

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР КОМПАС-3D V12 В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО КУЛАЧКОВЫМ МЕХАНИЗМАМ

Журавлёв А.М., Астахов Э.И.

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

*For a cam mechanism with a shaking rocker actuator the problem of its dynamic synthesis with use of information technology CAD system Компас-3D V12 is shown. Problems of calculation of the law of movement of a rocker actuator, definition of basic dimensions, construction centre and a working cam profile, construction of the schedule of a corner of pressure are consistently solved. Calculations are made analytically under known formulas and chair TMM BNTU technique, and graphic methods. Performance of graphic constructions in the Компас-3D gives the ideal sizes.*

Основная задача, решаемая системой КОМПАС-3D – моделирование изделий с целью существенного сокращения периода проектирования и скорейшего их запуска в производство. Эти цели достигаются благодаря возможностям: быстрого получения конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т.д.); передачи геометрии изделий в расчетные пакеты; передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ; создания дополнительных изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.). Основные компоненты КОМПАС-3D – собственно система трехмерного твердотельного моделирования, чертежно-графический редактор и модуль проектирования спецификаций.

Система трехмерного твердотельного моделирования предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Чертежно-графический редактор (КОМПАС-График) предназначен для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Он может успешно использоваться в машиностроении, архитектуре, строительстве, составлении планов и схем — везде, где необходимо разрабатывать и выпускать чертежную и текстовую документацию. Совместно с любым компонентом КОМПАС-3D может использоваться модуль проектирования спецификаций, позволяющий выпускать разнообразные спецификации, ведомости и прочие табличные документы.

Задачи синтеза кулачкового механизма: расчёт и построение закона движения толкателя; определение основных размеров механизма, обеспечивающих его работу; построение профиля кулачка, обеспечивающего выполнение заданного закона движения толкателя.

Покажем пример синтеза коромыслового кулачкового механизма со следующими исходными данными: синтез - динамический; схема кулачкового механизма с вращающимся кулачком и роликовым коромыслом на рисунке 1; угол качания коромысла  $\psi = 16^\circ$ ; направление вращения кулачка против часовой стрелки; длина коромысла  $l_k = 0,14$  м; закон движения коромысла – параболический с  $v = a/a = 1,3$ ; угол поворота кулачка: на удалении  $\varphi_y = 60^\circ$ ; на дальнем стоянии

$\varphi_{д.с.} = 10^\circ$ ; на возвращении  $\varphi_g = 60^\circ$ ; допустимый угол давления в кулачковом механизме  $\theta_{доп.} = 35^\circ$ ; масса коромысла:  $m_k = 0,283$  кг; момент инерции коромысла:  $I_k = 0,00047$  кг·м<sup>2</sup>; угловая скорость вращения кулачка  $\omega_k = -\omega_{ср.} = 209,44$  рад/с .

