

## СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПРИВОДА НИТЕРАСКЛАДЧИКА МОТАЛЬНОЙ МАШИНЫ

А.Б. КИКИН

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Направляющие рычажные механизмы широко используются для привода рабочих органов различных технологических машин. Довольно часто встречаются механизмы, рабочие точки которых должны на некотором участке двигаться по дуге окружности – такое движение рабочих органов необходимо, например, в трепальных, чесальных, мотальных и других машинах легкой промышленности.

В статье рассмотрена задача синтеза направляющего рычажного механизма для привода нитераскладчика мотальной машины. Целью решения этой задачи являлась модернизация существующей мотальной машины, разработанной германской фирмой.

В ходе решения задачи был синтезирован ряд четырех- и шестизвенных механизмов, в различной степени удовлетворяющих поставленным условиям синтеза, включающим учет конструктивных ограничений.

В статье проведено сравнение эффективности использования различных видов рычажных механизмов, а также методов их синтеза для решения задачи синтеза механизма нитераскладчика.

Пусть задана траектория рабочей точки нитераскладчика в виде дуги определенного радиуса ( $R = 236,01$  мм), расположения (центр – в начале системы координат) и

углового размера ( $64^\circ$ ), а также допустимое отклонение фактической траектории от "идеальной". Проектируемый механизм должен "вписываться" в существующую конструкцию мотальной машины, то есть иметь только две неподвижных опоры в фиксированных местоположениях.

Вместе с рядом определенных конструктивных ограничений (которые существенно сужают область поиска при синтезе механизма) имеем следующие дополнительные условия для синтеза:

- синтезируемый механизм должен иметь не более двух неподвижных шарниров, положение которых жестко задано ( $x_1 = 393,73$ ;  $y_1 = 197,5$  и  $x_2 = 593,73$ ;  $y_2 = 297$ );

- число звеньев синтезируемого механизма не должно превышать шести;

- отклонение воспроизводимой механизмом траектории от заданной дуги радиуса  $R = 236,01$  мм не должно превышать 1 мм;

- углы передачи движения в механизме должны быть благоприятными – не менее  $40^\circ$ ;

- направление вращения входного вала должно совпадать с заданным направлением движения шатунной точки по траектории (по часовой стрелке).

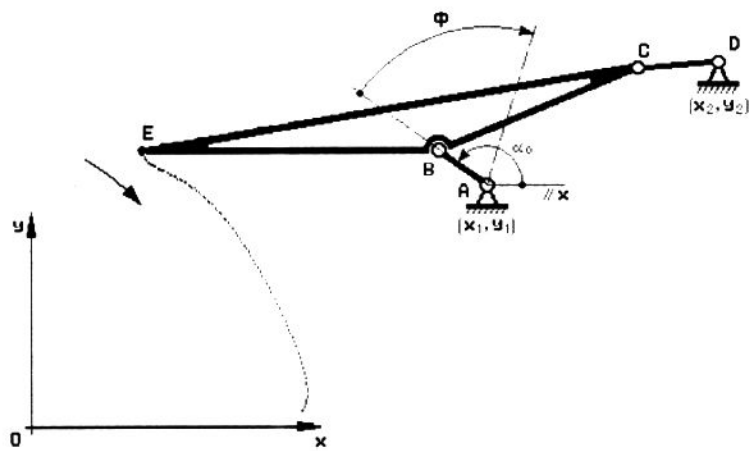


Рис. 1

В существующей мотальной машине для привода нитераскладчика применяется шарнирный четырехзвенник (ШЧ), который является одним из простейших механизмов, используемых для приближенного воспроизведения дуги окружности. Этот механизм имеет неудовлетворительные показатели с точки зрения точности воспроизведения заданной траектории рабочей точки, а также качества передачи движения и сил: максимальное отклонение от заданной траектории составляет 8,4 мм, а минимальный угол передачи равен  $\mu_{\text{ext}} = 16^\circ$  (рис. 1).

