

Рис. 5

Таким образом, независимо от того, какой вид сопротивления деформированию испытывает конструкция, оформление ее расчета удобно производить при помощи программы КОМПАС-3D. Эта программа позволяет в требуемых для изложения материала пределах вычерчивать в плоскости и в объеме расчетные схемы элементов конструкций, строить двух- и трехмерные эпюры внутренних силовых факторов, создавать пространственные модели нагруженных тел. Следует также отметить, что вне зависимости от их геометрии пространственная графика рациональнее по исполнению с точки зрения занимаемого места и более наглядна с точки зрения удобства восприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочков, А.Л. Трехмерное моделирование в системе Компас-3D (практическое руководство). — СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. — 84 с.
2. Сторчак, Н.А., Гегучадзе В.И., Синьков А.В. Моделирование трехмерных объектов в среде Компас-3D: Учебное пособие. — ВолгГТУ.: Волгоград, 2006. — 216 с.
3. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов. — М.: Наука, 1968. — 452 с.
4. Примеры решения задач сопротивления материалов / Под ред. В.К. Качурина. — М.: Высшая школа, 1972. — 542 с.

УДК 621.01:531.8:681.3+004.92

Булова П.В., Астахов Э.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «AUTOCAD» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

AutoCAD – программа, предназначенная для графического решения современных технических задач в электронном виде. Ее используют в различных областях инженерной деятельности, таких как: архитектура, проектирование машин, дизайн и др. Благодаря программе AutoCAD больше нет необходимости делать копии конструкторских чертежей, т.к. вся информация сохраняется в электронном виде [1]. Так же, при условии точного соблюдения масштаба, AutoCAD позволяет с высокой точностью задать все необходимые размеры на чертеже. Благодаря этому уменьшается погрешность измерений по сравнению с методом использования чертежных измерительных приборов.

AutoCAD позволяет создавать и работать как с двухмерными моделями (2D – чертеж на плоскости, обычно выполнен в проекциях), так и с трехмерными моделями (3D – чертеж в пространстве, в форме, в которой наблюдаем все объекты в жизни). Благодаря таким функциям конструктору проще прочитать чертеж и разобраться в основных узлах и работе рассматриваемого

мой детали. Максимальная точность измерения в программе достигает восьми знаков после запятой. При использовании такой точности в ходе измерений на компьютере погрешность будет в тысячи раз меньше погрешности подручных приборов, таких как измерительная линейка, транспортир и т.д., при измерениях, проводимых вручную.

Покажем использование AutoCAD для определения передаточных функций (аналогов скоростей) рычажного (кривошипно-ползунного) механизма графоаналитическим методом планов. Как известно из теории механизмов и машин [2], метод планов заключается в последовательном построении планов положений механизма и планов аналогов скоростей. По заданным размерам l_1 и обобщенной координате (углу φ_1) сначала строится план положений (рис. 1)

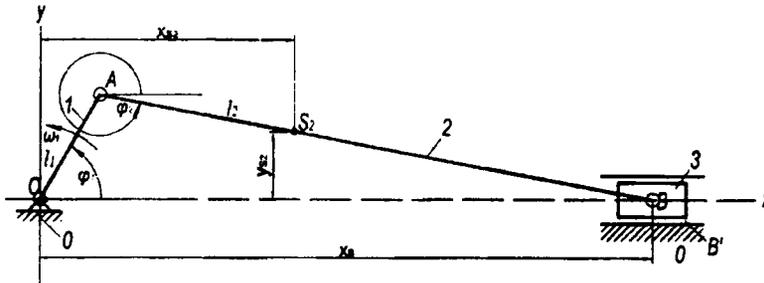


Рис. 1. План положений механизма

в выбранном масштабе $\mu_l = 0,001$ м/мм по чертежным отрезкам:

$$OA = \frac{l_{OA}}{\mu_l} = \frac{0,07}{0,001} = 70 \text{ мм}; \quad AB = \frac{l_{AB}}{\mu_l} = \frac{0,331}{0,001} = 331 \text{ мм}; \quad AS_2 = \frac{l_{AS_2}}{\mu_l} = \frac{0,116}{0,001} = 116 \text{ мм};$$

Сначала строится отрезок OA под заданным углом φ_1 (рис. 1), а затем радиусом AB из точки A на оси x строится точка B. На AB откладывается $AS_2 = 116$ мм и получается точка S_2 . Все операции по построению плана положений и плана аналогов скоростей механизма выполняются с помощью стандартных команд в программе AutoCAD, а именно: отрезок, точка, круг, дуга, прямоугольник, линейный и параллельный размеры и др.

