

УДК 621.01

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОЗВЕННОГО РЫЧАЖНОГО ГРЕЙФЕРНОГО МЕХАНИЗМА

© 2017 Е.С. Гебель¹, А.А. Джомартов²

¹ Омский государственный технический университет, Россия

² Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, г. Алма-Ата, Казахстан

Статья поступила в редакцию 22.03.2017

Статья посвящена решению задачи кинематического анализа многозвенного рычажного грейферного механизма, рабочие кромки челюстей которого перемещаются по прямой линии. Преимуществом исследуемой схемы механизма перед традиционными является прямолинейное движение выходного звена на относительно большом участке. В работе для заданных значений свободных кинематических параметров грейфера рассчитаны основные кинематические характеристики: положение, скорость и ускорение. С учетом протяженности прямолинейного участка рассчитаны параметры, обеспечивающие возможность достижения высокой точности прямолинейного движения.

Ключевые слова: *грейфер, многозвенный рычажный механизм, кинематика*

Согласно общепринятому определению [1], грейфер (от нем. Giesifer, от greifen - хватать) - грузозахватное приспособление, предназначенное для оборудования грузоподъемных и транспортных механизмов (подъемных кранов, погрузчиков, экскаваторов и т.п.), снабженное поворотными челюстями для захвата груза. Грейферы применяют для перегрузки и транспортирования на небольшие расстояния сыпучих и кусковых грузов, труб, лесоматериалов и т.п. Грейфер для сыпучих и кусковых грузов работает по принципу подгребания и захвата груза. Для лучшего забора груза, челюсти оснащаются зубьями. Наиболее распространены грейферы емкостью 1,0-2,0 м³. Грейфер для перегрузки длинномерных грузов (бревен, балансов, труб и т.п.) по устройству аналогичен грейферу для сыпучих грузов, но имеет челюсти специальной конструкции — каждая состоит из двух когтеобразных захватов, отогнутых вниз и соединенных балкой. Применение грейферов позволяет полностью механизировать операции транспортировки различных грузов.

Анализ конструкций двухстворчатых грейферных ковшей экскаваторов [1-4], предназначенных для выполнения земляных ландшафтных работ, например, рытья фундаментов, котлованов, кабельных траншей и т.д., показал, что траектория движения режущей кромки (рис. 1) представляет собой дугу окружности. Как следствие на финишной стадии требуется вручную формировать профиль грунта, что увеличивает затраты времени и трудоемкость операции, и как следствие приводит к удорожанию ее себестоимости.

Постановка задачи. При смыкании челюстей грейфера центр тяжести механизма с нормальным раскрытием расположен не на одной прямой с

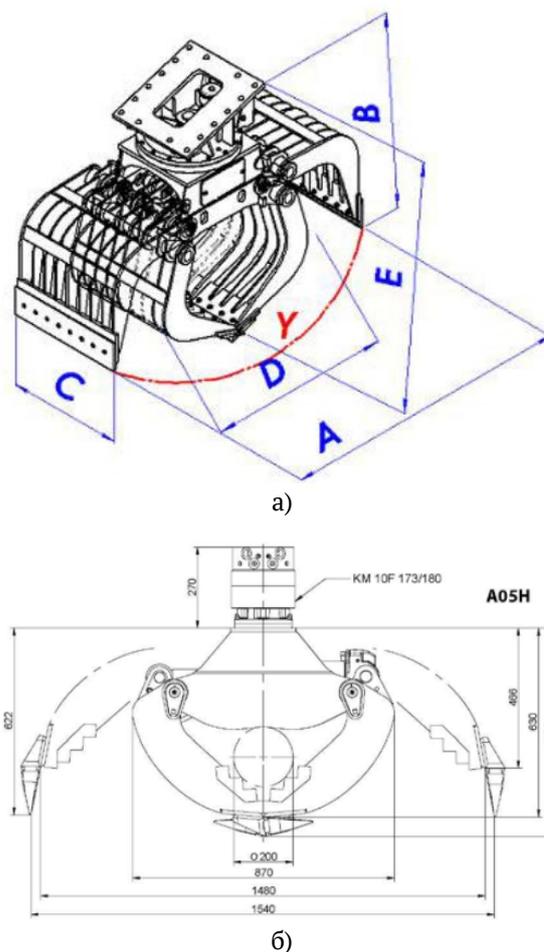


Рис. 1. Схемы двухчелюстных грейферных ковшей: а) модель селекторного захвата SPS 150; б) многоцелюстной грейфер серии А03Н/А05Н

