

## СИНТЕЗ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Анципорович П.П., Акулич В.К., Дворянчикова А.Б.

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

*The article describes the peculiarities of software and methodological complex "Synthesis of cam mechanisms", used for dynamic and cinematic synthesis of cam mechanisms.*

Курсовой проект по теории механизмов, машин и манипуляторов предусматривает решение задач, связанных с синтезом кулачковых механизмов. Основная задача синтеза кулачкового механизма заключается в определении профиля кулачка по заданным законам движения кулачка (входного звена) и толкателя (выходного звена).

Выполняя синтез кулачкового механизма, студенты гармонично сочетают графический и аналитический метод проектирования. Динамический синтез кулачкового механизма для определения его основных размеров требует вычисления функций положения толкателя, аналогов скорости, аналогов ускорения. Студент выполняет вручную расчет данных параметров только для одного контрольного положения на фазах удаления и возвращения. После своевременного и качественного выполнения контрольных расчетов студент допускается на ЭВМ.

На кафедре разработан программно-методический комплекс «Синтез кулачковых механизмов», включающий компьютерную программу «Синтез кулачковых механизмов» и учебно-методическое пособие «Синтез кулачковых механизмов» [2].

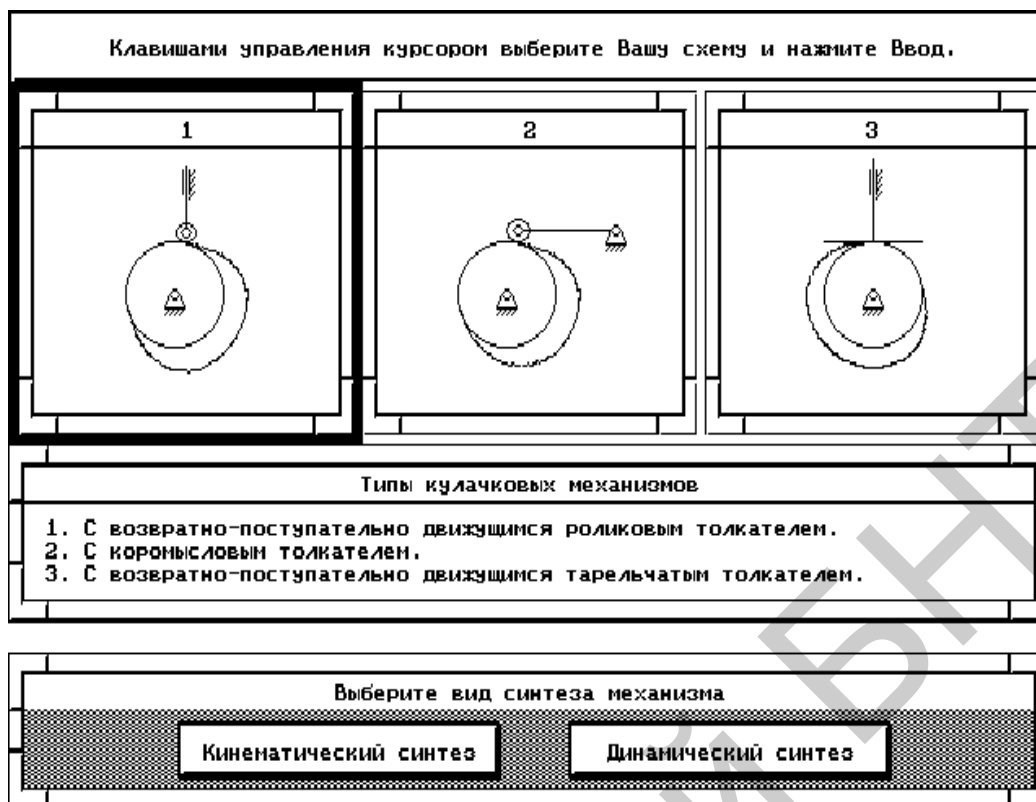
Программа "Синтез кулачковых механизмов" предназначена для проектирования кулачковых механизмов, имеющих следующие схемы преобразования движения (рис.1):

- а) вращательное движение кулачка преобразуется в возвратно-поступательное движение толкателя (схема 1);
- б) вращательное движение кулачка преобразуется в возвратно-качательное движение роликового толкателя (схема 2);
- в) вращательное движение кулачка преобразуется в возвратно-поступательное движение тарельчатого толкателя (схема 3).