Постоянные параметры механизма-прототипа следующие:  $x_A = x_1$ ;  $y_A = y_1$ ;  $x_D = x_2$ ;  $y_D = y_2$ ;  $AB = 50$ ;  $BC = 183,88$ ;  $CD = 70$ ;  $\angle CBE = 159,17^\circ$ ;  $BE = 296,75$ ;  $\alpha_0 = 146,08^\circ$ . Рабочий угол размаха входного звена  $\Phi = 179^\circ$ .

Для данной постановки задачи синтеза направляющий ШЧ имеет 11 постоянных параметров, из которых 4 являются фиксированными (координаты двух опор). Предпринятая попытка синтезировать оптимальный четырехзвенник позволила получить механизм, у которого максимальное отклонение от заданной траектории уменьшено до 3,1 мм, а минимальный угол

передачи увеличен до  $19^\circ$ , что не удовлетворяет поставленным условиям синтеза.

Параметры оптимизированного механизма:  $AB = 48,64$ ;  $BC = 183,83$ ;  $CD = 75,2$ ;  $\angle CBE = 157,8^\circ$ ;  $BE = 254,61$ ;  $\alpha_0 = 154,58^\circ$ ;  $\Phi = 187^\circ$ .

Для оптимизации прототипа использовался метод многопараметрического оптимизационного синтеза через анализ [1], [2]. Так как лучшего результата от схемы шарнирного четырехзвенника при условии фиксации двух его неподвижных шарниров получить не удалось, возникла необходимость в поиске другой структурной схемы механизма для решения поставленной задачи проектирования нитераскладчика.

Большими кинематическими возможностями обладают шарнирные шестизвенные механизмы (ШШМ) некоторых типов. Был выполнен синтез механизма нитераскладчика в виде ШШМ с двумя опорами типа Стефенсон 1 [3]. Этот шестизвенный механизм имеет в своем составе шатуны, точки которых двигаются по более сложным кривым, чем точки шатуна четырехзвенника. Данный механизм имеет 17 постоянных параметров, из которых 4 являются фиксированными (координаты двух опор).

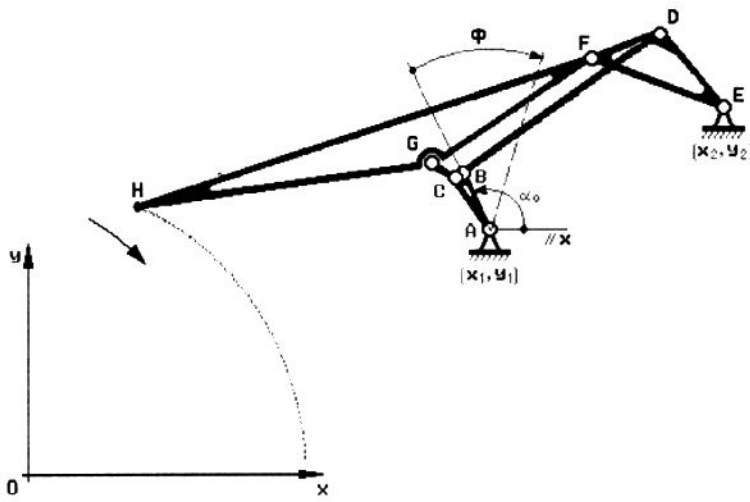


Рис. 2

Для синтеза механизма была составлена специальная программа для ПК на основе оригинального аналитико-оптимизационного метода синтеза направляющих механизмов [2]. Синтезированный механизм (рис. 2) удовлетворяет всем конструктивным ограничениям и имеет значительно лучшие показатели по сравнению с четырехзвенным механизмом: максимальное отклонение уменьшено до 0,26 мм; минимальный угол передачи увеличен до  $58^\circ$ .

Параметры синтезированного ШШМ (рис. 2):  $x_A = x_1$ ;  $y_A = y_1$ ;  $x_E = x_2$ ;  $y_E = y_2$ ;  $AB = 50$ ;  $\angle BAC = 8,7^\circ$ ;  $AC = 50,77$ ;  $BD = 201,49$ ;  $DE = 80$ ;  $\angle DEF = 27,15^\circ$ ;  $EF = 120,07$ ;  $FG = 160,37$ ;  $GC = 23,77$ ;

$\angle GFH = -14,83^\circ$ ;  $FH = 405,59$ ;  $\alpha_0 = 117,03^\circ$ ;  $\Phi = 139^\circ$ .

