

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 ЦЕНТРА МАСС ШАТУНА ПРИВОДА ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА

В статье выполнен кинематический анализ шатунно-крейцкопфного механизма, в частности центра масс шатуна 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: центр масс, 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 paper is the kinematic analysis of the connecting rod and crosshead mechanism, in particular the center of mass of the connecting rod piston high pressure pump, with the aim of further creation of the automated system of calculations of the force interaction of the component parts of the actuator. The automated construction of diagrams by the method of graphic differentiation is developed. The principles of parametrization of the kinematic scheme and its corresponding diagrams-displacement, velocities and accelerations are described.

Keywords: center of mass, 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.

Плунжерные насосы сообщают перекачиваемой жидкости энергию, преобразовывая ее из механической энергии двигателя, т.е. данный тип насосов, придает перекачиваемой жидкости энергию для того, чтобы она внутри трубопровода могла преодолеть 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

Ранее, в статье «Автоматизированное построение диаграмм кинематических параметров шатунно-крейцкопфного механизма», был выполнен анализ шатунно-

крейцкопфного механизма, в частности, крейцкопфа плунжерного насоса высокого давления.

Были построены диаграммы скоростей и ускорений крейцкопфа (точки С). Построение было выполнено в программе «Компас 3D» v17, и полностью автоматизировано.

Шатун, в отличие от крейцкопфа, совершает сложное плоско-параллельное движение в плоскости перпендикулярной оси кривошипа[2]. Именно поэтому было решено построить диаграммы перемещения центра масс шатуна (точки В) в проекциях на ось X и ось Y, и методом графического дифференцирования найти скорости и ускорения точки В в обеих проекциях. Все построения также произведены в программе «Компас 3D» v17. Центр масс шатуна, был рассчитан в соответствии с реальными размерами шатуна насоса НП-720. На рис. 1 показана 3D модель шатуна, на которой отображен центр масс.

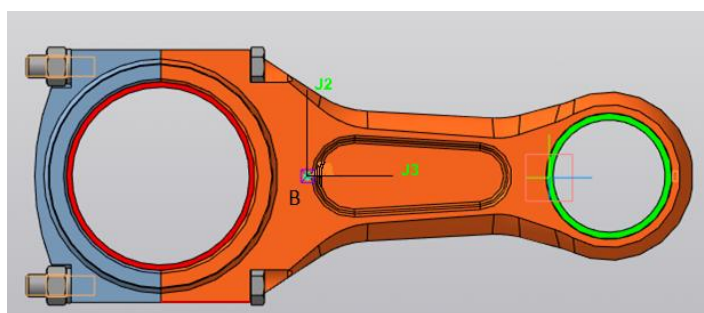


Рисунок 1. Кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма.

На рис. 2 показана кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма. На схеме показаны точки перемещения центра масс шатуна (точка В), в зависимости от угла поворота кривошипа ОА.

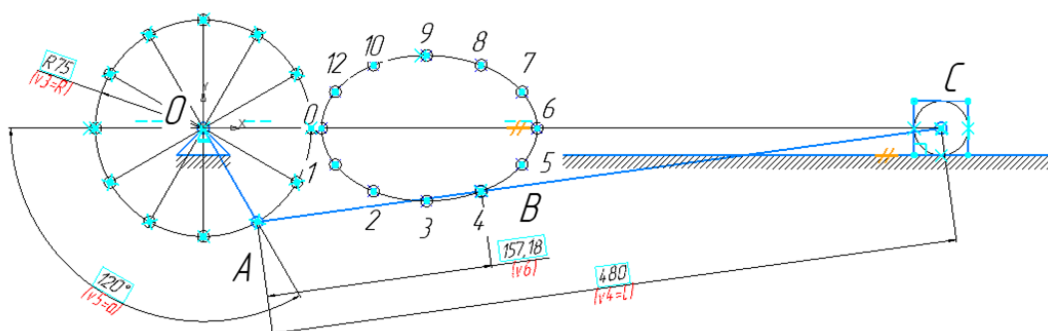


Рисунок 2. Кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма.

