

УДК 621.879.323

Таровик Н. Г.

О ПОДХОДЕ К СИЛОВОМУ АНАЛИЗУ КРИВОШИПНО-ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА ШАГАНИЯ ДРАГЛАЙНОВ

Мощные экскаваторы-драглайны, отвалообразователи и перегружатели часто оборудуют шагающими ходовыми механизмами. Шагающее оборудование является одним из основных источников внешних динамических воздействий на машину в целом. Так же процесс шагания этих машин является довольно энергоемким. Динамические нагрузки являются особо опасными с точки зрения трещинообразования в металлоконструкциях машины. Однако ввиду несовершенства существующих методик расчета динамические напряжения при проектировании механизмов шагания обычно не учитываются.

Исследования динамических усилий в элементах конструкции шагающих механизмов экскаваторов, а также влияние на возникающие в них нагрузки свойств грунтов, проводились в работах Гармаша Н. З. и Бережного Ю. И. [1]. Так же исследования в области изучения шагающих движителей проводились Подерни Р. Ю. [2], Шеффлером М. [3] и др. В работах Сулова Н. М. рассматривается кинематический, силовой анализ и методы проектирования шагающих механизмов с гидравлическим приводом [4].

Цель исследований – определение сил, действующих на звенья механизма, что имеет большое практическое значение для расчета звеньев на прочность, жесткость, износостойкость, для определения затрат энергии на трение, а также для расчета энергетического баланса механизма.

При динамическом исследовании механизма рассматривается движение звеньев с учетом действующих на них сил.

Силы, действующие в механизме шагания можно разделить на две основные группы: движущие силы (момент, приложенный к кривошипу) и силы сопротивления (часть веса экскаватора, передающаяся на башмаки, сила трения базы о грунт, силы трения в кинематических парах). Также присутствуют силы тяжести звеньев, силы инерции и силы реакции в кинематических парах. В зависимости от направления их действия эти силы будут относиться к движущим или силам сопротивления.

При силовом анализе движение каждого звена кинематической схемы следует рассматривать отдельно, вводя в местах соединений (кинематических пар) реакции связей. Для составления уравнений движения воспользуемся принципом Даламбера, в соответствии с которым следует рассмотреть равновесие звеньев с учетом инерционных нагрузок (рис. 1). В качестве угловых скоростей и ускорений для вычисления инерционных нагрузок при этом используем значения ω и ϵ , полученные при кинематическом анализе из следующих систем уравнений [5]:

$$\begin{cases} -l_1 w_1 \sin j_1 + l_2 w_2 \sin j_2 - AB w_3 \sin j_3 = 0; \\ l_1 w_1 \cos j_1 - l_2 w_2 \cos j_2 + AB w_3 \cos j_3 = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} -l_1 e_1 \sin j_1 - l_1 w_1^2 \cos j_1 + l_2 e_2 \sin j_2 + l_2 w_2^2 \cos j_2 - AB e_3 \sin j_3 - AB w_3^2 \cos j_3 = 0; \\ l_1 e_1 \cos j_1 - l_1 w_1^2 \sin j_1 - l_2 e_2 \cos j_2 + l_2 w_2^2 \sin j_2 + AB e_3 \cos j_3 - AB w_3^2 \sin j_3 = 0. \end{cases}$$

