

Е. Е. Милосердов

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ХОДОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА

Рассматривается алгоритмизация динамической модели ходового движителя роторного экскаватора при его перемещении, приведены основные схемы и формулы, используемые при алгоритмизации динамической модели.

Ключевые слова: алгоритмизация, движитель, контур, момент, реакция.

Для определения опорных реакций, моментов и нагрузок, возникающих при перемещении роторного экскаватора в забое, рассматриваются многоопорные контуры в виде расчетных схем, что в свою очередь поможет произвести оценку технического состояния роторного экскаватора [1].

При анализе воздействия на динамику машины ходового механизма экскаватора мы не касаемся системы уравнений движения машины, а рассматриваем специфические вопросы алгоритмизации непосредственно ходовых механизмов и их связей со всей машиной в рабочих режимах.

Реакции от действия силы G определяются в зависимости от положения проекции этой силы на опорный контур с учетом смещения точки проекции относительно геометрического центра опорного контура. Если ось верхнего строения не совпадает с точкой проекции силы G и геометрическим центром, тогда учитываются оба смещения. В этом случае необходимо рассматривать два центра масс, с приложением G_1 – силы тяжести неповоротной части машины с выбегом Q и G_2 – силы тяжести поворотной части с выбегом равнодействующей S_0 относительно оси поворота.

Тогда равнодействующая реакция в опорной точке контура

$$R_{Tj} = R'_{Tj} + R''_{Tj},$$

где R'_{Tj} – постоянная часть реакции от действия силы G_1 ; R''_{Tj} – переменная часть реакции от действия силы G_2 .

Расчет проводится методом жесткого рычага путем решения системы алгебраических уравнений. Опорные реакции от действия горизонтальных сил инерции определяются с учетом данных, получаемых при решении системы уравнений движения динамической модели экскаватора.

В этом случае используется система алгебраических уравнений, преобразующая действие момента от горизонтальной равнодействующей силы инерции, приложенной в центре масс на высоте H , в опорные реакции [2].

Полная опорная реакция будет определяться уже как сумма трех слагаемых

$$R_{Tj} = R'_{Tj1} + R'_{Tj2} + R''_{Tj},$$

где R'_{Tj1} , R'_{Tj2} – реакции соответственно от действия сил G_1 и G_2 ; R''_{Tj} – реакции действия момента от действия горизонтальной силы инерции.

Оценка доли опорной реакции R''_{Tj} по отношению к полному значению R_{Tj} показывает, что при значении $R''_{Tj} / R_{Tj} \leq 0,1$, значением R_{Tj} можно пренебречь. Расчетные схемы для определения опорных реакций в общем виде для многоопорных контуров показаны на рис. 1.

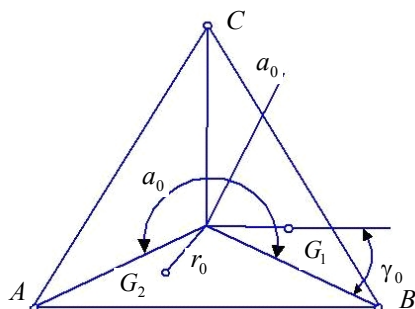
Расчетные зависимости для определения опорных реакций по рис. 1, а получаются использованием уравнений моментов сил относительно сторон опорного треугольника:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma M_{AB}(R) &= 0 \rightarrow R'_{Cj}, \\ \Sigma M_{AC}(R) &= 0 \rightarrow R'_{Bj}, \\ \Sigma M_{CB}(R) &= 0 \rightarrow R'_{Aj}. \end{aligned} \right\}$$

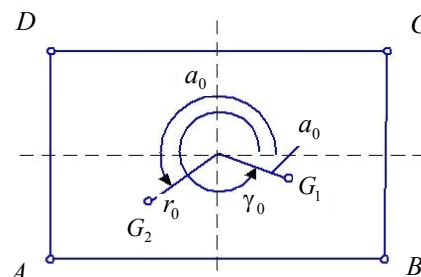
Для определения опорных реакций опорного контура по рисунку 1, б используем систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} M_{AB}(R_D) + M_{AB}(R_C) &= M_{AB}(G) = (R_D + R_C) l_{AD}, \\ M_{CB}(R_A) + M_{CB}(R_D) &= M_{CB}(G) = (R_A + R_D) l_{AB}, \\ M_{DC}(R_A) + M_{DC}(R_B) &= M_{DC}(G) = (R_A + R_B) l_{AD}, \\ M_{AD}(R_B) + M_{AD}(R_C) &= M_{AD}(G) = (R_C + R_B) l_{AB}. \end{aligned} \right\}$$