Далее точки перемещения центра масс шатуна (точки В), были спроецированы на оси абсцисс и ординат. Для автоматизированного построения, все размеры фиксированы. Кинематическая схема с проекциями на оси координат показана на рис. 3.

После чего, были выведены формулы, для расчета расстояния центра масс шатуна (точки В) от оси вращения кривошипа (точки О). Общие формулы для расчета записаны в Главный раздел окна переменных с учетом требований синтаксиса КОМПАС-3D: все переменные принято обозначать буквами английского алфавита.

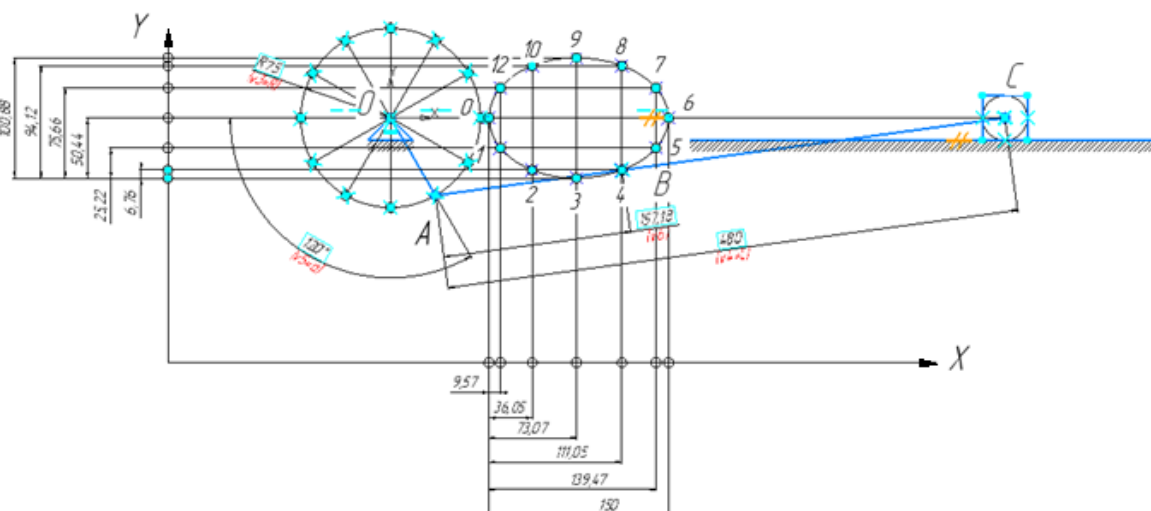


Рисунок 3. Кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма с проекциями перемещения точки В на оси координат.

На рис. 4, 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.

Имя	Выражение	Значение
▼ Фрагмент		
R		75
L		480
a		120
Xa	$R \cdot \cos(a)$	-37.5
Ya	$R \cdot \sin(a)$	64.951905
Xb	$\sqrt{L^2 - Ya^2} - Xa$	513.085166
n	3.053823641685	3.053824
Lcm	L/n	157.18
Ycm	$(Ya \cdot (L - Lcm))/L$	43.682863
Xcm	$Xb - ((Xb + Xa) \cdot (L - Lcm))/L$	193.234326

Рисунок 4. Главный раздел окна переменных.

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, а также траектория перемещения точки В, автоматически перестраивается в зависимости от заданных параметров.

Для того, чтобы параметризовать изменение траектории, а также изменение длин проекций перемещения точки В на оси X и Y – от оси вращения кривошипа

▼ БЕЗ ИМЕНИ (1:1)			
	v3	R	75
	v4	L	480
	v5	a	120
	v6	Lcm	157.18
	v7	Xcm0	82.18
	v10	Xcm1	91.747685
	v12	Xcm2	118.234326
	v13	Xcm3	155.249443
	v14	Xcm4	193.234326
	v15	Xcm5	221.651496
	v16	Xcm6	232.18
	v19	Ycm3	50.440625
	v20	Ycm4	43.682863
	v21	Ycm5	25.220313
	v23	Ycm6	0
	v24	Ycm7	25.220313
	v25	Ycm8	43.682863
	v26	Ycm9	50.440625