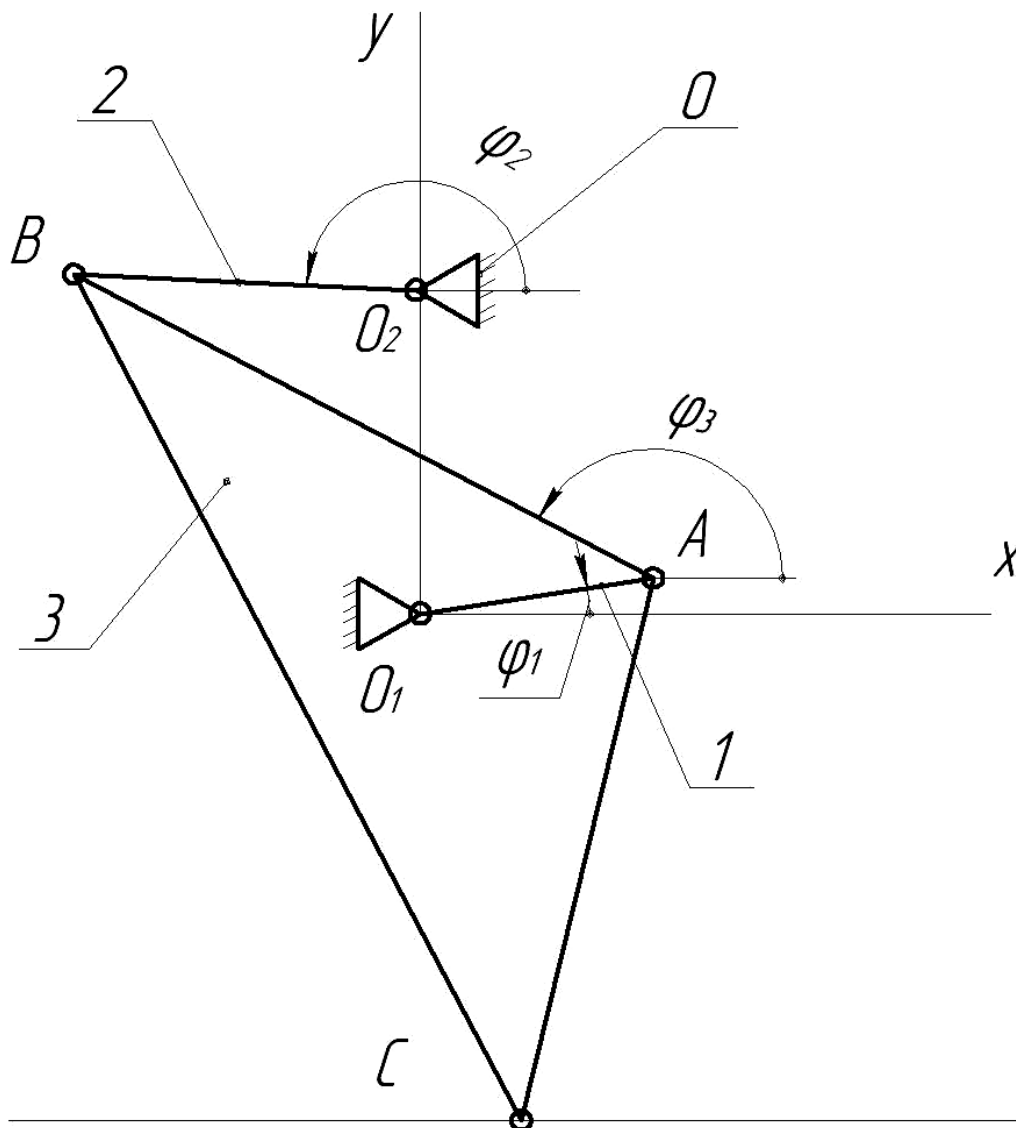


Рис. 1. Кинематическая схема кривошипно-шарнирного механизма шагания экскаватора:
1 – кривошип; 2 – рычаг; 3 – треугольная рама

На рис. 2 приведен общий порядок силового расчета кривошипно-шарнирного механизма шагания.

Основными блоками алгоритма силового анализа механизма шагания являются:

– определение внешних сил, которые действуют на звенья механизма. Эти нагрузки приложены к шаровой опоре – месте сочленения треугольной рамы и башмака (точка С). Вертикальная составляющая N_1^B зависит от того, какая часть веса экскаватора приходится на башмаки при шагании. Горизонтальная составляющая N_1^F зависит от силы трения между грунтом и опорными башмаками.

– определение сил взаимодействия звеньев в местах их соединения, т. е. реакций в кинематических парах R_{ij} .

– определение приведенного к кривошипу момента инерции сил $M_{прив}$ и переход к определению требуемой мощности электродвигателя.