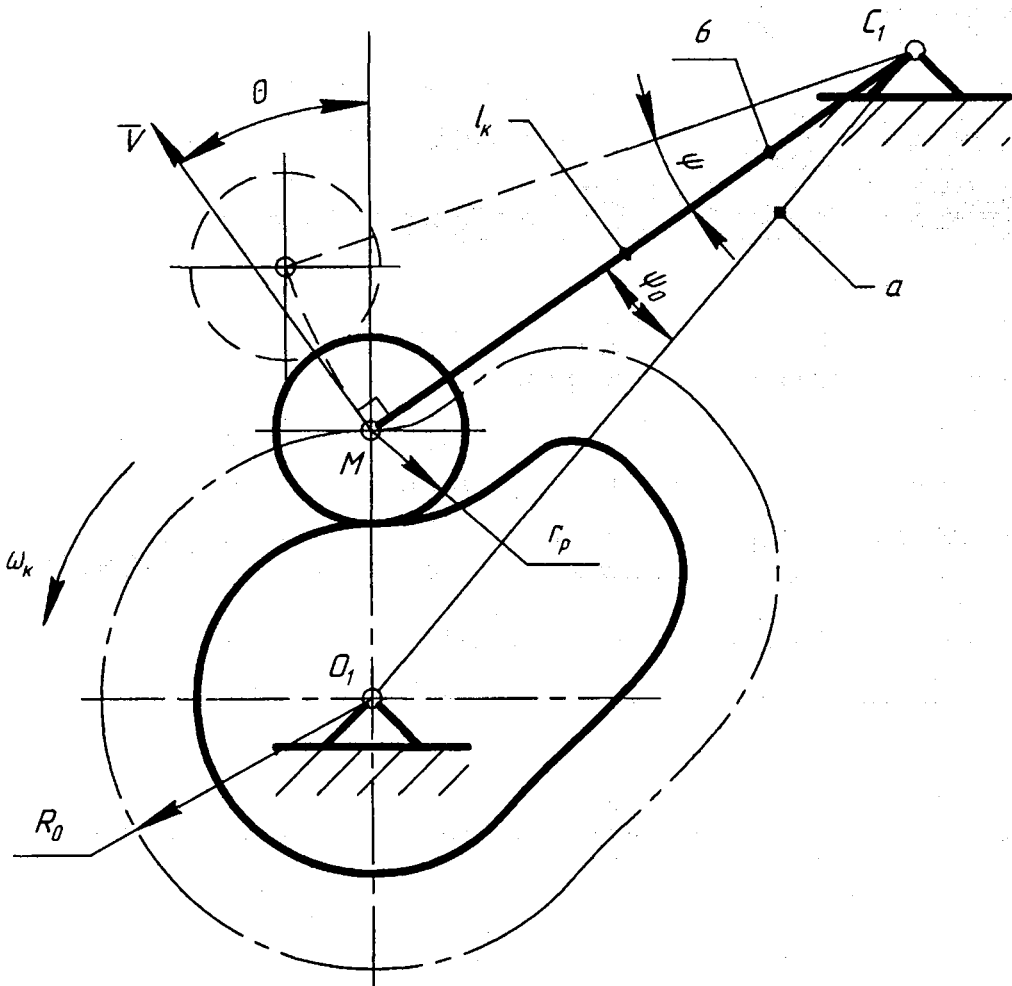


Рис. 1. Кулачковый механизм с коромыслом

Основные размеры кулачкового механизма определяем из условия недопущения заклинивания. Для этого в соответствии с рисунком 2 в точке при максимальном положительном аналоге скорости при  $+S'_{\max}$  к оси  $S$  проводится наклонная прямая под углом  $+\theta_{доп.}$ , а при силовом замыкании из начальной точки  $M_1$  проводится другая наклонная прямая под углом  $-\theta_{доп.}$ . Точка  $O_1$  пересечения этих наклонных прямых даёт центр кулачка. Замеряются отрезки и рассчитываются основные размеры графически:

- минимальный радиус кулачка  $R_0 = O_1M_1 \cdot \mu_S = 56,3 \cdot 0,001 = 0,0563$  м ;
- межосевое расстояние между центрами кулачка и коромысла  $a = O_1C_1 \cdot \mu_S = 178,3 \cdot 0,001 = 0,1783$  (м);
- начальная угловая координата коромысла замеряется из совмещенной диаграммы  $\psi_0 = 15,0074519^\circ$ .

Все вышерассмотренные графические построения в САПР Компас выполняются с высокой точностью.