Рисунок 5. Размерный раздел окна переменных

i	v35	150	150
	v36	v30	9.567685
	v37	v31	36.054326
	v38	v32	73.069443
	v39	v33	111.054326
	v40	v34	139.471496
	v41	v35	149.999062
i	v43	6.757762	6.757762
i	v44	25.220313	25.220313
i	v45	50.440625	50.440625
i	v46	75.660938	75.660938
i	v47	94.123488	94.123488
i	v48	100.88125	100.88125

Рисунок 6. Размерный раздел окна переменных

были отложены размеры к каждой из точек, от начального положения, до максимального удаления точки В. После чего, на проекции перемещения расположенной на оси Х, были поставлены размеры от 0 до 6 положения точки В, а на проекции перемещения на ось Y – от 3 до 9. Все размеры фиксированы и указаны в Размерном разделе окна переменных и связаны с Главным разделом. Размерный раздел окна переменных показан на рисунках 5 и 6.

Таким образом, методом геометрической параметризации, при наложении всех необходимых ограничений – перпендикулярности, параллельности и др. была получена автоматизированная кинематическая схема шатунно-крейцкопфного механизма с проекциями перемещения центра масс шатуна на оси Х и Y.

Далее, по точкам перемещения центра масс шатуна в направлении оси Х (точки В), была построена диаграмма в координатной системе α и S. Диаграмма показана на рис. 7.

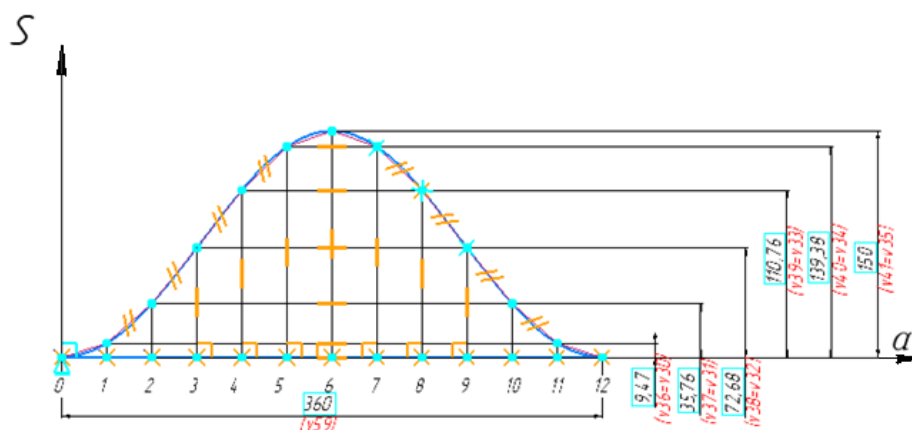


Рисунок 7. Диаграмма перемещения точки В по оси Х

Диаграмма построена методом геометрической параметризации: указаны все необходимые ограничения – перпендикулярности, параллельности и др.[3]. Координаты перемещений S точки В на диаграмме напрямую зависят от перемещения точки В по оси Х на кинематической схеме (рис. 3). Все размеры указаны в Размерном разделе окна переменных и также связаны с Главным разделом (рис. 5).

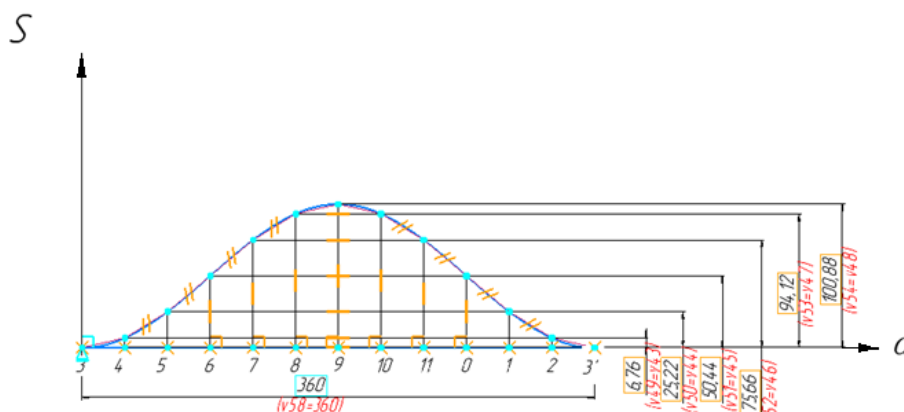


Рисунок 8. Диаграмма перемещения точки В по оси Y

По точкам перемещения центра масс шатуна в направлении оси Y (точки В), аналогично диаграмме перемещения точки В в направлении оси X, была построена диаграмма в координатной системе α и S. Диаграмма показана на рис. 7.