К недостаткам данного шестизвенного механизма для приближенного воспроизведения дуги окружности следует отнести следующие его конструктивные особенности: 1) на трехпарном входном звене шарниры В и С расположены очень близко; 2) шатун GC механизма получился слишком коротким.

Заданная дуга окружности может быть воспроизведена идеально (с теоретически нулевым отклонением) в случае использования для этой цели пантографных механизмов, позволяющих точно воспроизводить некоторые кривые [4]. Для синтеза пантографных механизмов были использованы точные методы.

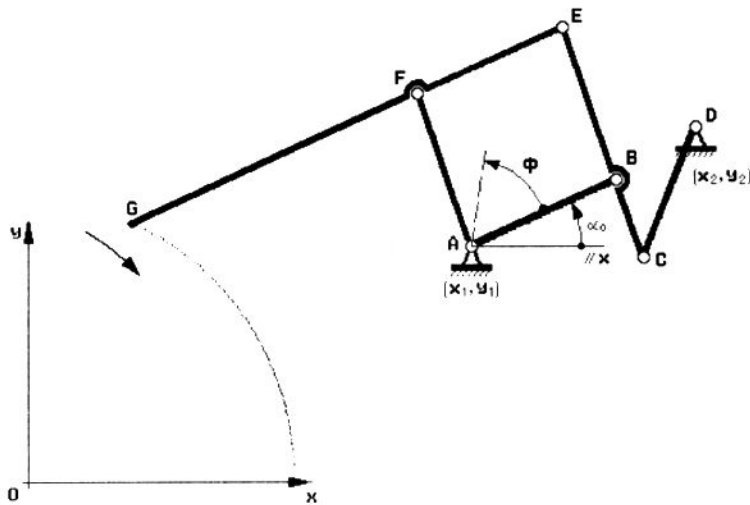


Рис. 3

В результате получены два шестизвенных механизма, включающие в себя пантограф Сильвестра [5]. Синтезированные механизмы отличаются расположением входного звена, поэтому для их синтеза использовались несколько разные методики. Схема первого механизма приведена на рис. 3. Второй механизм, схема которого приведена на рис. 4, является направляющим шестизвенным механизмом Делоне [5].

По структурной схеме оба эти двухопорные механизмы являются частным случаем ШШМ типа Стефенсон 3 [3], у которого совмещены два неподвижных шарнира. Помимо нулевого отклонения от заданной дуги к достоинствам таких механизмов следует отнести чрезвычайную простоту их кинематических схем, а также весьма простой способ синтеза. Оба механизма имеют благоприятное значение минимального угла передачи движения.

Параметры синтезированного ШШМ (рис. 3):  $x_A = x_1$ ;  $y_A = y_1$ ;  $x_D = x_2$ ;  $y_D = y_2$ ;  $AB = EF = 140$ ;  $BC = 70$ ;  $CD = 119,69$ ;

$\angle CBE = 180,19^\circ$ ;  $BE = FA = 138,03$ ;  $\angle FEG = 0,13^\circ$ ;  $EG = 416,07$ ;  $\alpha_0 = 23,18^\circ$ ;  $\Phi = 56^\circ$ .

Параметры синтезированного ШШМ (рис. 4):  $x_A = x_2$ ;  $y_A = y_2$ ;  $x_D = x_1$ ;  $y_D = y_1$ ;  $AB = 119,687$ ;  $BC = 70$ ;  $CD = EF = 100$ ;  $\angle CBE = 0,13^\circ$ ;  $BE = 208,03$ ;  $FD = 138,03$ ;  $\angle FEG = 0,13^\circ$ ;  $EG = 297,19$ ;  $\alpha_0 = 246,85^\circ$ ;  $\Phi = 64^\circ$ .