Отсюда



а



б

Рис. 1. Расчетные схемы для определения опорных реакций в общем виде для многоопорных контуров: A, B, C, D – точки, определяющие контур; a_0 – угол отклонения от начала отсчета; r_0 – радиус смещения центра масс; G_1 и G_2 – силы тяжести; γ_0 – постоянное угловое смещение центра масс неповоротной части относительно геометрического центра опорного контура

$$\left. \begin{aligned} R'_D + R'_C &= M_{AB}(G)/l_{CB}, \\ R'_A + R'_D &= M_{CB}(G)/l_{AB}, \\ R'_A + R'_B &= M_{DC}(G)/l_{CB}, \\ R'_C + R'_B &= M_{AD}(G)/l_{AB}. \end{aligned} \right\}$$

Из данной системы уравнений определяются R'_A, R'_B, R'_C, R'_D . Опорные реакции от действия горизонтальных составляющих сил инерции определяются в соответствии со схемой на рис. 2. Для трехопорного контура (рис. 2, а) учитываем моменты от проекций горизонтальных сил на перпендикулярное направление к соответствующим сторонам треугольника, например:

$$M_{AC}(F) = F_{AC1}H_1 + F_{AC2}H_2,$$

$$M_{BC}(F) = F_{BC1}H_1 + F_{BC2}H_2,$$

где F_{AC1}, F_{AC2} – проекции на перпендикуляр к стороне AC сил инерции соответственно первой и второй масс, расположенных на высотах H_1 и H_2 .

Тогда реакции определяются формулами

$$\left. \begin{aligned} R''_B &= M_{AC}(F)/h_B(AC), \\ R''_C &= M_{AB}(F)/h_C(AB), \\ R''_A &= M_{BC}(F)/h_A(CB), \end{aligned} \right\}$$

где $h_B(AC), h_C(AB), h_A(CB)$ – плечи до опорных точек от соответствующих сторон.

Для четырехопорного контура (рис. 2, б), аналогично учитываем моменты от проекций горизонтальных сил типа $M_{AB}(F) = F_{AB1}H_1 + F_{AB2}H_2$. Тогда реакции определяются из системы уравнений

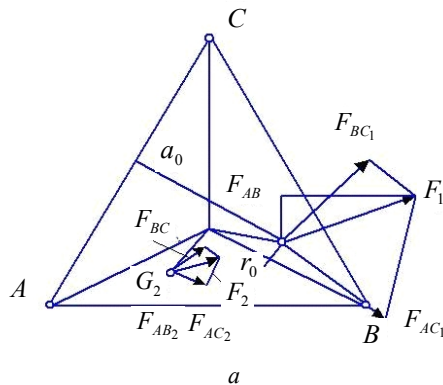
$$\left. \begin{aligned} R_D + R_C &= M_{AB}(F)/l_{CD}, \\ R_A + R_B &= -M_{AB}(F)/l_{CD}, \\ R_C + R_B &= M_{AB}(F)/l_{AB}, \\ R_D + R_A &= -M_{AD}(F)/l_{AB}. \end{aligned} \right\}$$

Из данной системы уравнений определяются $R''_A, R''_B, R''_C, R''_D$.

Полные опорные реакции будут определяться по формулам

$$R_A = R'_A + R''_A; R_B = R'_B + R''_B;$$

$$R_C = R'_C + R''_C; R_D = R'_D + R''_D.$$



Значения полных опорных реакций используются для определения сопротивления передвижению машины.

Сопротивление повороту при движении экскаватора определяется тремя факторами: тяговым усилием на ведущих тележках F_p , сопротивлением прямолинейному движению на каждой тележке W_i и моментами сопротивления развороту относительно общего динамического центра разворота $M_i^W; M_i^S; F_i^W \cdot l_i$. Рассматривается силовое равновесие машины при развороте через следующую систему уравнений.

1. Сумма моментов относительно общего динамического центра поворота:

$$\sum F_i \rho_i - \sum M_i^W - \sum M_i^S - \sum F_i^W \cdot l_i - \sum W_i \rho_i = 0.$$

2. Сумма проекций всех сил на ось X:

$$\sum F_i \cos \alpha_i - \sum F_i^W \sin \alpha_i - \sum W_i \cos \alpha_i = 0.$$

3. Сумма проекций всех сил на ось Y:

$$\sum F_i \sin \alpha_i - \sum F_i^W \cos \alpha_i - \sum W_i \sin \alpha_i = 0,$$

$$F_i^W = 2\mu \cdot R_{Ti} l_i / L',$$

где F_i^W – сила сопротивления боковому смещению тележки; L' – длина опорной поверхности гусеницы; l_i – смещение точки приложения силы F_i^W относительно динамического центра поворота (плечо силы F_i^W); ρ_i – радиус от динамического центра поворота до главной продольной оси тележки; $M_i^{(S)}$ – момент, действующий на спаренных тележках при действии на них разных сопротивлений передвижению.

Например, при спаренных тележках $i = 1, 2$:

$$M_i^S = \frac{1}{2}(W_2 - W_1)B/2,$$

где B – колея тележки, м.

С учетом принимаемых зависимостей предлагается следующий алгоритм решения.

