационным методом [3] исходными параметрами наряду с углами φ_m и ψ_m являются радиус дуги окружности R и координаты ее центра X_0, Y_0 . За целевую функцию принимаем угол малого качания выходного звена 5: $\Delta\psi = \Delta\psi(a, b, d)$. Количество варьируемых параметров $k = 3$.

Необходимо определить такое сочетание параметров a, b, d , при которых величина $\Delta\psi$ принимает минимальное значение. При решении задачи синтеза методом оптимизации с тремя варьируемыми параметрами a, b, d [3] получаем результат, как правило, с более значительной величиной

$\Delta\psi$, чем при методе приближения функций.

Например, при исходных данных $\varphi_m=220$ град; $\psi_m = 20$ град; $R = 1$; $X_0 = 1,4$; $Y_0 = 2$ и начальных значениях параметров $a = 0,34$; $d = 0,94$; $b = 0,96$ получаем угол малого качания выходного звена 5: $\Delta\psi=1,237$ град. Эта величина оказалась примерно в 1,6 раза больше, чем результат, полученный методом приближения функций. Размеры механизма:

$$\begin{aligned} a &= 0,3168; b = 0,9179; d = 0,7914; \\ \omega &= 146,155 \text{ рад}; f = 1,3460; \\ X_F &= -0,1999; Y_F = 2,6095. \end{aligned}$$

Для получения более качественных характеристик $\Delta\psi$ необходимо провести вычисления при различных комбинациях начальных значений.

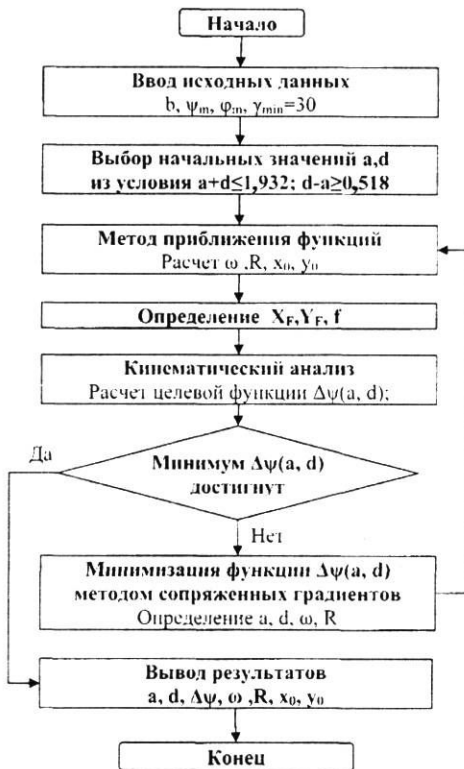


Рис. 4

Минимально возможную величину угла малого качания $\Delta\psi$ при заданных исходных данных φ_m и ψ_m позволяет получить блок-схема (рис.4) синтеза рычажного механизма, построенная на использовании в одном алгоритме методов приближения

функций и оптимизации.

На 1-м этапе механизм проектируется методом приближения функций, который обеспечивает равномерное приближение траектории точки М (рис. 1) к дуге окружности. Однако при этом отклонение $\Delta\psi$ (угол малого качания) выходного звена 5 от положения идеального выстоя не является равномерным (рис.3, кривая 1).

На 2-м этапе синтеза размеры механизма корректируются методом оптимизации с целью снижения максимального значения угла малого качания и достижения равномерного отклонения от положения идеального выстоя (рис.3, кривая 2). Целевой функцией является угол малого качания $\Delta\psi$ выходного звена 5.

Исходные данные для расчета: $\varphi_m=220$ град; $\psi_m = 20$ град; $b = 1$.

Начальные значения параметров $a = 0,3$; $d = 0,95$. Целевая функция $\Delta\psi = \Delta\psi(a, d)$ зависит только от двух варьируемых параметров $k = 2$. Структура целевой функции и штрафных функций изложена в [3].

Угол малого качания выходного звена составляет $\Delta\psi = 0,4393$ град. Размеры звеньев: $a = 0,4339$; $b = 1$; $d = 0,9516$; $\omega = 194,968$ град; $R=5,565$; $f = 1,0610$; $X_0 = 0,0054$; $Y_0 = 7,2027$.

Расчеты, проведенные для различных комбинаций начальных значений параметров a, d , показали, что вычислительный процесс приходит к одному и тому же результату. Следовательно, оптимизационная процедура позволяет достигнуть глобального минимума функции $\Delta\psi = \Delta\psi(a, d)$ при заданном значении исходных данных φ_m и ψ_m . При этом максимальное значение угла малого качания $\Delta\psi$ уменьшается примерно на 40%. Однако следует отметить, что механизм с минимальным углом малого качания $\Delta\psi$ имеет самые большие габариты по сравнению с другими вариантами расчета.

Синтез рычажного механизма выполнялся с помощью программ, созданных в математической системе Mathcad 2001 (метод оптимизации Quasi-Newton) [4] и среде C++ Builder 5 (метод оптимизации Нелдера-Мида [5]).

ВЫВОДЫ

1. Разработаны программы для параметрического синтеза рычажного механизма с приближенным выстоем выходного звена методами приближения функций, оптимизации и программа, реализующая алгоритм, использующий оба вышеуказанных метода. Проведен численный эксперимент, позволяющий оценить эффективность используемых методов.

2. Установлено, что наиболее эффективным оказался алгоритм синтеза, совмещающий методы приближения функций и оптимизации. Этот алгоритм позволяет с наименьшими затратами времени получить размеры рычажного механизма, имеющего минимальный угол малого качания $\Delta\psi$ на участке с заданной продолжи-

тельностью приближенного выстоя φ_m и угла поворота выходного звена ψ_m .

ЛИТЕРАТУРА

1. Лушников С.В., Саранчук Г.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 3. С. 82...85.
2. Артоболевский И.И. и др. Синтез плоских механизмов. – М.: ГИФМЛ, 1959.
3. Лушников С.В., Бычков К.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 93...96.
4. Дьяконов В. Mathcad 2001: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.
5. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин. Поступила 20.05.05.