Гебель Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: gebel_es@mail.ru

Джомартов Асылбек Абдразакович, член-корреспондент НИИ РК, доктор технических наук, заместитель директора по науке. E-mail: dspimmash@mail.ru;

линией действия усилия в замыкающем канате. В результате возникает вращающий момент, стремящийся повернуть челюсти вокруг шарнира, с помощью которого они прикреплены к траверсе. Дополнительное воздействие оказывают составляющие от

веса головки. В результате происходит перерезание зачерпываемого материала контуром, образуемым ножом и боковинами челюстей. Возможны несколько вариантов развития событий. В первом случае, если усилие на режущих кромках, создаваемое вращающим моментом челюстей, будет достаточным, чтобы преодолеть суммарное сопротивление внедрению челюсти в материал, то они будут перемещаться в материале. Иначе, если усилие окажется недостаточным, то при стягивании полиспаста будет происходить подъем траверсы, поворот ножевой кромки челюсти вокруг шарнира и одновременное горизонтальное перемещение ножевой кромки к оси грейфера. Если усилие окажется весьма малым по сравнению с сопротивлением внедрению, то при подъеме нижней траверсы ножевая кромка будет перемещаться по наклонной плоскости скольжения и быстро выходить из материала. Когда грейфер расположен на твердой поверхности, нож челюсти будет перемещаться по горизонтали.

На основе вышеизложенных особенностей работы грейферного механизма в Институте механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова разработана структурная схема компактного прямолинейно-направляющего многозвенного рычажного механизма (рис. 1) с большой протяженностью прямолинейного участка и с параметрами, обеспечивающими возможность достижения высокой точности движения [4, 5]. Симметричные челюсти рычажного механизма грейферного ковша содержат входной ползун G (звено 7), шатун GH (звено 6), промежуточное коромысло HO_1A (звено 1), основное коромысло OED (звено 7), трехшарнирный рычаг ABC (звено 2), промежуточный шатун CE (звено 4) и челюсти BDP с рабочей кромкой в точке P (звено 3).

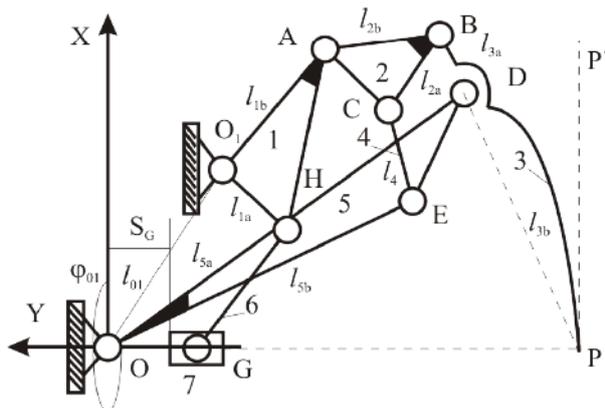


Рис. 2. Многозвенный рычажный грейферный механизм

На рис. 2 введены обозначения для правой челюсти грейферного ковша геометрических параметров (механизм левой челюсти симметричен относительно вертикальной оси симметрии – оси OY), значения которых определены в результате решения задачи кинематического синтеза. Требуется для заданной структурной схемы многозвенного

рычажного грейферного механизма оценить траекторию, скорость и ускорение движения челюсти с рабочей кромкой P , а также размеры прямолинейного участка и максимальное отклонение.

Математическая модель кинематического анализа. Перемещение входного ползуна G вызывает горизонтальное – прямолинейное перемещение рабочей точки P по прямой PP' (рис. 2). В результате решения задачи кинематического синтеза многозвенного рычажного механизма известны значения геометрических параметров, длина отрезка l_{OP} и начальное значением S_{G0} точки G ползуна 7 и координатой неподвижной точки O_1 в системе XOY . Задавшись траекторией точки P и длинами звеньев открытого четырехзвенника O_1ABD определим круговую квадратичную точку D на плоскости BP , параметры которой зададим с помощью координат точки B , а ориентацию относительно неподвижной декартовой системы xOy – углом φ_{BP} :

$$\begin{bmatrix} 1 \\ X_B \\ Y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + M_{AB} \begin{bmatrix} 0 \\ l_{2b} \\ l_{2b} \end{bmatrix}, \quad \varphi_{BP} = \arctg\left(\frac{Y_P - Y_B}{X_P - X_B}\right),$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ X_A \\ Y_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ X_{O_1} \\ Y_{O_1} \end{bmatrix} + Z_{O_1} \begin{bmatrix} 0 \\ l_{1b} \\ l_{1b} \end{bmatrix};$$

$$Z_{O_1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_{O_1A} & -\sin \varphi_{O_1A} \\ 0 & \sin \varphi_{O_1A} & \cos \varphi_{O_1A} \end{bmatrix};$$

$$M_{AB} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_{AB} & -\sin \varphi_{AB} \\ 0 & \sin \varphi_{AB} & \cos \varphi_{AB} \end{bmatrix}.$$

