

УДК 621.837.7

С. О. Киреев, д-р. техн. наук, проф., **Х. К. Кадеров**, канд. техн. наук, доц.,
В. П. Заикин, магистр

Донской государственный технический университет, Россия

Тел. / Факс: +7 (961) 2717374; E-mail: vitalik_zaikin@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШАТУННО-КРЕЙЦКОПФНОГО МЕХАНИЗМА

В статье выполнен кинематический анализ шатунно-крейцкопфного механизма, в частности крейцкопфа плунжерного насоса высокого давления, с целью дальнейшего создания автоматизированной системы расчетов силового взаимодействия составных частей привода. Разработано автоматизированное построение диаграмм методом графического дифференцирования. Описаны принципы параметризации кинематической схемы и соответствующих ей диаграмм – перемещения, скоростей и ускорений.

Ключевые слова: кинематический анализ, автоматизированное построение, переменные параметры, шатунно – крейцкопфный механизм, графическое дифференцирование.

S. O. Kireev, H. K. Kaderov, V. P. Zaikin

AUTOMATED CONSTRUCTION OF DIAGRAMS OF THE KINEMATIC PARAMETERS OF THE GRINDING AND CRETSKOPHENIC MECHANISM

The kinematic analysis of the crank-crosshead mechanism, in particular the crosshead of a high-pressure plunger pump, is performed in order to further create an automated system for calculating the force interaction of the drive components. The automated construction of diagrams by the method of graphical differentiation is developed. The principles of parametrization of the kinematic scheme and the corresponding diagrams - displacement, velocities and accelerations are described.

Keywords: kinematic analysis, automated construction, variable parameters, crank - crosshead mechanism, graphical differentiation.

1. Введение

Плунжерные насосы являются разновидностью объемных насосных установок, где жидкость перемещают вытеснители, выталкивая ее из статичных рабочих камер. Рабочая камера плунжерного насоса – это замкнутое пространство, которое поочередно сообщается с входом/выходом насоса. Вытеснитель это рабочий орган насосной установки, осуществляющий вытеснение вещества.

Плунжерные насосы сообщают перекачиваемой жидкости энергию, преобразовывая ее из механической энергии двигателя, т.е. данный тип насосов, придает перемещаемой жидкости энергию для того, чтобы она внутри трубопровода могла преодолевать такие явления как сопротивление, инерцию и статическую высоту. [

Надёжность работы таких насосов в значительной мере определяется работоспособностью приводной части этих механизмов. Для обеспечения и эффективной и надежной работы приводов плунжерных насосов высокого давления, требуется точная оценка и расчет силовых взаимодействий частей привода плунжерного насоса [1].

Автоматизированная система расчетов силового взаимодействия частей привода плунжерного насоса позволит уменьшить трудоемкость и сократить сроки проектирования приводных частей новых насосов и совершенствования существующих.

2. Основное содержание и результаты работы

Для построения автоматизированной системы расчетов силового взаимодействия частей шатунно-крейцкопфного механизма, необходимо провести кинематический анализ этого механизма, и найти скорости и ускорения звеньев [2].

Было решено провести кинематический анализ шатунно-крейцкопфного механизма, методом графического дифференцирования, с целью нахождения скорости и ускорения точки В (рис. 1), и автоматизировать этот процесс. Построение схемы выполнены в программе «КОМПАС-3D» v17. На рисунке 1 показана кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма. На схеме показаны точки перемещения крейцкопфа (точки В), в зависимости от угла поворота кривошипа ОА.