Для нахождения скорости точки В по направлению X, было проведено графическое дифференцирование диаграммы перемещения точки В в направлении оси X (рис. 8) методом хорд. В результате была построена диаграмма скоростей V точки В, в зависимости от угла поворота кривошипа α . Диаграмма показана на рис. 9.

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 [4].

Метод тем точнее, чем ближе хорда к дифференцируемой кривой, поэтому делением кривой на более мелкие участки, можно добиться достаточной для практики точности. Поэтому метод хорд применяется значительно чаще, чем метод касательных[5].

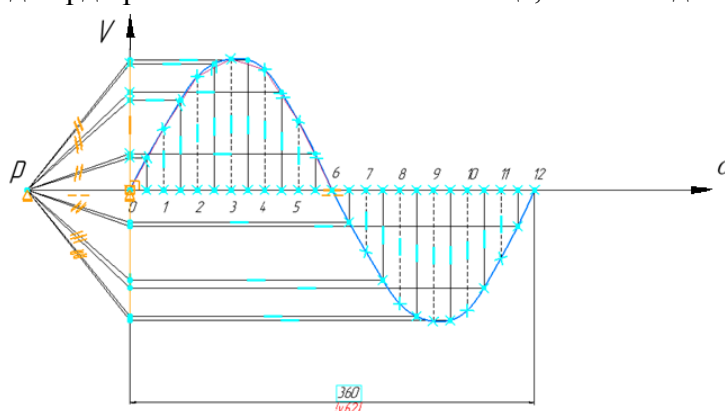


Рисунок 9. Диаграмма скоростей точки В по оси X

Для автоматизации графического дифференцирования, на диаграмме перемещения точки В по оси X, были указаны параллельности хорд от точки 1 до точки 12, к хордам, проведенным от полюса на диаграмме скоростей, соответствующе. Также на диаграмме скоростей наложены ограничения параметризации, как и на диаграмме перемещения.

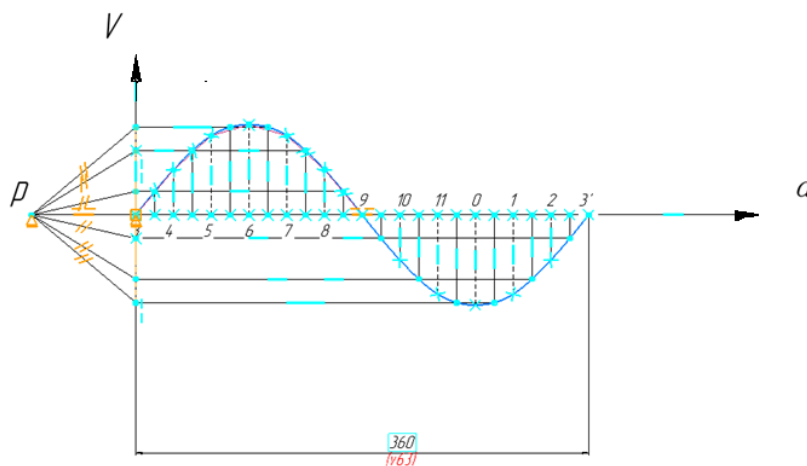


Рисунок 10. Диаграмма скоростей точки В по оси Y

По точкам перемещения центра масс шатуна в направлении Y (точки B), аналогично диаграмме скоростей точки B в направлении оси X , была построена диаграмма скоростей V точки B , в зависимости от угла поворота кривошипа α . Диаграмма показана на рис. 10.

Аналогично дифференцируя диаграммы скоростей точки B в направлении осей X и Y , были получены диаграммы ускорений W точки B , в зависимости от угла поворота кривошипа α . методом геометрических ограничений в «КОМПАС-3D». Диаграммы ускорений в направлении осей X и Y показаны на рис. 11 и 12 соответственно.

