УДК 621.87

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИВОДА ТЯГИ ДРАГЛАЙНА С ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОВША НА ГРУНТ

Крупко В.Г., канд. техн. наук., доц., Алешичев П.В., аспирант,
Донбасская государственная машиностроительная академия

Разработана математическая модель привода тяги драглайна с учетом динамического воздействия на грунт в случае дискретного движения рабочего органа.

The mathematical model of dragline's driving draft taking into account dynamic force to soil in case discontinuous moving of actuator is developed.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Практически во всех странах мира происходит рост объемов земляных работ, требующий создания высокопроизводительной мобильной скоростной землеройной техники: машин, оборудования, инструментов, рабочих органов [1]. Интенсификация земляных работ базируется на создании систем машин как большой единичной мощности и энергоемкости, так и на создании минимашин, позволяющей добиться наибольшей удельной производительности.

Актуальной является проблема поиска новых физических эффектов процесса разрушения и эффективных способов воздействия на рабочие среды; разработка способов интенсификации рабочих процессов землеройных машин.

Анализ исследований и публикаций. В источниках, посвященных динамическому разрушению грунтов [1,3], приведены, схемы для вибрационного, ударного, высокоскоростного разрушения грунтов, основы расчетов. Модели приводов землеройных машин на основе волнового цепного редуктора для импульсного разрушения грунтов ранее не рассматривались.

Постановка задачи. Целью данной работы является построение математической модели привода тяги драглайна с волновым цепным редуктором [2], дополнительными пружинами в узлах крепления ковша, что обеспечивает динамическое разрушение грунта.

Изложение материала и результаты. Без существенной потери точности можно ограничиться представлением привода машины в виде системы с сосредоточенными параметрами, т.е. системы, в которой инерционные свойства присущи только твердым телам, упругие – невесомым упругим элементам, а диссипативные – демпферам [3]. В этом случае система имеет конечное число степеней свободы и ее расчет значительно упрощается.

Опишем исследуемую систему. Исполнительный орган (ковш драглайна) движется по горизонтальной негладкой поверхности вдоль оси X в системе координат (рисунок 1), на который действует сила трения-скольжения ($F_{т.с.}$), сила сопротивления грунта ($F_{с.г.}$), сила упругости пружины ($F_п$), сила резания ($F_р$), сила тяжести (P).

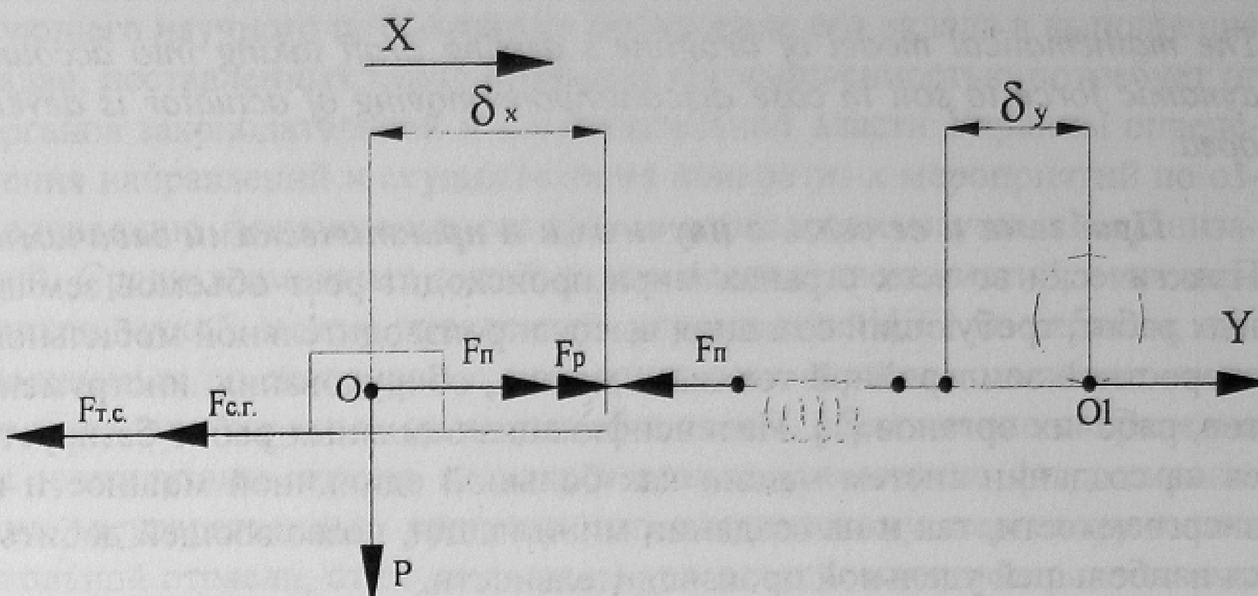

Рисунок 1 Расчетная схема привода тяги драглайна

Для определения кинетической энергии системы составим уравнения Лагранжа II-го рода [4]. Очевидно, что система имеет две степени свободы, следовательно, нужно задать два параметра для описания закона движения системы. Канат примем как тонкий и невесомый [1], движущийся со скоростью v(t).