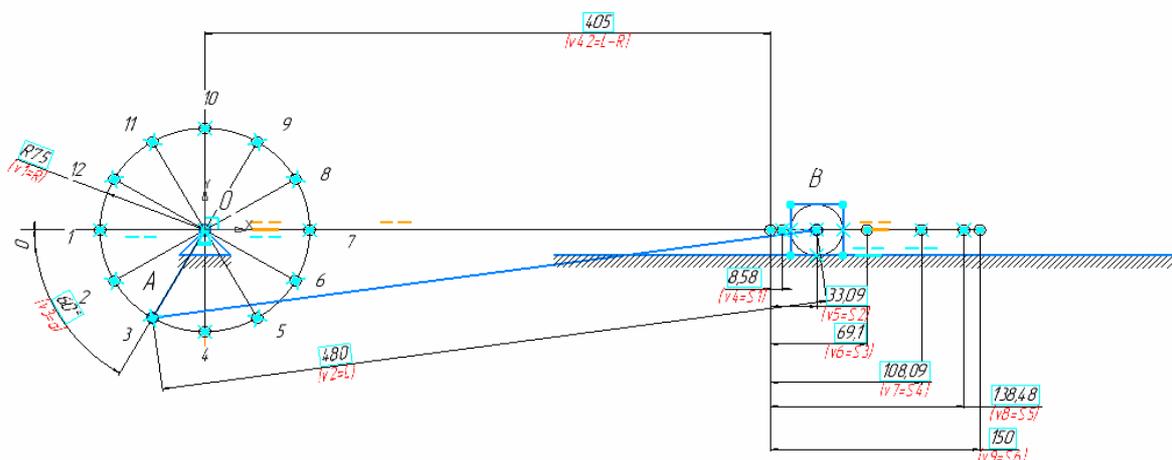


Рисунок 1. Кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма.

На рисунке 2, показано окно переменных, в котором указаны параметры: радиус кривошипа – R , длина шатуна – L и угол поворота кривошипа – a . Также для каждого угла поворота кривошипа записаны формулы для расчета перемещения точки В в зависимости от длин кривошипа и шатуна. Известная формула перемещения крейцкопфа кривошипно-шатунного механизма [3] имеет вид:

$$S = R \cdot (1 - \cos a) + L \cdot \left(\cos \left(\arcsin \frac{R \cdot \sin a}{L} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

Формула записана в Главном разделе окна переменных с учетом требований синтаксиса КОМПАС-3D: все переменные принято обозначать буквами английского алфавита.

Построение положений составных частей кинематической схемы автоматизировано методом размерной параметризации объектов. Все размеры фиксированы. При изменении, в окне переменных, любого из параметров (R, L, a) кинематическая схема автоматически перестраивается в зависимости от заданных параметров.

Имя	Выражение	Значение
▼ Фрагмент		
R		75
L		480
a		60
S0	$R*(1-\text{cosd}(0))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(0)/L))-1)$	0
S1	$R*(1-\text{cosd}(30))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(30)/L))-1)$	8.581009
S2	$R*(1-\text{cosd}(60))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(60)/L))-1)$	33.085166
S3	$R*(1-\text{cosd}(90))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(90)/L))-1)$	69.104419
S4	$R*(1-\text{cosd}(120))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(120)/L))-1)$	108.085166
S5	$R*(1-\text{cosd}(150))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(150)/L))-1)$	138.48482
S6	$R*(1-\text{cosd}(180))+L*(\text{cosd}(\text{asind}(R*\text{ind}(180)/L))-1)$	150

Рисунок 2. Главный раздел окна переменных.

Далее, по точкам перемещения крейцкофа (точки В), была построена диаграмма в координатной системе *a* и *S*. Диаграмма показана на рисунке 3.