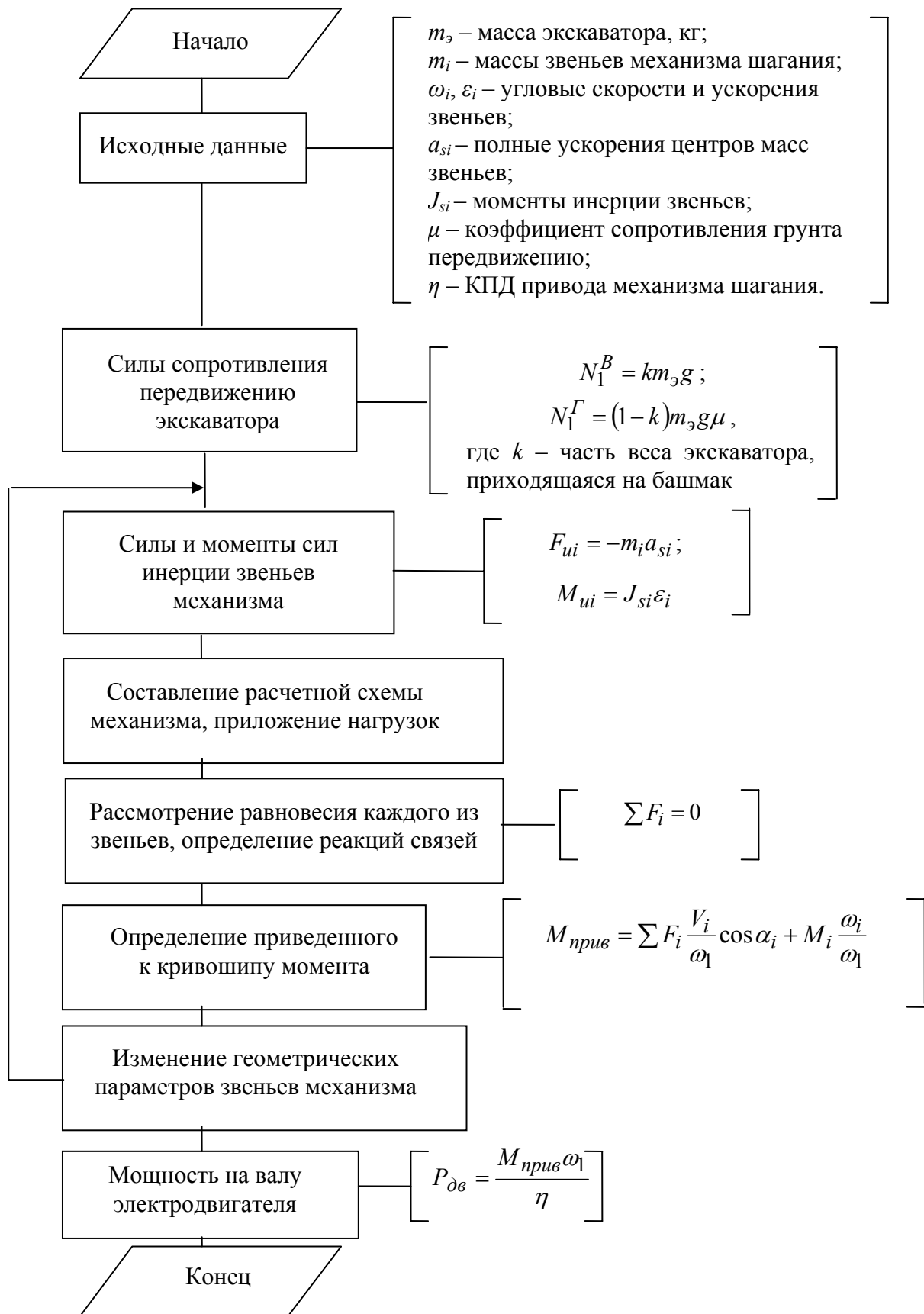


Рис. 2. Блок-схема алгоритма силового расчета механизма шагания

В качестве начальных условий вводим допущения, что закон движения начального звена – кривошипа известен ($\omega_1 = \text{const}$). Так же известны массы m_i и моменты инерции звеньев J_{si} , что позволяет определить силы F_{ui} и моменты сил инерции M_{ui} . В первом приближении силовой расчет проводим без учета сил трения в кинематических парах.