Имеется возможность выполнения двух видов синтеза:

- 1) кинематического синтеза, когда проектируется профиль кулачка при известных основных размерах механизма (минимальный радиус кулачка и смещение линии движения толкателя – для схем 1 и 3, минимальный радиус кулачка и межосевое расстояние – для схемы 2);
- 2) динамического синтеза для схем 1 и 2, позволяющего спроектировать механизм минимальных размеров, когда кинематическому синтезу предшествует определение основных размеров механизма по заданному максимально допускаемому углу давления; для схемы 3 механизм минимальных размеров проектируют по условию выпуклости кулачка.

Кулачок может быть спрофилирован для обеспечения движения толкателя по достаточно широко применяемым законам движения (параболический, синусоидальный закон изменения ускорения, косинусоидальный закон изменения ускорения, трапецеидальный закон изменения ускорения закон линейно убывающего ускорения, треугольный закон изменения ускорения, модифицированный линейный закон изменения ускорения).



*Рис. 1. Выбор схемы проектируемого механизма и вида синтеза*

Проектируемые механизмы могут иметь как кинематическое замыкание высшей пары, так и силовое. Кинематическое замыкание учитывает неперевышение допустимого угла давления, как на фазе удаления, так и на фазе возвращения, и позволяет реверсировать направление вращения кулачка. В случае силового замыкания имеется возможность расчета пружины.

Результаты проектирования представляются на экране в виде графического изображения кулачкового механизма, причем пользователь может привести в движение механизм и наблюдать за его работой. На экране также демонстрируются графики перемещения, аналогов скорости и ускорения толкателя, угла давления в зависимости от угла поворота кулачка.

Интерактивный характер работы программы позволяет обучаемому в процессе проектирования изменять любые входные параметры синтеза и исследовать их влияние на проектируемую схему кулачкового механизма.

Подготовленное методическое пособие «Синтез кулачковых механизмов», позволяет ознакомиться с назначением программы и правильно подготовить исходные данные для последующей работы на ЭВМ. В указанном пособии приведены примеры синтеза кулачковых механизмов с возвратно-поступательным движением роликового толкателя, механизма с коромысловым толкателем, а также имеются расчетные формулы кинематических характеристик для всех используемых законов движения толкателя, что значительно уменьшает трудозатраты студентов по поиску дополнительных литературных источников. Пользуясь учебно-методическим пособием, студенты имеют возможность составить алгоритмы расчетов кинематических характеристик, определения основных размеров кулачкового механизма, определения координат центрального профиля кулачка и выполнить расчеты указанных параметров для контрольных положений. Используя раз-

работанную программу «Синтез кулачковых механизмов», студент выполняет расчеты на ЭВМ. Файл результатов вычислений показан на рис. 2.

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С ПОСТУПАТЕЛЬНО ДВИЖУЩИМСЯ ТОЛКАТЕЛЕМ

Исполнитель - студент гр. 121134 Иванов Н И 3 мая 2010 г

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Ход толкателя - 0.070 м

Эксцентриситет толкателя - -0.0200 м

Закон движения толкателя:

на фазе удаления - ПОСТОЯННОГО УСКОРЕНИЯ (ПАРАБОЛИЧЕСКИЙ)

на фазе возвращения - КОСИНУСОИДАЛЬНЫЙ

Фазовый угол удаления - 90.0 градусов

Фазовый угол дальнего стояния - 120.0 градусов

Фазовый угол возвращения - 80.0 градусов

Максимально допустимый угол давления - 35.0 градусов

Направление вращения кулачка - по часовой стрелке

Замыкание пары "кулачок-толкатель" - кинематическое

AU= 1.40 AV= 0.00

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Миним. радиус центрального профиля кулачка - 0.1079 м