1. Определяются радиусы ρ_{Hi} до тележек относительно геометрического центра поворота, при $l_i = 0$, которые и принимаются за начальные условия

$$\rho_{Hi} = f(\alpha_i).$$

2. При значении тягового усилия

$$F_i = A_i K_{1i} K_{2i} - B_i K_{2i} \cdot (\omega_m \rho_i).$$

Угловая скорость разворота машины:

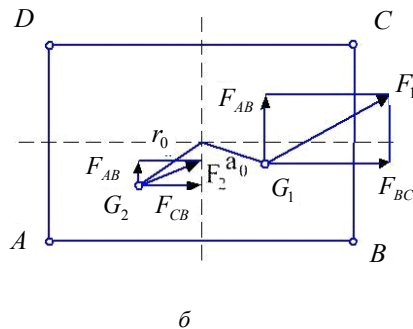


Рис. 2. Расчетные схемы для определения опорных реакций для четырехопорного контура:

A, B, C, D – точки, определяющие контур; a_0 – угол отклонения от начала отсчета; r_0 – радиус смещения центра масс; G_1 и G_2 – силы тяжести; F_{AC1}, F_{AC2} – проекции на перпендикуляр к стороне AC сил инерции соответственно первой и второй масс, расположенных на высотах H_1 и H_2

$$\omega_m = \frac{\sum A_i K_{1i} K_{2i} - \sum M_i^{(W)} - \sum F_i^{(W)} l_i - \sum M_i^{(S)} - \sum W_i \rho_i}{\sum B_i K_{2i} \rho_i}.$$

3. Определяется избыточное тяговое усилие на тележках

$$S_i = F_i - W_i.$$

4. Определяется выбег l_i силы $F_i^{(W)}$ как функция углов разворота б; тележек относительно линии центров смежных тележек (смежных опорных точек), опорных реакций R_{Ti} и некоторых главных конструктивных параметров опорного контура

$$l_i = \sum S_i D_i,$$

где $D_i = f(a_i, R_{Ti})$ – некоторая функция, зависящая от угла разворота и опорных реакций R_{Ti} .

6. Определяются радиусы от динамического центра поворота машины до тележек

$$\rho_i = f(a_i, l_i).$$

7. Производится подстановка новых значений r_i, l_i и сравнение с допустимым отклонением ϵ до установления неравенства:

$$\Delta \Sigma M(\rho_i, l_i) \leq \epsilon \rangle 0.$$

После окончания итерационного процесса принимаются полученные параметры $\rho_i, l_i, S_i, \omega_i$ и определяются силовые и кинематические значения.

Таким образом, алгоритм моделирования сопротивления перемещению экскаватора ходовым движителем должен учитывать весь комплекс сопротивлений передвижению совместно с тяговыми характеристиками электродвигателей ведущих гусеничных тележек.

Библиографические ссылки

1. Беляков Ю. И., Владимиров В. М. Рабочие органы роторных экскаваторов. М. : Машиностроение, 1967.
2. Домбровский Н. Г., Маевский А. Г. Теория и расчет гусеничного движителя землеройных машин. Киев : Техника, 1970.

Е. Е. Miloserdov

CONSTRUCTION OF DYNAMIC MODEL OF RUNNING MOVER OF ROTATING DREDGE

Algorithmization of dynamic model of running mover of running dredge at its moving, the basic schemes and the formulas used at algorithmization of dynamic model are resulted.

Keywords: algorithmization, mover, contour, moment, reaction.

© Милосердов Е. Е., 2010

УДК 551.510.42

А. Б. Ивановский, В. В. Шишов

АЛГОРИТМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИ ВАГАНОВА–ШАШКИНА ФОРМИРОВАНИЯ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ*

Для имитационной модели Ваганова–Шашкина формирования годичных колец древесных растений предложен алгоритм решения проблемы параметризации данной модели в случаях, когда доступна моделируемая сущность. Алгоритм реализован в виде dll-библиотеки (или тех-файла), апробирован на обширном материале. Введено понятие критерия отличия моделируемой древесно-кольцевой хронологии от ее модели. Предложены два новых критерия отличия.

Ключевые слова: модель Ваганова–Шашкина, древесно-кольцевая хронология, алгоритм параметризации, критерий отличия, оптимальные параметры модели.

Модель Ваганова Шашкина формирования годичных колец древесных растений [1; 2; 3] (далее VS-модель) описывает влияние климатических условий на клеточную структуру годичных колец. Основное предназначение модели заключается в использовании ее как инструмента, позволяющего для произвольной индивидуальной или обобщенной древесно-кольцевой хронологии (ДКХ) в

течение набора лет с доступными метеостанционными данными (см. ниже описание входных данных VS-модели): выделить климатически обусловленную компоненту рассматриваемой ДКХ; указать, если качество моделирования рассматриваемой ДКХ VS-моделью удовлетворительно, для произвольных суток данного набора лет, какой из двух факторов – температура воздуха или осад-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-00900-а).