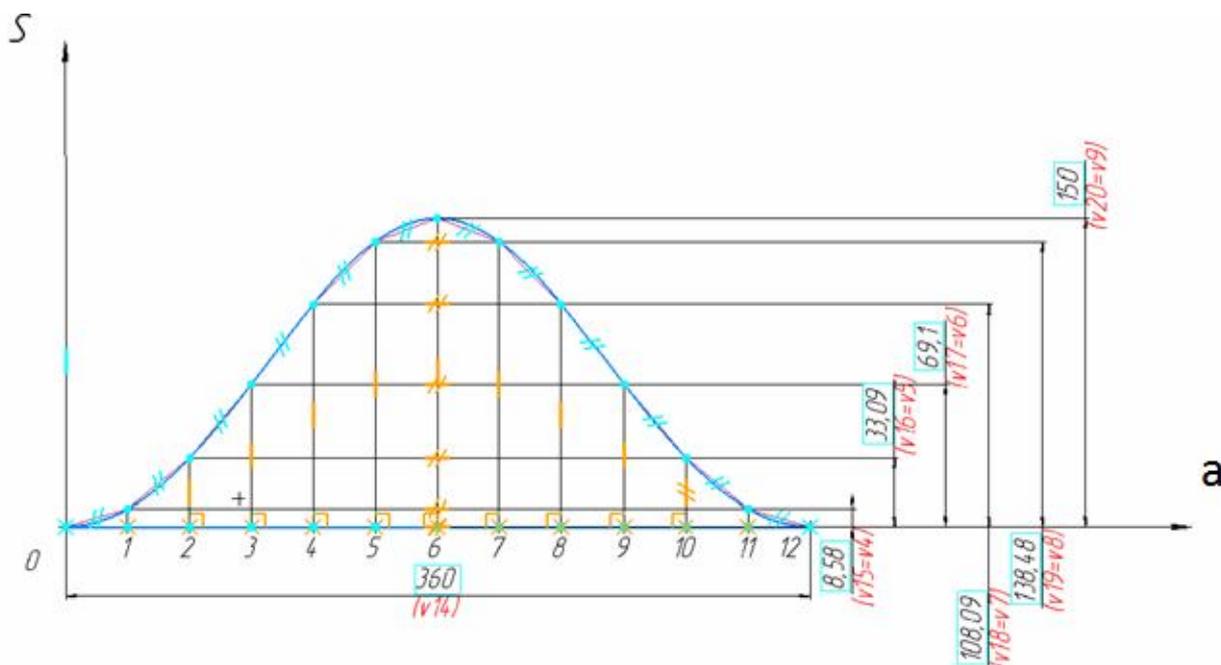


Рисунок 3. Диаграмма перемещения точки В.

Диаграмма построена методом геометрической параметризации: указаны все необходимые ограничения – перпендикулярности, параллельности и др. [4]. Координаты перемещений *S* точки В на диаграмме напрямую зависят от перемещения точки В на кинематической схеме (рис. 1). Все размеры указаны в Размерном разделе окна переменных и связаны с Главным разделом (рис. 4).

Для нахождения скорости точки В, было проведено графическое дифференцирование диаграммы перемещения точки В (рисунок 3) методом хорд. В результате была построена диаграмма скоростей V точки В, в зависимости от угла поворота кривошипа a (рис 5).

При графическом дифференцировании методом хорд последовательность действий точно такая же, что и при методе касательных, но вместо касательных к дифференцируемому графику в конкретных положениях проводят хорды на выделенных участках [5].

Имя	Выражение	Значение	Параметр
▼ БЕЗ ИМЕНИ (1:1)			
v1	R	75	Радиальный размер
v2	L	480	Линейный размер
v3	a	60	Угловой размер
v4	S1	8.581009	Линейный размер
v5	S2	33.085166	Линейный размер
v6	S3	69.104419	Линейный размер
v7	S4	108.085166	Линейный размер
v8	S5	138.48482	Линейный размер
v9	S6	150	Линейный размер
v14	360	360	Линейный размер
v15	v4	8.581009	Линейный размер
v16	v5	33.085166	Линейный размер
v17	v6	69.104419	Линейный размер
v18	v7	108.085166	Линейный размер
v19	v8	138.48482	Линейный размер
v20	v9	150	Линейный размер
v42	L-R	405	Линейный размер
v46	90	90	Линейный размер
v47	360	360	Линейный размер

Рисунок 4. Размерный раздел окна переменных.