В любой момент времени под действием внешних сил, куда входят и силы инерции, механизм пребывает в равновесии (рис. 3).

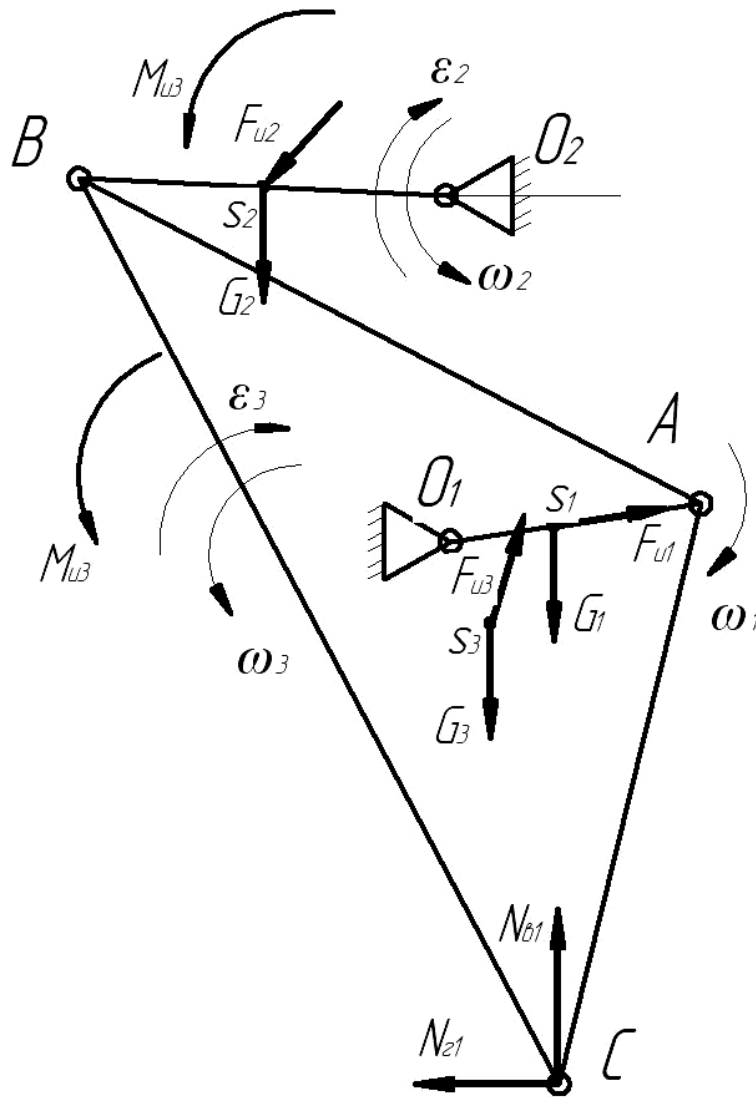


Рис. 3. Схема нагружения кривошипно-шарнирного механизма шагания

Разобьем механизм на звенья, к которым приложены внешние силы, включая силы инерции, действие основного механизма на звенья заменяем реакциями связей (рис. 4). Под действием этих сил каждое звено пребывает в равновесии, что позволяет составить уравнения равновесия и найти неизвестные составляющие реакций. Силовой анализ начинаем с последнего звена механизма – треугольной рамы и заканчиваем начальным звеном – кривошипом:

звено 3	$N_1^2 + N_1^6 + G_3 + F_{u3} + R_{31} + R_{32} = 0;$
звено 2	$R_{23} + G_2 + F_{u2} + R_{20} = 0;$
звено 1	$R_{10} + G_1 + F_{u1} + R_{13} + F_{yp} = 0.$

