

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА ШАГАНИЯ НА ДЛИНУ ХОДА ЭКСКАВАТОРОВ-ДРАГЛАЙНОВ

Таровик Н. Г.

Проведен кинематический анализ кривошипно-рычажного шагающего механизма экскаватора-драглайна. Рассмотрена структурная схема механизма. В ходе графического анализа механизма построена траектория движения шаровой опоры при различных положениях звеньев в процессе передвижения машины и при возврате лыж в исходное положение. Форма этой траектории позволяет судить о величине хода и высоте подъема экскаватора. Составленная система уравнений описывает положение всех звеньев механизма при любом из положений ведущего кривошипа. Исследовано влияние геометрических размеров рычага на длину хода экскаватора. Полученные зависимости позволяют провести серию вычислительных экспериментов по подбору рациональных геометрических параметров звеньев механизма с точки зрения обеспечения максимальной скорости передвижения экскаватора.

Проведено кінематичний аналіз кривошипно-важільного крокуючого механізму екскаватора-драглайна. Розглянута структурна схема механізму. В ході графічного аналізу механізму побудована траєкторія руху кульової опори при різних положеннях ланок у процесі пересування машини і при поверненні лыж у вихідне положення. Форма траєкторії дозволяє судити про величину ходу і висоту підйому екскаватора. Складена система рівнянь описує положення всіх ланок механізму при будь-якому з положень кривошипа. Досліджено вплив геометричних розмірів важеля на довжину ходу екскаватора. Отримані залежності дозволяють провести серію обчислювальних експериментів з підбору раціональних геометричних параметрів ланок механізму з точки зору забезпечення максимальної швидкості пересування екскаватора.

Kinematic analysis conducted of the crank hinge mechanism walking dragline. Block diagram of the mechanism described. In the graphical analysis of the trajectory of the mechanism is built ball bearing units at different positions in the movement of the dragline and when you return to the starting position of skis. The shape of this trajectory can judge the size of the course and a lifting height of the excavator. Drafted system describes the position of all links of the mechanism under any of the provisions of the drive crank. The influence of the geometric dimensions of the lever on the stroke length of the excavator. Obtained relationships allow for a series of numerical experiments on the selection of the geometric parameters of the rational parts of the mechanism in terms of the maximum speed of movement excavator.

Таровик Н. Г.

ассистент каф. ОПМ ДГМА  
hypernick@mail.ru

УДК 621.879.323

Таровик Н. Г.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА ШАГАНИЯ НА ДЛИНУ ХОДА ЭКСКАВАТОРОВ-ДРАГЛАЙНОВ**

Одним из основных направлений развития народного хозяйства Украины и других стран мира является добыча полезных ископаемых. Значительную часть парка оборудования, осуществляющего добычу открытым способом, составляют экскаваторы-драглайны, оборудованные шагающим ходом. По сравнению с другими типами механизмов передвижения шагающий ход является простым и надежным в эксплуатации, допускает передвижение машин по грунтам с низкой несущей способностью, также машины с шагающим ходом обладают высокой маневренностью. С дальнейшим ростом геометрических параметров, а также мощности экскаваторов, резко повышаются требования к надежности этих машин, которая, в основном, определяет эффективность их использования. Все большее значение приобретают вопросы оптимизации их основных параметров и, в частности, параметров механизма шагания. При эксплуатации шагающих экскаваторов, с экономической точки зрения иногда целесообразно осуществлять перегон экскаваторов с одного места работы на другое своим ходом. Отсюда механизмы шагания должны проектироваться с учетом значительной транспортной нагрузки машины. Оптимизация параметров механизма при этом приобретает существенное значение.

Анализ конструктивных исполнений механизмов шагания экскаваторов-драглайнов, а также методы их расчета рассмотрены в работах Гармаша Н. З. и Бережного Ю. И. [1], Подерни Р. Ю. [2], Шеффлера М. [3] и др. Особое внимание исследованию механизмов шагания экскаваторов с гидравлическим приводом уделено в работах Сулова Н. М. [4], [5]. В отечественной промышленности широкое применение нашли механизмы с механическим приводом, в частности кривошипно-рычажные, которые рассмотрены недостаточно широко.

Целью работы является определение параметров элементов кривошипно-рычажного механизма шагания, которые наиболее существенно влияют на максимальную длину шага и высоту подъема экскаватора.

На данный момент в странах СНГ используются два основных типа механизмов шагания экскаваторов. Первый это гидравлический шагающий механизм, который широко применяется при производстве экскаваторов на ОАО «Уралмаш» и второй – кривошипно-рычажный, который является наиболее распространенным на машинах, выпускаемых ПАО «НКМЗ», и по сравнению, например, с кривошипно-эксцентриковым ходом имеет более высокий КПД, меньший вес и более высокую эксплуатационную надежность. Именно этот тип механизма передвижения является объектом исследования в данной работе.