Положение звеньев O_1AH и ABC описывается с помощью углов φ_{O_1A} и φ_{AB} в матрицах Z_{O_1} и M_{AB} определяются из уравнений замкнутости треугольников GHO_1 и ABP :

$$\varphi_{O_1A} = \varphi_{O_1H} + \varphi_{HO_1A} = \arccos\left(\frac{l_{O_1H}^2 + l_{O_1G}^2 - l_{GH}^2}{2l_{O_1G} \cdot l_{O_1H}}\right) + \varphi_{HO_1A}$$

$$\varphi_{AB} = \varphi_{AP} + \arccos\left(\frac{l_{AP}^2 + l_{AB}^2 - l_{BP}^2}{2l_{AP} \cdot l_{AB}}\right) =$$

$$= \arctg\left(\frac{Y_P - Y_A}{X_P - X_A}\right) + \arccos\left(\frac{l_{AP}^2 + l_{AB}^2 - l_{BP}^2}{2l_{AP} \cdot l_{AB}}\right).$$

Согласованное движение звеньев пятизвенника O_1ABDO обеспечивается дополнительным шатуном EC . Определим в обратном движении (при неподвижном звене OED) круговую квадратичную точку C в плоскости ABC и центр E ее вращения. Параметры звена ABC в ее обратном движении определим следующим образом:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ X_A^* \\ Y_A^* \end{bmatrix} = Z_O^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ X_A - X_O \\ Y_A - Y_O \end{bmatrix},$$

$$Z_O^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_{OD} & \sin \varphi_{OD} \\ 0 & \sin \varphi_{OD} & \cos \varphi_{OD} \end{bmatrix};$$

$$\varphi_{OD} = \arctg \left(\frac{Y_D - Y_O}{X_D - X_O} \right).$$

Координаты шарнира D определяются уравнением:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ X_D \\ Y_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ X_B \\ Y_B \end{bmatrix} + Z_B \begin{bmatrix} 0 \\ l_{3a} \\ l_{3a} \end{bmatrix},$$

$$Z_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_{BP} & -\sin \varphi_{BP} \\ 0 & \sin \varphi_{BP} & \cos \varphi_{BP} \end{bmatrix},$$

где

$$\varphi_{BP} = \arctg \left(\frac{Y_P - Y_B}{X_P - X_B} \right).$$

Численный эксперимент. Численное решение задачи кинематического анализа многозвенного рычажного грейферного механизма с целью проверки адекватности предложенной математической модели получим для следующих значений геометрических параметров [6]: $l_{o1}=0,94$ м; $l_{1a}=0,58$ м; $l_{1b}=0,94$ м; $l_{2a}=0,52$ м; $l_{2b}=0,94$ м; $l_{3a}=0,29$ м; $l_{3b}=1,33$ м; $l_4=0,45$ м; $l_{5a}=2,28$ м; $l_{5b}=2,02$ м. По расчетным зависимостям установлено, что при длине раскрытия ковша $L=200$ мм высота зачерпывания h составляет 70 мм. Кривая зачерпывания исследуемой конструкции грейферного ковша показана на рис. 3.

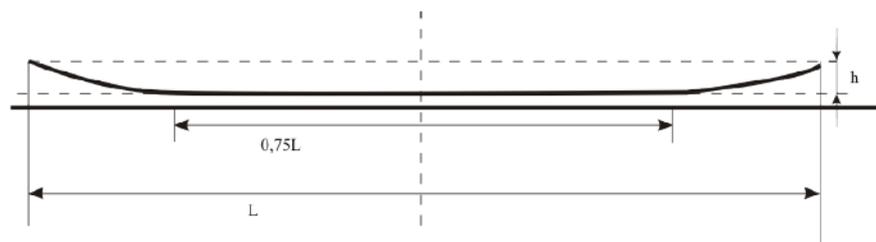


Рис. 3. Кривая зачерпывания грейферного ковша

В результате решения задачи кинематического анализа построены графики перемещения, скорости и ускорения кромки ножа (точка P) правой челюсти грейферного ковша (рис. 4-6). Для второй челюсти ковша кривые получаются аналогичными.