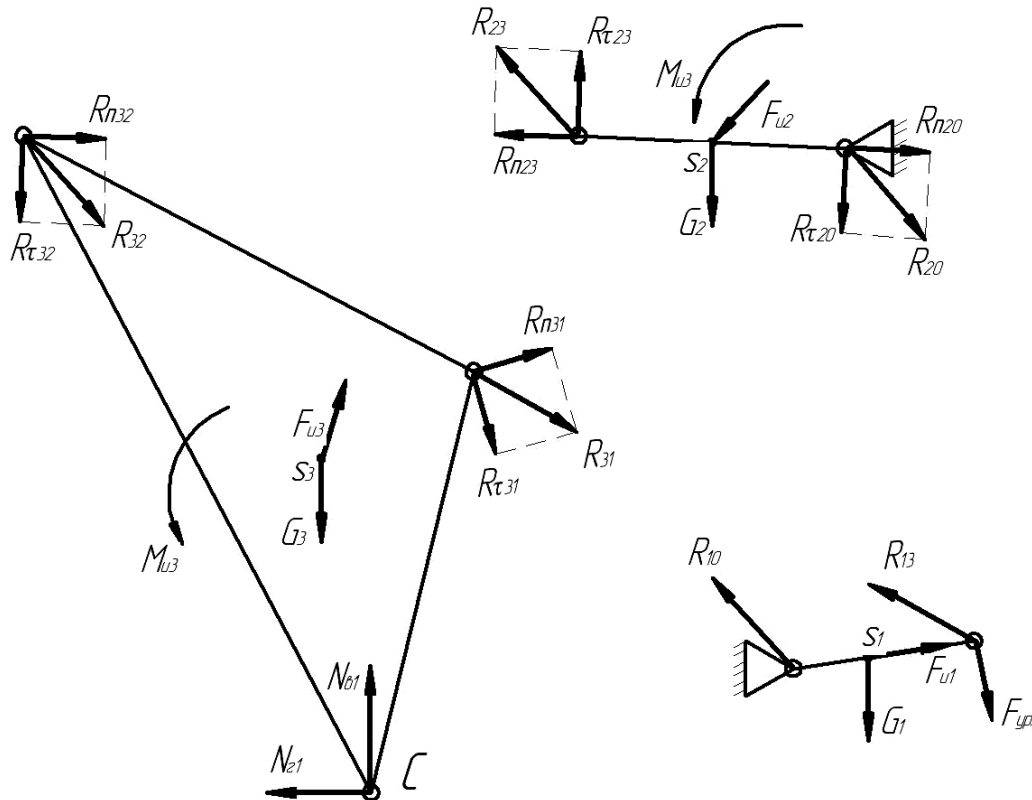


Рис. 4. Схемы нагружения отдельных звеньев механизма

Определение сил, действующих на звенья механизма, сводится к решению системы уравнений, реализация которой выполняется на ЭВМ.

Важной задачей дальнейших теоретических и экспериментальных исследований является уточнение внешних нагрузок на опорные элементы в процессе шагания, реализация методики расчета угловых скоростей и ускорений центров масс звеньев механизма, обоснование коэффициента сцепления между грунтом и лыжами, а также опорной базой.

ВЫВОДЫ

Разработанный алгоритм для силового анализа кривошипно-шарнирного механизма шагания экскаваторов позволяет провести серию вычислительных экспериментов по подбору рациональных геометрических параметров и масс отдельных звеньев механизма с точки зрения обеспечения их прочности, снижения потерь энергии на трение, снижения энергоемкости процесса шагания в целом.

ЛИТЕРАТУРА

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. Суслов Н. М. Кинематический и силовой анализ механизма шагания экскаватора / Н. М. Суслов, А. Ляпцев // Горные машины и автоматика. – 2004. – С. 9–11.
5. Крупко В. Г. Кинематический анализ кривошипно-шарнирного механизма шагания экскаваторов // В. Г. Крупко, А. Н. Стадник, Н. Г. Таровик // Подъемно-транспортная техника. – 2010. – № 4. – С. 105–108.