Минимальный радиус кривизны профиля 0.0831 м

Радиус ролика - 0.0432 м

N	FT1	S	H2	H2P	ALF	R	TE	XC	YC	XD	YD
1	0.0	0.0000	0.0000	0.1362	0.0	0.1079	-10.7	0.0000	0.1079	0.0000	0.0647
2	7.5	0.0012	0.0178	0.1362	7.4	0.1090	-1.2	-0.0140	0.1081	-0.0155	0.0650
3	15.0	0.0047	0.0357	0.1362	14.6	0.1125	8.0	-0.0283	0.1089	-0.0311	0.0658
4	22.5	0.0105	0.0535	0.1362	21.6	0.1182	16.0	-0.0434	0.1100	-0.0466	0.0669
5	30.0	0.0187	0.0713	0.1362	28.4	0.1263	22.4	-0.0601	0.1111	-0.0624	0.0680
6	37.5	0.0292	0.0891	-0.0973	35.2	0.1367	27.1	-0.0788	0.1116	-0.0790	0.0685
7	45.0	0.0400	0.0764	-0.0973	42.1	0.1474	21.1	-0.0988	0.1093	-0.0890	0.0673
8	52.5	0.0492	0.0637	-0.0973	49.2	0.1565	15.7	-0.1184	0.1023	-0.0994	0.0636
9	60.0	0.0567	0.0509	-0.0973	56.3	0.1639	10.8	-0.1364	0.0909	-0.1095	0.0571
10	67.5	0.0625	0.0382	-0.0973	63.6	0.1697	6.2	-0.1520	0.0755	-0.1186	0.0481
11	75.0	0.0667	0.0255	-0.0973	70.9	0.1739	1.8	-0.1643	0.0568	-0.1260	0.0369
12	82.5	0.0692	0.0127	-0.0973	78.3	0.1763	-2.4	-0.1727	0.0357	-0.1312	0.0239
13	90.0	0.0700	-0.0000	-0.0973	85.8	0.1772	-6.5	-0.1767	0.0130	-0.1336	0.0098
14	210.0	0.0700	-0.0000	-0.1772	205.8	0.1772	-6.5	0.0771	-0.1595	0.0583	-0.1206
15	216.7	0.0688	-0.0204	-0.1711	212.5	0.1760	-13.0	0.0946	-0.1484	0.0674	-0.1149
16	223.3	0.0653	-0.0394	-0.1534	219.3	0.1725	-19.1	0.1093	-0.1335	0.0754	-0.1068
17	230.0	0.0597	-0.0557	-0.1253	226.2	0.1670	-24.5	0.1205	-0.1156	0.0818	-0.0966
18	236.7	0.0525	-0.0682	-0.0886	233.2	0.1598	-29.1	0.1279	-0.0958	0.0862	-0.0847
19	243.3	0.0441	-0.0761	-0.0459	240.2	0.1514	-32.6	0.1314	-0.0752	0.0884	-0.0716
20	250.0	0.0350	-0.0787	0.0000	247.4	0.1424	-35.0	0.1315	-0.0548	0.0885	-0.0580
21	256.7	0.0259	-0.0761	0.0459	254.6	0.1335	-36.1	0.1287	-0.0354	0.0865	-0.0444
22	263.3	0.0175	-0.0682	0.0886	261.8	0.1251	-35.5	0.1239	-0.0177	0.0829	-0.0312
23	270.0	0.0103	-0.0557	0.1253	269.1	0.1180	-33.1	0.1180	-0.0019	0.0781	-0.0183
24	276.7	0.0047	-0.0394	0.1534	276.2	0.1125	-28.2	0.1118	0.0122	0.0725	-0.0055
25	283.3	0.0012	-0.0204	0.1711	283.2	0.1091	-20.6	0.1062	0.0249	0.0665	0.0079
26	290.0	0.0000	0.0000	0.1772	290.0	0.1079	-10.7	0.1014	0.0369	0.0608	0.0221

Идентификаторы таблицы:

S, H2, H2P - перемещение, аналог скорости и аналог ускорения толкателя;

ALF и R - полярный угол и радиус-вектор центрального профиля кулачка;

TE - угол давления;

XC и YC - координаты центрального профиля кулачка;

XD и YD - координаты действительного профиля кулачка.