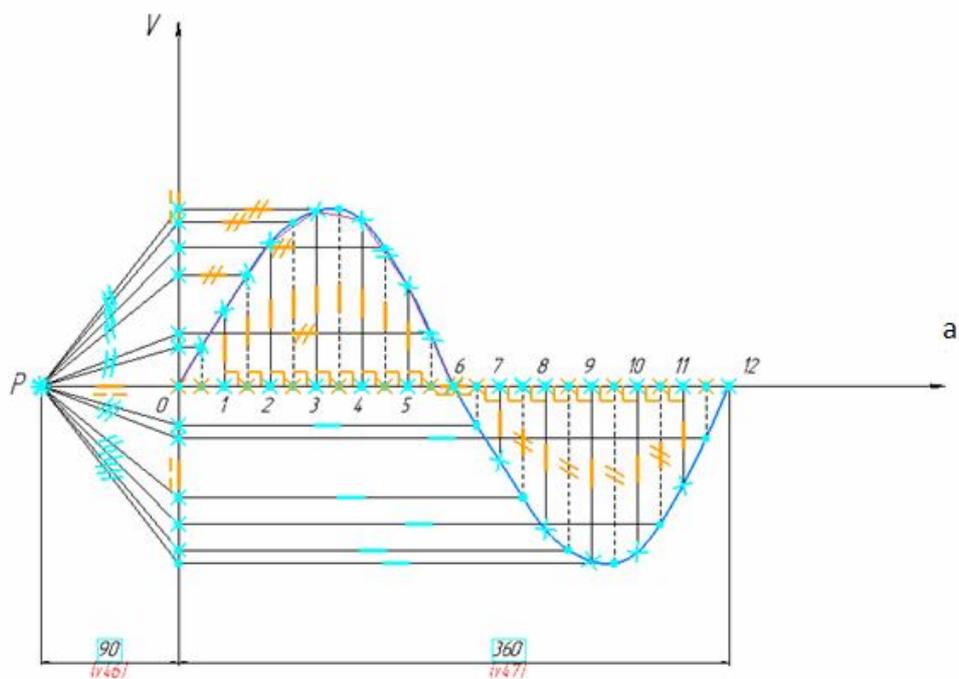


Рисунок 5. Диаграмма скоростей точки В

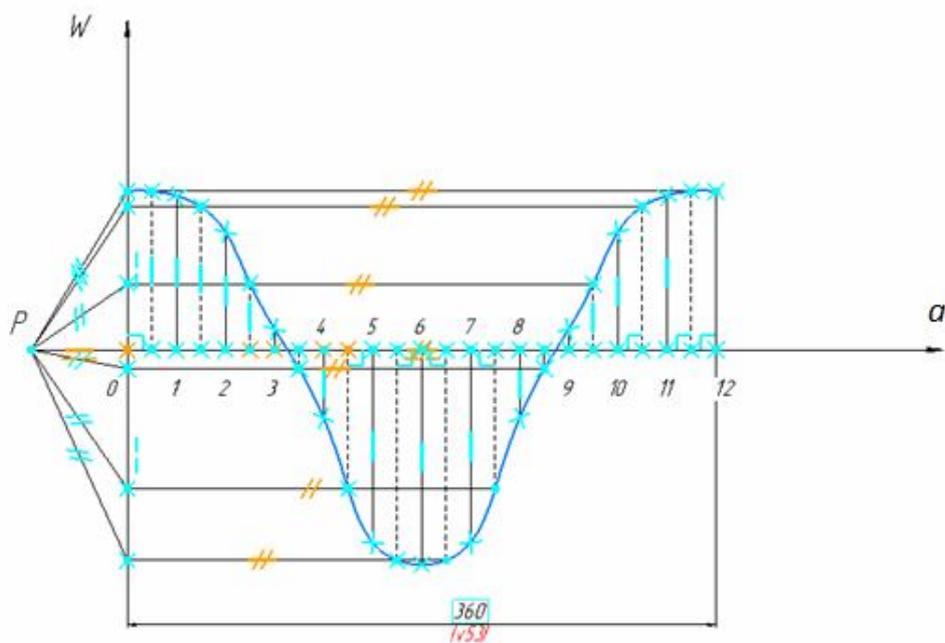


Рисунок 6. Диаграмма ускорений точки В

Для автоматизации графического дифференцирования, на диаграмме перемещения, были указаны параллельности хорд от точек 1-12, к хордам, проведенным от по-

люса на диаграмме скоростей, соответствующе. Также на диаграмме скоростей указаны ограничения параметризации, как и на диаграмме перемещения.

Аналогично дифференцируя диаграмму скоростей, была получена диаграмма ускорений W от a (рис. 6): методом геометрических ограничений.

Построив все эти диаграммы, и зная частоту вращения кривошипа, можем найти числовые значения скоростей и ускорений точки В кривокопфа плунжерного насоса.

3. Заключение.

Кинематический анализ механизма является трудоемким процессом и занимает достаточно большое количество времени из затрачиваемого конструктором на разработку новой модификации насоса. В связи с этим создание автоматизированной системы расчетов является актуальным. Для решения технической задачи возникает необходимость определения основных параметров рассматриваемой системы и выявления их взаимосвязей, позволяющих в дальнейшем проводить анализ силового взаимодействия составных частей шатунно - кривокопфного механизма, так же автоматически.

Автоматизированное построение диаграмм кинематических параметров шатунно-кривокопфного механизма позволит создать автоматизированную систему расчетов силового взаимодействия его составных частей, что значительно ускорит процесс проектирования и модернизации, а также даст возможность получить данные о режимах нагружения узлов трения различных приводов плунжерных насосов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев, С. О. Анализ условий работы узлов трения скольжения приводной части плунжерных насосов высокого давления сервиса нефтегазовых скважин / Киреев С. О., Васильев Б. Н., Никищенко С. Л., Васильев М. А // Химическое и нефтегазовое машиностроение – 2016. – № 5. – С. 25-30.
2. Левитская, О. Н., Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин / Левитский Н. И., Левитская О. Н. – Киев: Выща школа, 1985. – 279 с.
3. Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: курс лекций: учебное пособие / Г. А. Тимофеев. – Москва: ИД Юрайт, 2010.
4. Ганин, Н. Б. Автоматизированное проектирование в КОМПАС 3D. ДМК – Пресс, 2014 – 360 с.
5. Киреев, С. О. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учебное пособие / Киреев С. О., Корчагина М. В., Никищенко С. Л. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2015 – 107 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2018 г.