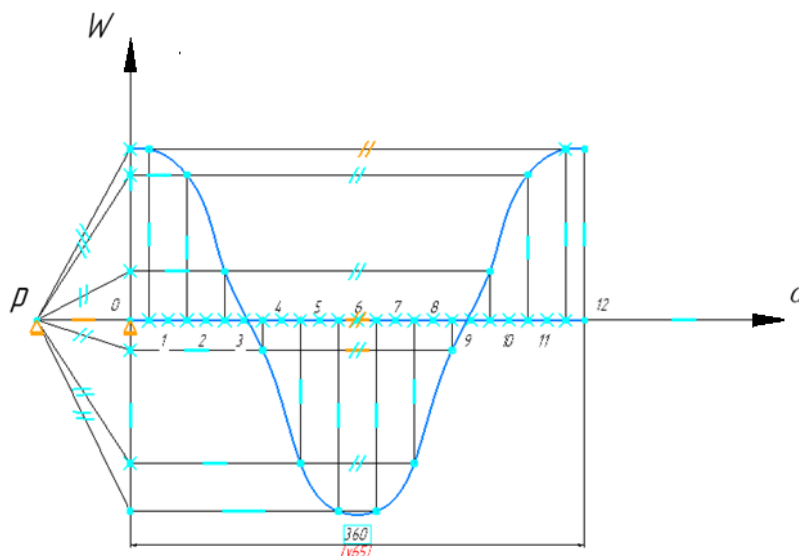


Рисунок 11. Диаграмма ускорений точки B по оси X

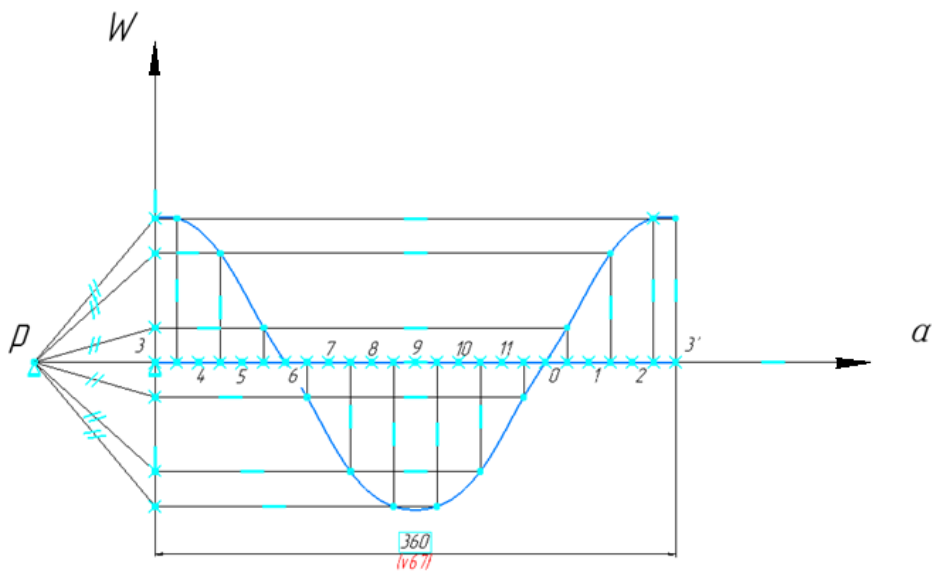


Рисунок 12. Диаграмма ускорений точки B по оси Y

Построив все эти диаграммы, и зная частоту вращения кривошипа, можем найти числовые значения скоростей и ускорений точки В центра масс кривошипа 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-крейцкопфного механизма, так же автоматически.

Автоматизированное построение диаграмм кинематических параметров шатунно-крейцкопфного механизма позволит создать автоматизированную систему расчетов силового взаимодействия его составных частей, и значительно ускорит процесс проектирования и модернизации, а также даст возможность получить данные о режимах нагружения узлов различных приводов плунжерных насосов, что позволит выполнять прочностные расчеты их деталей, в том числе с учетом фактора трения.

ЛИТЕРАТУРА

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

Поступила в редколлегию 21.01.2019 г.