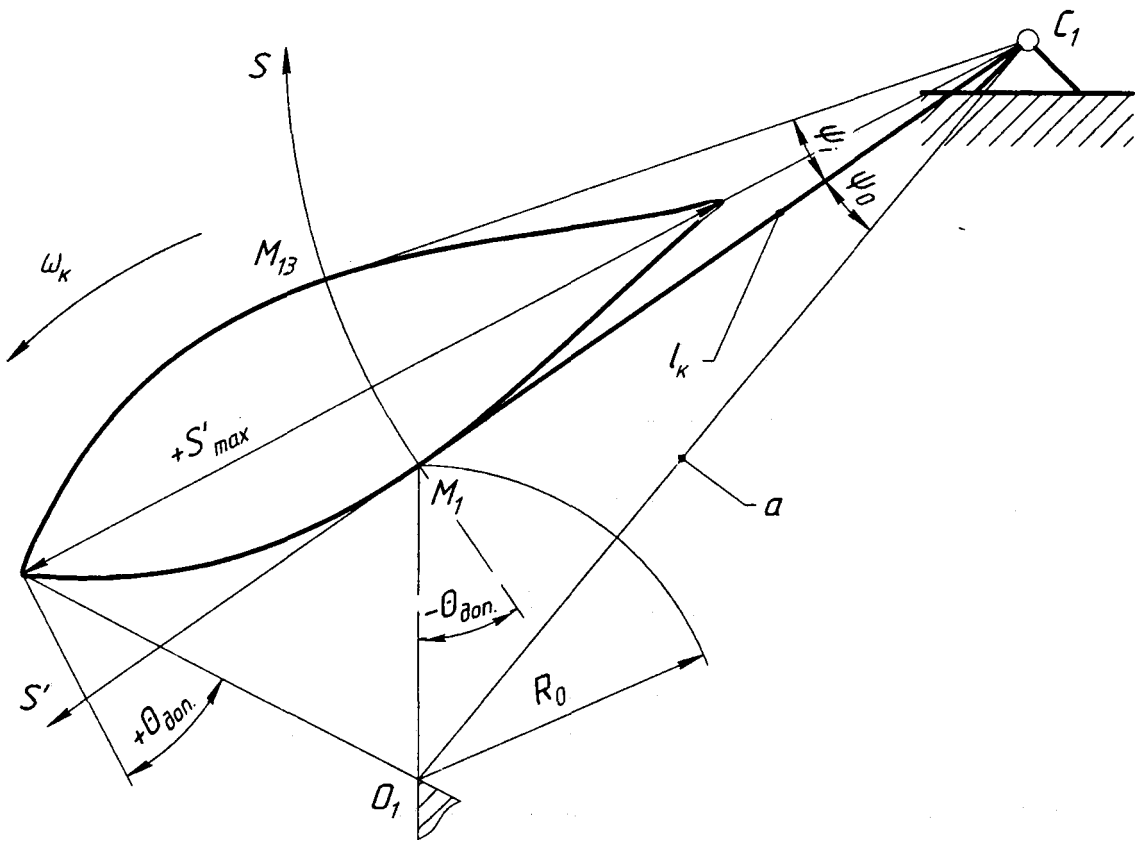


Рис. 2. Диаграмма для определения основных размеров

Сравним  $\Psi_0$ ,  $a$  и  $R_0$ , полученные путём расчёта на ЭВМ аналитически и построенные в САПР КОМПАС-3D V12:

Таблица 1

Сравнение результатов, определения основных размеров.

Сравниваемые параметры	$\Psi_0, ^\circ$	$a, \text{ м}$	$R_0, \text{ м}$
Аналитический результат на компьютере	15,0074519°	0,1783	0,0563
Графический результат в САПР КОМПАС-3D V12	15.0074519°	0,1783	0,0563
Процент расхождения	0	0	0

Графическое построение профиля центрального кулачка методом обращённого движения представлено на рисунке 3 и проводится в следующей последовательности: выбирается масштаб построения  $\mu_l$ , мм/м; из произвольного центра  $O_1$  проводятся в масштабе окружности с радиусами  $R_0$  и  $a$ ; начальной из точки  $C_1$  на окружности  $a$  в направлении противоположно вращению кулачка  $\omega_k$  откладываются углы  $\varphi_u$ ,  $\varphi_{д.с.}$  и  $\varphi_v$ , углы  $\varphi_u$ ,  $\varphi_v$  делятся на 12 интервалов, из каждой точки деления радиусом  $l_k$  проводятся дуги; на этих дугах от точки пересечения с окруж-

ностями  $R_{0i}$  откладываются в масштабе  $\mu_i$  соответствующие перемещения коромысла  $M_iC_i$ ; полученные точки соединяются плавной кривой, образуя центровой профиль кулачка.