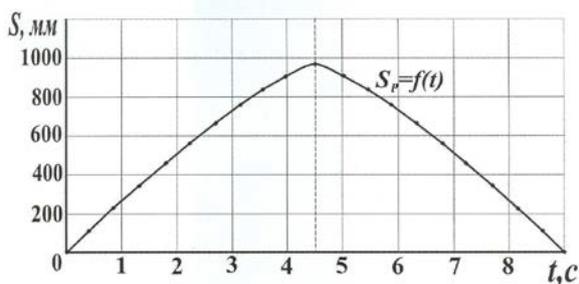


Рис. 4. График раскрытия и закрытия челюсти ковша

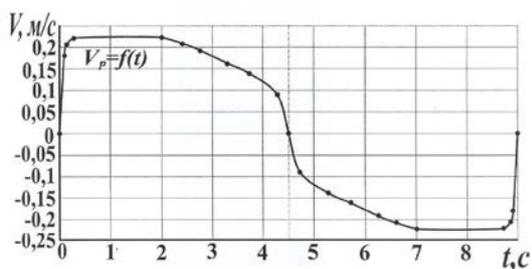


Рис. 5. График скорости раскрытия и закрытия челюсти ковша

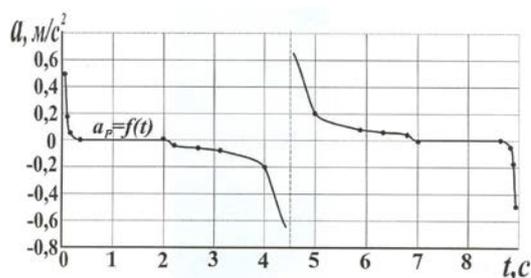


Рис. 6. График ускорения раскрытия и закрытия челюсти ковша

Выводы: в результате решения задачи кинематического анализа исследуемой схемы рычажного грейферного механизма установлены следующие факты:

- движение челюстей грейферного захвата происходит при неподвижной головке грейфера;
- траектория рабочей кромки челюсти включает два участка: участок приближения к технологической поверхности и прямолинейный участок, соответствующий технологической поверхности;
- протяженность прямолинейной траектории рабочей кромки составляет порядка 80% всей ее траектории;
- отклонение от прямолинейной траектории кромки, т.е. точность воспроизведения заданной функции перемещения составляет менее 3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ципурский, И.Л. Экскаватор с рабочим оборудованием драглайна и грейфера [Электронный ресурс] : учебное пособие. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. 56 с.
2. Компания «Техногрупп». Грейферы и захваты (режим доступа: http://www.tehno-group.com/files/ru/katalogs/Katalog-Greferi_zahvati.pdf. Дата доступа: 01.03.2017 г.)
3. Шишкин, А.В. Усовершенствованная конструкция грейферного оборудования для очистки мелиоративных сооружений // Научное обозрение. 2010. №5. С. 13-23.
4. Кабашев, Р.А. Ковш грейферный гидравлический экскаватора ЭО-3122А / Р.А. Кабашев, Б.И. Журсенбаев, З.Д. Кадержанова, Е.Б. Журсенбаев // Научно-технический сборник «Новости науки Казахстана», 2002. Вып. 3. С. 45-46.
5. Журсенбаев, Б.И. Предварительный патент «Гидравлический грейфер» // Казахстанский институт патентной экспертизы, №13889 от 05.11.2003.
6. Иванов, К.С. Кинестатика грейферного захвата / К.С. Иванов, Б.И. Журсенбаев, З.Д. Кадержанова // Поиск. 2004. Вып. 3. С. 232-239.

KINEMATIC ANALYSIS OF MULTILINK LEVER CLAMSHELL MECHANISM

© 2017 E.S. Gebel¹, A.A. Dzhomartov²

¹ Omsk State Technical University, Russia

² Institute of Mechanics and Engineering Science named after U.A. Dzholdasbekov, Alma-Ata, Kazakhstan

Paper is devoted to the solution of a task of kinematic analysis of the multilink lever clamshell mechanism which working edges of jaws move in a straight line. Advantage of the studied scheme of the mechanism before traditional is the rectilinear movement of output link on rather big site. In work for preset values of free kinematic parameters of the grab the main kinematic characteristics are calculated: situation, speed and acceleration. Taking into account the extent of a straight section the parameters providing a possibility of achievement of high precision of the rectilinear movement are calculated.

Key words: *grab, multilink lever mechanism, kinematics*

*Elena Gebel, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.
E-mail: gebel_es@mail.ru*

Asylbek Dzhomartov, Corresponding Member of SRA KR, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director on Scientific Work. E-mail: dgpimmash@mail.ru;