К особенностям использования данных шестизвенников с пантографом можно отнести следующие моменты:

- при сохранении положения входного звена должно быть изменено направление его вращения (рис. 3);

- при переносе входного звена на другую опору сохраняется направление вращения входного звена, в этом случае угол  $\Phi$  размаха входного звена обязательно должен быть равен углу заданного дугового сектора воспроизводимой траектории, кроме того, автоматически обеспечивается равномерное движение точки по траектории (рис. 4). Этот механизм может одинаково работать в двух зеркальных сборках.

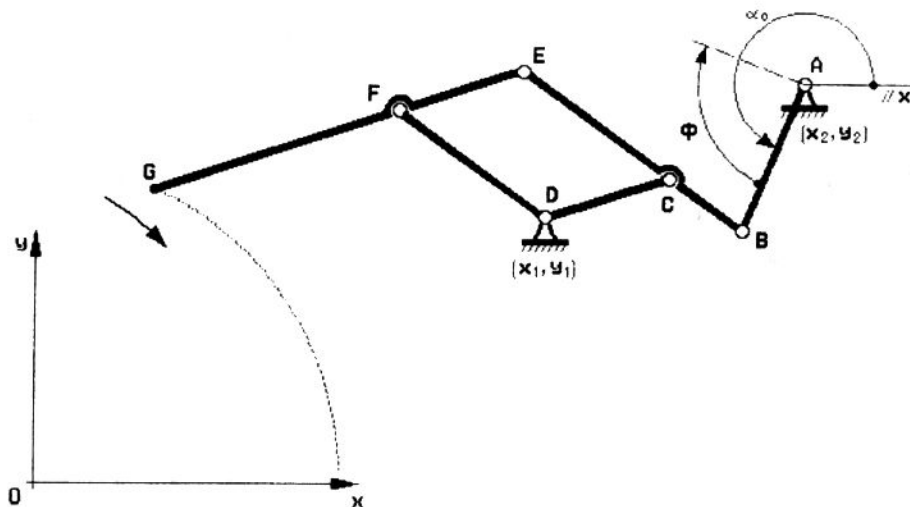


Рис. 4

Основные результаты синтеза механизмов для привода нитераскладчика мотальной машины сведены в табл. 1, где использованы следующие обозначения:  $n$  – число звеньев механизма;  $\mu_{1ext}$ ,  $\mu_{2ext}$  – экс-

тремальные углы (угол) передачи в диадах (диаде) механизма;  $\delta_{max}$  – наибольшее отклонение воспроизводимой траектории от дуги радиуса  $R = 236,01$  мм.

Таблица 1

Схема механизма	n	$\mu_{1ext}$ $\mu_{2ext}$	$\delta_{max}$ , мм
Механизм-прототип (рис. 1)	4	16,10°	8,35
Оптимизированный прототип	4	18,56°	3,07
Синтезированный ШШМ типа Стефенсон 1 (рис. 2)	6	58,31° 63,13°	0,26
Синтезированный ШШМ типа Стефенсон 3 (рис. 3)	6	41,29° 45,65°	0,0014*
Синтезированный ШШМ типа Стефенсон 3 (рис. 4)	6	52,08° 51,89°	0,0017*

Примечание. Эти отклонения связаны с округлением вычисленных параметров пантографных механизмов; их теоретическое отклонение равно нулю.

## ВЫВОДЫ

1. Оптимизация или синтез направляющего по дуге окружности шарнирного четырехзвенника не позволяет получить механизм привода нитераскладчика мотальной машины, удовлетворяющий всем поставленным условиям синтеза.

2. Синтезированные шестизвенные направляющие механизмы удовлетворяют поставленным условиям синтеза. Наиболее перспективным представляется использование шестизвенных механизмов, содержащих пантографы и теоретически идеально воспроизводящих дугу окружности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов / Под ред. К. В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1988.
2. Назир Шейк А.Н. Разработка компьютерной системы автоматизированного проектирования рычажных механизмов исполнительных органов машин отрасли: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб, СПГУТД, 1998.
3. Механика машин: Учебное пособие для вузов / Под ред. Г.А. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1996.
4. Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. – М.: Физматгиз, 1959.
5. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М.: Машиностроение, 1987.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 25.02.05.