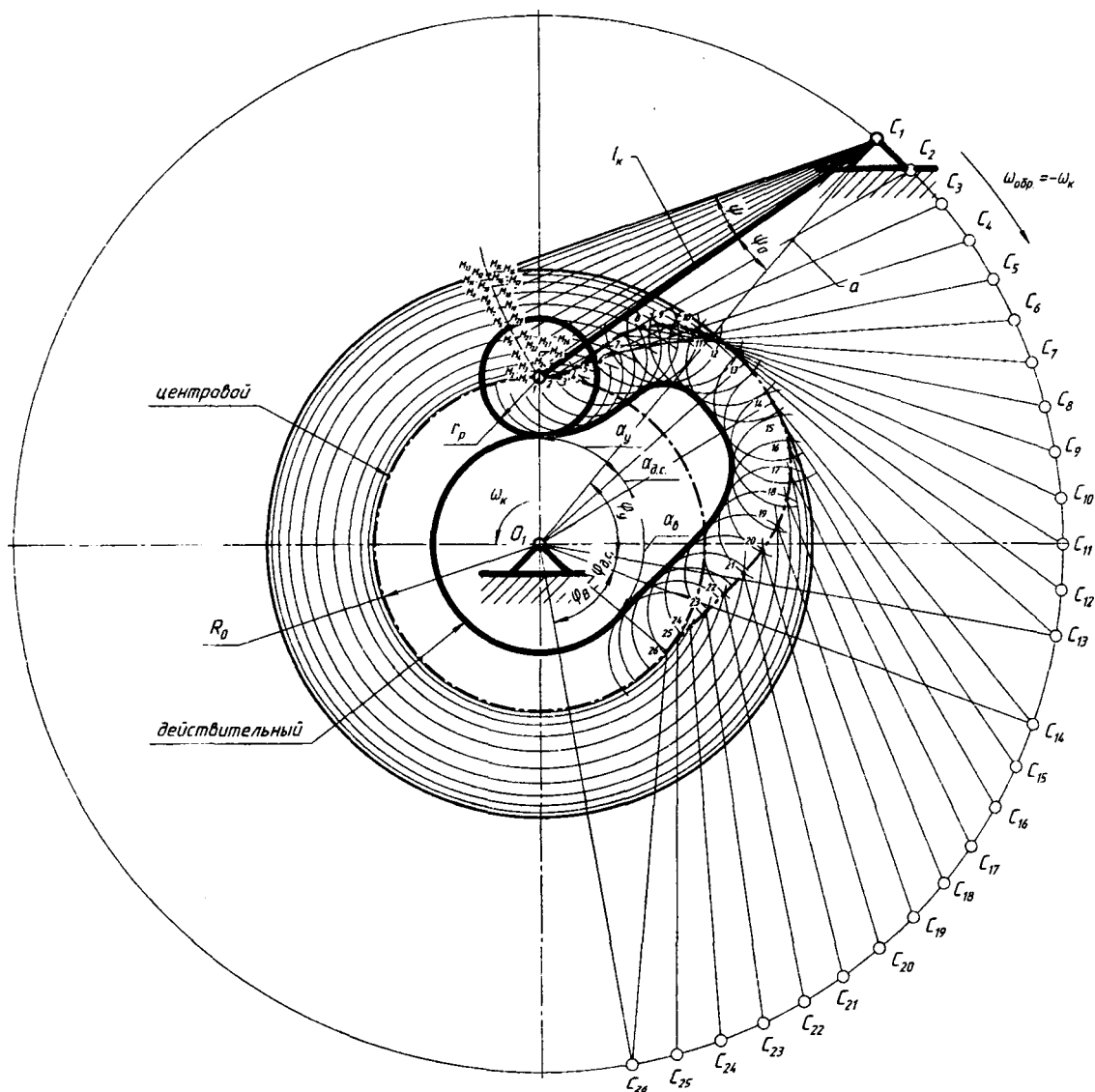


Рис. 3. Построение профиля кулачка методом обращённого движения

Полярные координаты центрального профиля рассчитываются по известным аналитическим формулам из литературы [2] на с. 61:

$$R_0 = \sqrt{a^2 + l_k^2 - 2 \cdot a \cdot l_k \cdot \cos(\psi_0 + \psi_i)};$$

$$\alpha_i = \varphi_i \pm \beta_i = \varphi_i \pm \left\{ \arcsin \left[ \frac{l_k}{R_i} \cdot \sin(\psi_0 + \psi_i) \right] - \arcsin \left[ \frac{l_k}{R_i} \cdot \sin(\psi_0) \right] \right\}.$$

Построение центрального профиля кулачка в полярных координатах показано на рис. 4.

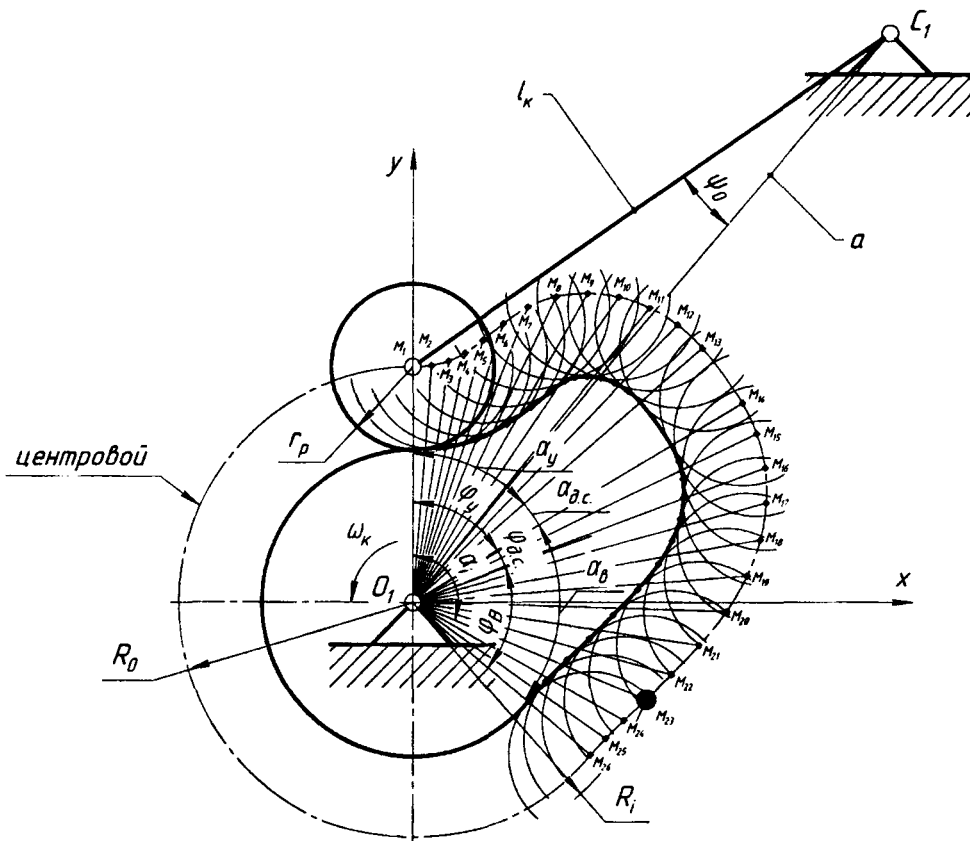


Рис. 4. Построение центрвого профиля кулачка методом полярных координат

Геометрические построения и расчёт декартовых координат действительного профиля кулачка: на построенном центровом профиле строим полуокружности радиусом  $r_p$  (команда в Компасе окружность или дуга); через центры  $M_i$  окружностей проводим касательные  $t_i$  к центрному профилю (команда – касательная прямая через точку на кривой); перпендикулярно касательным к центрному профилю откладываем нормали  $n_i$  на величину  $r_p$  в направлении центра кулачка  $O_1$  (команда – перпендикулярный отрезок); действительный профиль кулачка получаем соединив точки касания параллельных прямых к соответствующим окружностям ролика  $r_{pi}$  (команда – кривая Безье); декартовые координаты точек реального профиля можно получить из свойств или с помощью команды координаты точки.