В кривошипно-рычажных механизмах шагания экскаваторов производства ПАО «НКМЗ» (ЭШ 5/45, ЭШ 11/70) (рис. 1) кривошип приводит в движение стойку механизма, посаженную на эксцентрик через двухрядный подшипник. Верхняя часть стойки шарнирно связана концом рычага, второй конец которого закреплен на цапфе надстройки. Шаровое сочленение рамы с лыжей позволяет последней хорошо приспосабливаться к рельефу местности.

Траектория движения точек опорной базы экскаватора при его перемещении изменяется по определенному закону, зависящему от кинематики исполнительного механизма шагающего хода, и определяется в ходе кинематического анализа.

При проектировании и исследовании механизмов шагания горнотранспортных машин возникает необходимость определения координат и линейных скоростей точек звеньев в пределах цикла работы механизма для ряда положений. Знание этих кинематических

элементов позволяет произвести оценку работы узлов механизма, а также установить связь между перемещениями и скоростью ведущего кривошипа и перемещениями и скоростью ведомого звена – машины.



Рис. 1. Кривошипно-рычажная четырехзвенная система механизма шагания драглайна

Проведем графический анализ кривошипно-рычажного механизма шагания экскаватора ЭШ 5/45. Для данного механизма основными геометрическими параметрами являются: эксцентриситет ведущего кривошипа, длина тягового рычага, угол наклона нижней части ноги относительно нормали к поверхности движения, длина нижней части ноги от шарнира кривошипа до сочленения ноги с опорной лыжей, длина верхней части ноги от шарнира кривошипа до шарнира тягового рычага.

При известных геометрических параметрах механизма построим план 15 положений его звеньев в процессе работы. Положения механизма 1–8 соответствуют рабочему ходу, в процессе которого перемещается корпус экскаватора, положения 9–15 соответствует перемещению башмаков в исходное положение.

Кривошип  $AO_1$  и рычаг  $BO_2$  совершают вращательное движение, стойка с геометрическими вершинами  $ABC$  вместе с башмаками – плоское. Форма траектории шарового сочленения рамы с башмаком точка  $C$  определяет длину хода экскаватора, высоту подъема в процессе передвижения, а также влияет на проходимость машины, энергоемкость процесса шагания и величину динамических нагрузок на металлоконструкции.

Как видно из рис. 2, на величину хода экскаватора существенное влияние оказывает высота расположения центра вращения кривошипа точка  $O_1$ . При изменении высоты с  $H$  на  $H'$  при неизменных геометрических параметрах звеньев механизма длина хода увеличивается до 10 % (пунктирная линия на рис. 2). Уменьшение крутизны траектории шаровой опоры лыжи в начале или конце шага увеличивает проскальзывание опорных лыж по грунту, которое является одним из факторов, существенно снижающих скорость передвижения машины. Увеличение крутизны траектории в конце шага при посадке опорной поверхности базы на грунт повышает динамическую нагруженность элементов металлоконструкции машины. Высота траектории влияет на работу, необходимую для подъема экскаватора при передвижении.

Недостатком данного метода является то, что из-за кинематических особенностей механизма шагания и неизбежных погрешностей графического решения он дает невысокую точность. В то же время он является достаточно трудоемким для анализа механизма с различными сочетаниями его параметров.

Аналитический метод имеет существенные преимущества перед графическим методом. Широкое применение этот метод находит при расчетах на ЭВМ, которые дают возможность выполнять многовариантные исследования механизма.

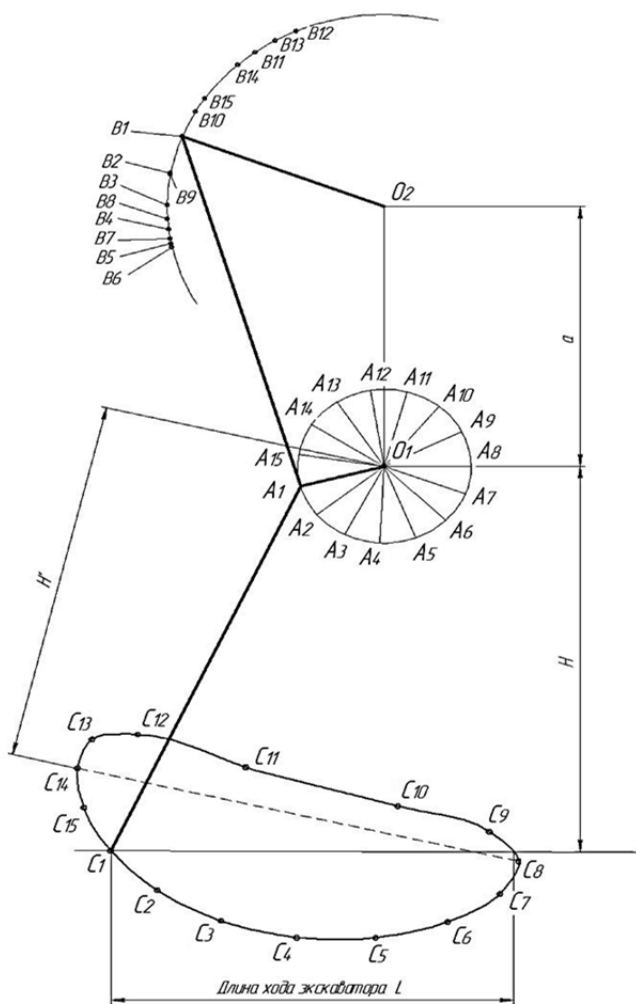


Рис. 2. Графический анализ движения звеньев механизма шагания

Положение любого звена механизма на координатной плоскости можно задать координатой одной точки, например, точки  $A$ , длиной звена и значением направляющего угла  $\varphi_1$ .