Определим систему координат OX, центр которой находится в точке O (центр масс ковша). Положим, что движение рабочего органа происходит в положительном направлении оси OX.

Определим обобщенные координаты: в качестве первой координаты прием x – перемещение центра масс ковша, а в качестве второй – y – рабочая длина каната (расстояние от узла крепления с исполнительным органом до точки набегания каната непосредственно на барабан).

В обобщенных координатах уравнения движения системы записываются в виде

$$\frac{d}{dt}\cdot\frac{\partial t}{\partial \dot{x}}-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x \tag{1}$$

$$\frac{d}{dt}\cdot\frac{\partial T}{\partial \dot{y}}-\frac{\partial T}{\partial y}=Q_y, \tag{2}$$

где y, x – обобщенные координаты; Q_x, Q_y – обобщенные силы.

Для определения обобщенных сил исходим из того, что сумма работ обобщенных сил на обобщенных перемещениях равна нулю.

В силу независимости обобщенных координат x и y рассмотрим два варианта возможных перемещений системы, предварительно задав виртуальные перемещения системы как $\delta x, \delta y$: 1) $\delta x \neq 0, \delta y = 0$; 2) $\delta x = 0, \delta y \neq 0$.

Вариант 1. Определим δA - виртуальную сумму работ действующих сил на виртуальные перемещения $\delta x, \delta y$ при $\delta x \neq 0, \delta y = 0$. Тогда

$$\delta A = F_{т.с.}\cdot\delta x + F_{с.г.}\cdot\delta x - F_n\cdot\delta x - F_p\cdot\delta x \tag{3}$$

$$\delta A = f\cdot m\cdot g\cdot\delta x + F_{с.г.}\cdot\delta x - k(l_0 - x)\cdot\delta x - F_p\cdot\delta x, \tag{4}$$

где l_0 - статическое растяжение пружины;

f - коэффициент трения-скольжения.

$$\delta A = \delta x\lfloor fmg + F_{с.г.} - F_p - kl_0 + kx\rfloor, \tag{5}$$

где k - жесткость пружины.

Выражение в квадратных скобках (5) есть обобщенная сила Q_x, подставляя в уравнение (1) получим

$$\frac{d}{dt}\cdot\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}-\frac{\partial T}{\partial x}= fmg + F_{с.г.} - F_p - kl_0 + kx \tag{6}$$

Значение l_0 определяется исходя из условий равновесия системы

$$F_{т.с.} + F_{с.г.} - F_p = l_0 k \tag{7}$$

$$fmg + F_{с.г.} - F_p = l_0 k \tag{8}$$

Учитывая выражение (8) приводим уравнение (6) к следующему виду

$$\frac{d}{dt}\cdot\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}-\frac{\partial T}{\partial x}=kx \qquad (9)$$

Вариант 2. Определим δA - виртуальную сумму работ действующих сил на виртуальные перемещения $\delta x, \delta y$ при $\delta x = 0, \delta y \neq 0$. Тогда

$$\delta A = -kl_0 \cdot \delta y \qquad (10)$$

Следовательно

$$\frac{d}{dt}\cdot\frac{\partial T}{\partial \dot{y}}-\frac{\partial T}{\partial y}=-kl_0=-F_{m.c.}-F_{c.г.}+F_p \qquad (11)$$

Выражения, приведенные как (9) и (11) δA - виртуальные суммы работ действующих сил на виртуальные перемещения позволяют решить задачу об определении параметров, влияющих на процесс динамического разрушения грунта с учетом прерывистого движения рабочего органа.

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученные данные позволяют судить о положительном влиянии на процесс копания динамического воздействия, волнового цепного редуктора и пружин узла крепления ковша. Решение полученных уравнений позволит определить оптимальные параметры привода тяги драглайна для динамического разрушения грунта, а также продолжить исследования системы «привод землеройной машины – рабочий орган – грунт».

Список источников

1. Баладинский В.Л., Абрашкевич Ю.Д. Механика динамического разрушения грунтов. – К.: Техника строительства, 1999. – 160с.
2. Крупко В.Г., Алешичев П.В. Применение волновых цепных передач для приводов горных машин. Сборник научных трудов Национального горного Университета, №19, том5. - Днепропетровск, 2004. – 320с.
3. Панкратов С.А. Динамика машин для открытых горных и землеройных работ. – М.: Машиностроение, 1967. – 448с.
4. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах, в 2х томах, т.2 Динамика. – М.: Наука, 1972. – 524с.