Замеряются отрезки x_i, y_i и рассчитываются координаты точек:

- координаты поршня:

$$x_B = x_B \mu_l = 360,40129072 \cdot 0,001 = 0,360400129 \text{ м};$$

- координаты точки S_2 шатуна:

$$x_{S_2} = x_{S_2} \mu_l = 149,03791457 \cdot 0,001 = 0,149037914 \text{ м};$$

$$y_{S_2} = y_{S_2} \mu_l = 39,37668377 \cdot 0,001 = 0,039376683 \text{ м}.$$

- угловая координата φ_2 шатуна замеряется из плана положений, $\varphi_2 = 349,4468611^\circ$

План аналогов скоростей – векторный многоугольник, отрезки которого изображают в масштабе линейные аналоги скоростей точек, т.е. производная по обобщенной координате f_1 механизма:

$$u = \frac{dS}{d\varphi_1} = \frac{dx}{d\varphi_1} = \frac{dy}{d\varphi_1}.$$

Начинаем от входного кривошипа 1 и определяем аналог скорости вращающейся точки A:

$$u_A = \frac{dS_A}{d\varphi_1} = \frac{l_{OA} d\varphi_1}{d\varphi_1} = l_{OA} = 0,07 \text{ м.}$$

Принят масштабный коэффициент аналогов скоростей $\mu_v = 0,001 \text{ м/мм.}$

$$\text{Отрезок } \overline{pa} = \frac{U_A}{\mu_v} = \frac{0,07}{0,001} = 70 \text{ мм.}$$

Так как вектор $u_A \perp OA$, то $\overline{pa} \perp OA$ и направлен в сторону ω_1 (рис. 2).

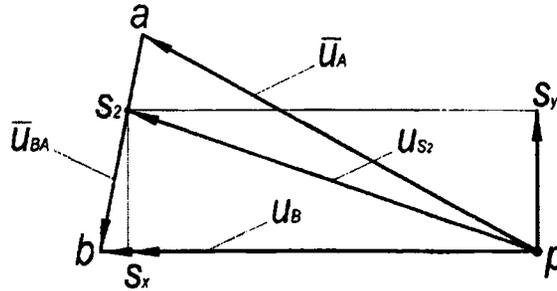


Рис. 2. План аналогов скоростей

Точку В поршня строим на плане аналогов по векторным уравнениям аналогов скоростей:

$$\begin{cases} \overline{u_B} = \overline{u_A} + \overline{u_{BA}}, \\ \overline{u_B} = \overline{u_{B_0}} + \overline{u_{BB_0}}, \end{cases}$$

где $\overline{u_{BA}} \perp AB$ и $\overline{u_{BB_0}} \parallel OB$.

Точку S_2 шатуна AB строим по свойству подобия на отрезке ab плана аналогов. Тогда величина отрезка as_2 на плане аналогов скоростей:

$$as_2 = \frac{ab \cdot AS_2}{AB} = \frac{35,60199593 \cdot 58}{165,5} = 12,47683245 \text{ мм.}$$

Замеряем на плане аналогов отрезки и рассчитываем графически аналоги скоростей точек и звеньев:

$$u_{3,1} = \overline{pb} \cdot \mu_v = 67,14223251 \cdot 0,001 = 0,067142232 \text{ м;}$$

$$u_{S_2} = \overline{ps_2} \cdot \mu_v = 66,88883307 \cdot 0,001 = 0,066888833 \text{ м;}$$

$$u_{S_x} = \overline{ps_x} \cdot \mu_v = 62,9067841 \cdot 0,001 = 0,06290678 \text{ м;}$$

$$u_{S_y} = \overline{ps_y} \cdot \mu_v = 22,73422862 \cdot 0,001 = 0,022734228 \text{ м.}$$

Угловой аналог скорости шатуна:

$$u_{2,1} = \frac{u_{AB}}{l_{AB}} = \frac{\overline{ab} \cdot \mu_v}{l_{AB}} = \frac{35,60199593 \cdot 0,001}{0,331} = 0,1075589.$$

Рассчитаем кинематические характеристики аналитическим методом векторных контуров по методике литературы [3].