Начальное звено механизма (кривошип) относительно корпуса совершает вращательное движение. Положение кривошипа  $O_1A$  определяется углом  $\varphi_1$ . Параметр  $\varphi_1$  является обобщенной координатой, которая определяет положение всех звеньев механизма.

Координаты точки  $A$ , кривошипа  $O_1A$  в системе координат  $xO_1y$  имеют вид:

$$\begin{cases} x_A = (O_1A) \cos \varphi_1; \\ y_A = (O_1A) \sin \varphi_1. \end{cases} \quad (1)$$

Для определения положений, скоростей и ускорений звеньев механизма составим векторное уравнение замкнутого контура  $O_1O_2BA$ :

$$\vec{O_1A} + \vec{AB} = \vec{O_1O_2} + \vec{l_2}. \quad (2)$$

Выбранная система векторов рассматривается как геометрический многоугольник с нулевой суммой.

Спроектировав векторы уравнения (2) на оси координат  $x$  и  $y$ , получим уравнения, описывающие положения звеньев механизма:

$$\begin{cases} (O_1A) \cos \varphi_1 - (O_2B) \cos \varphi_2 + AB \cos \varphi_3 = 0; \\ (O_1A) \sin \varphi_1 - (O_2B) \sin \varphi_2 + AB \sin \varphi_3 - O_1O_2 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Из системы уравнений (3) при заданном значении обобщенной координаты  $Q$  можно определить неизвестные значения углов  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$ , которые определяют положение рычага (звено 2) и стойки (звено 3) относительно начала координат  $O_1$ .

Увеличив значение длины рычага  $O_2B$  на 3 %, была получена траектория движения исполнительного звена (точка C), которая представлена на рис. 3.

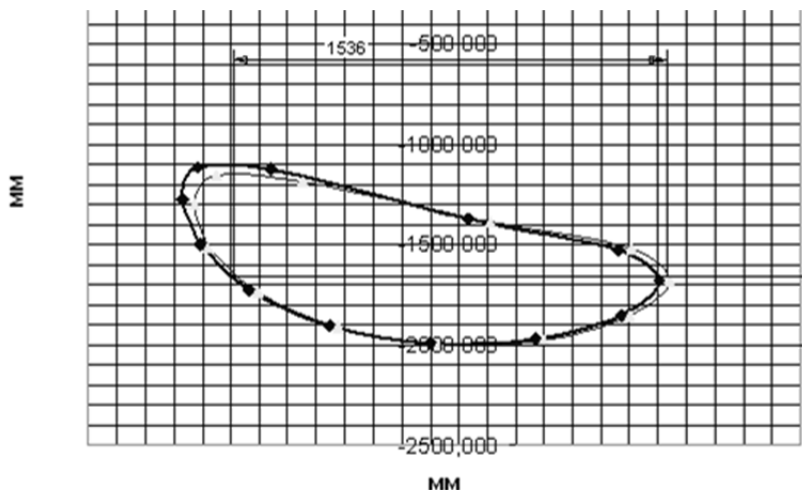


Рис. 3. Траектория движения точки C при начальных значениях выходных параметров и при увеличенном значении длины рычага  $O_2B$  на 3 %

Из анализа рис. 3 видно, что форма траектории движения точки C изменилась существенно, угол наклона стал меньше, а длина хода увеличилась на 5 %.

## ВЫВОДЫ

В результате кинематического исследования кривошипно-шарнирного механизма шагания установлена зависимость длины хода экскаватора от геометрических параметров отдельных звеньев. Полученные зависимости позволяют провести серию вычислительных экспериментов по подбору рациональных геометрических параметров звеньев механизма с точки зрения обеспечения максимальной скорости передвижения экскаватора.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гармаш Н. З. Конструкция, основы теории и расчета шагающего ходового оборудования горно-транспортных машин / Н. З. Гармаш, Ю. И. Бережной. – М. : Недра, 1971. – 144 с.
2. Подерни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров / Р. Ю. Подерни. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 680 с.
3. Шеффлер М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин / М. Шеффлер, Г. Пайер. – М. : Машиностроение, 1980. – 255 с.
4. Сулов Н. М. Кинематический и силовой анализ механизма шагания экскаватора / Н. М. Сулов, А. Ляцнев // Горные машины и автоматика. – 2004. – С. 9–11.
5. Сулов Н. М. Взаимосвязанность конструктивных и силовых параметров трехопорных гидравлических механизмов шагания / Н. М. Сулов // Изв. вузов. Горный журнал. – 1977. – № 9. – С. 97–98.

Статья поступила в редакцию 18.12.2012 г.