Рис. 2. Файл результатов вычислений

Затем производится обработка результатов расчетов и их анализ:

1) построение графиков кинематических характеристик (перемещения, аналога скорости и аналога ускорения толкателя) в зависимости от угла поворота кулачка;

2) построение упрощенной и полной совмещенных диаграмм «перемещение - аналог скорости» для схем механизмов с роликовым толкателем или диаграммы «перемещение – аналог ускорения» для механизма с тарельчатым толкателем и определение основных размеров механизма;

3) построение центрального профиля кулачка и кинематический анализ механизма;

4) составление алгоритма и определение радиуса ролика, сравнение его величины с машинным расчетом;

5) построение действительного профиля кулачка графическим методом;

6) построение графика угла давления;

7) определение жесткости пружины при силовом замыкании.

На рис. 3 показан образец выполненного листа курсового проекта. Из него видно, как сочетаются аналитические и графические методы проектирования. Кинематические характеристики (перемещение толкателя, аналоги скорости и ускорения), показанные слева, построены на основе компьютерных расчетов, профиль кулачка – графически с использованием метода обращенного движения.

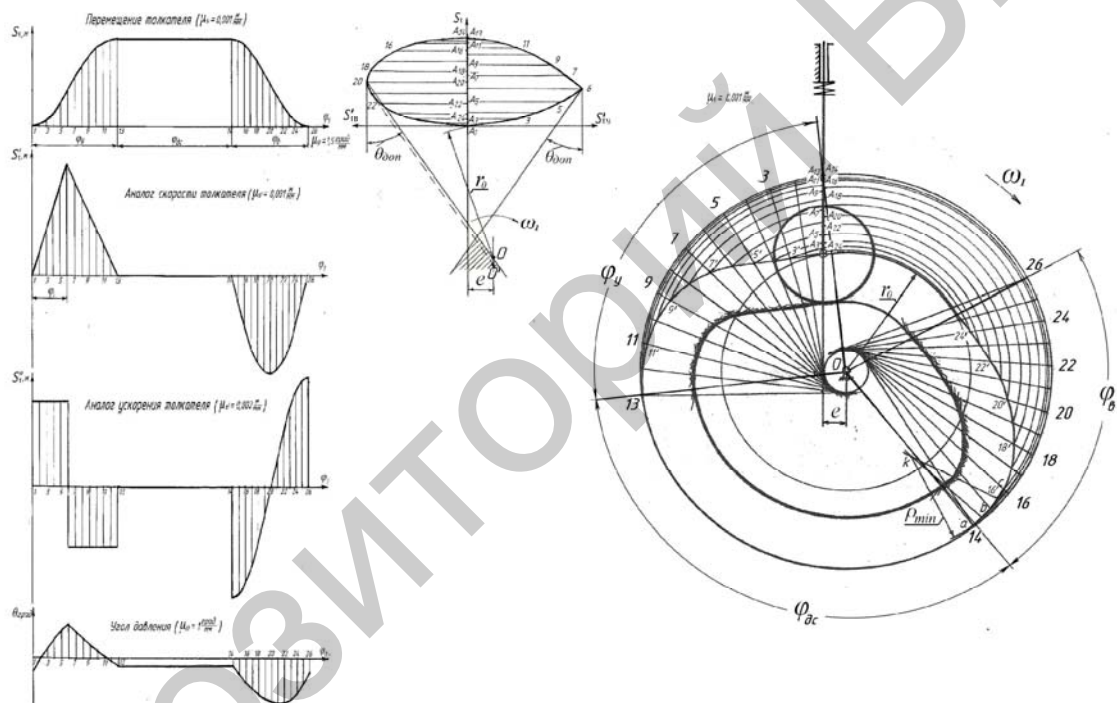


Рис. 3. Пример выполнения графических работ

В пособии [2] изложена последовательность всех перечисленных графических построений и представлены примеры их выполнения, что значительно облегчает работу и трудозатраты студента при выполнении курсового проекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / под общ. ред. Г.Н. Девойно. – Минск: Выш. школа, 1986.- 285 с.
2. Синтез кулачковых механизмов: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов» / П.П. Анципорович [и др.].– Минск: БНТУ, 2010. – 80 с.