- координаты:

$$x_A = l_1 \cos \varphi_1 = 0,07 \cdot \cos 60^\circ = 0,035 \text{ м};$$

$$y_A = l_1 \sin \varphi_1 = 0,07 \cdot \sin 60^\circ = 0,06062178 \text{ м};$$

$$x_B = x_A + a\sqrt{l_2^2 - (y_B - y_A)^2} = 0,035 + \sqrt{0,331^2 - 0,06062178^2} = 0,36040129 \text{ м};$$

$$y_B = 0;$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{y_B - y_A}{l_2} = \frac{0 - 0,06062178}{0,331} = -0,18314737;$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{x_B - x_A}{l_2} = \frac{0,36040129 - 0,035}{0,331} = 0,98308547;$$

$$\varphi_2 = \arccos\left(\frac{x_B - x_A}{l_2}\right) = \arccos(0,98308547) = 349,4468609^\circ;$$

$$x_{S_2} = x_A + l_3 \cos \varphi_2 = 0,035 + 0,116 \cdot 0,98308547 = 0,149037914 \text{ м};$$

$$y_{S_2} = y_A + l_3 \sin \varphi_2 = 0,06062178 + 0,116 \cdot (-0,18314737) = 0,039376685 \text{ м};$$

где $l_3 = l_{AS_2}$;

- аналоги скоростей:

$$u_{2,1} = \dot{\varphi}_2 = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = -\frac{l_1 \cos \varphi_1}{l_2 \cos \varphi_2} = -\frac{0,07 \cdot \cos 60^\circ}{0,331 \cdot 0,98308547} = -0,1075595;$$

$$u_{3,1} = \dot{i}_{3,1} = \frac{dy_B}{d\varphi_1} = -l_1 \sin \varphi_1 - l_2 u_{2,1} \sin \varphi_2 = -0,07 \cdot \sin 60^\circ - 0,331 \cdot (-0,1075595) \cdot (-0,18314737) = -0,067142226 \text{ м};$$

$$u_{S(x)} = \dot{x}_S = \frac{dx_S}{d\varphi_1} = -l_1 \sin \varphi_1 - u_{2,1} l_3 \sin \varphi_2 = -0,07 \cdot \sin 60^\circ - (-0,1075595) \cdot (-0,18314737) \cdot 0,116 = -0,06290689 \text{ м};$$

$$u_{S(y)} = \dot{y}_S = \frac{dy_S}{d\varphi_1} = l_1 \cos \varphi_1 + u_{2,1} l_3 \cos \varphi_2 = 0,07 \cdot \cos 60^\circ + (-0,1075595) \cdot 0,116 \cdot 0,98308547 = 0,022734138 \text{ м};$$

$$u_{S_2} = \sqrt{u_{S(x)}^2 + u_{S(y)}^2} = \sqrt{(-0,06290689)^2 + 0,022734138^2} = 0,066888846 \text{ м}.$$

Результаты аналитического расчета и метода планов сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов аналогов скоростей

Сравниваемые параметры	$u_{2,1}$	$u_{3,1}$	$u_{S(x)}$	$u_{S(y)}$	u_{S_2}
Графический результат	0,1075589	0,067142232	0,06290678	0,022734228	0,066888833
Аналитический результат	-0,1075595	-0,067142226	-0,06290689	0,022734138	0,066888846
Процент расхождения	0,0006	0,000009	0,0002	0,0004	0,00002

Как видно из таблицы, результаты расчета при использовании аналитического и графического метода (в AutoCAD) дают очень малый процент расхождения.

Таким образом, благодаря высокой точности (до восьмого знака после запятой) в программе AutoCAD мы можем получить результаты аналогов скоростей с минимальной погрешностью. Следовательно, графический метод планов при выполнении на электронном экране позволяет получить такой же результат, как и в аналитическом расчете. Расхождение сравниваемых величин в этом случае составит менее 0,001%.

ЛИТЕРАТУРА

1. AutoCAD 2006: подробное иллюстрированное руководство / Под. Ред. Жадаева А.Г. – М.: 2006. – 237 с. 2. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / Под общ. Ред. Г.Н. Девойно. – Мн.: Выш. Школа, 1986. – 285 с. 3. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов / К.В. Фролов, А.К. Мусатов и др.: Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.