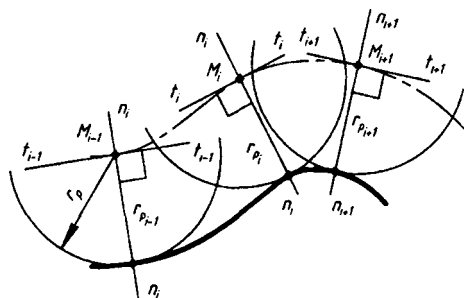


Рис. 5. Построение действительного профиля кулачка

Сравним декартовые координаты точек действительного профиля полученные путём аналитического расчёта на компьютере и построенные в САПР КОМПАС-3D V12.

Таблица 2

Сравнение результатов расчёта декартовых координат действительного профиля

№	На ЭВМ		В САПР КОМПАС-3D V12 методом об- ращённого движения		В САПР КОМПАС-3D V12 методом по- лярных координат	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0,0000	0,0365	0,0000	0,0365	0,0000	0,0365
2	0,0077	0,0370	0,0077	0,0371	0,0077	0,0371
3	0,0157	0,0392	0,0156	0,0390	0,0154	0,0390
4	0,0230	0,0427	0,0228	0,0426	0,0228	0,0426
5	0,0290	0,0468	0,0288	0,0467	0,0288	0,0467
6	0,0343	0,0510	0,0336	0,0504	0,0336	0,0504
7	0,0369	0,0528	0,0369	0,0528	0,0370	0,0529
8	0,0393	0,0537	0,0394	0,0537	0,0393	0,0537
9	0,0423	0,0540	0,0423	0,0540	0,0423	0,0540
10	0,0456	0,0536	0,0457	0,0536	0,0456	0,0536
11	0,0489	0,0525	0,0490	0,0524	0,0490	0,0524
12	0,0521	0,0505	0,0522	0,0505	0,0521	0,0505
13	0,0550	0,0478	0,0551	0,0478	0,0551	0,0478
14	0,0625	0,0375	0,0625	0,0375	0,0625	0,0375
15	0,0642	0,0338	0,0642	0,0337	0,0642	0,0338
16	0,0652	0,0296	0,0653	0,0295	0,0653	0,0295
17	0,0654	0,0249	0,0654	0,0249	0,0654	0,0249
18	0,0646	0,0199	0,0646	0,0198	0,0646	0,0198
19	0,0627	0,0146	0,0627	0,0145	0,0627	0,0147
20	0,0596	0,0092	0,0595	0,0091	0,0594	0,0091
21	0,0547	0,0034	0,0545	0,0031	0,0545	0,0030
22	0,0486	-0,0030	0,0486	-0,0031	0,0486	-0,0030
23	0,0429	-0,0086	0,0429	-0,0086	0,0429	-0,0086
24	0,0376	-0,0135	0,0375	-0,0137	0,0375	-0,0136
25	0,0327	-0,0183	0,0325	-0,0185	0,0325	-0,0185
26	0,0279	-0,0234	0,0283	-0,0231	0,0283	-0,0231

Как видно, максимальное расхождение между аналитическим методом и расчётом в САПР Компас в 4- м знаке не более шести единиц.

Таким образом, современные САПР позволяют использовать ранее известные графические методы проектирования механизмов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов А. А. Самоучитель Компас-3D V8. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 544 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учеб. пособие для инж.-техн. спец. вузов / под общ. ред. Г. Н. Девойно. – Минск: Выш. шк., 1986. – 285 с.: ил.