

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.87

Алешичев П. В.

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИДЕАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОЛНОВОГО ЦЕПНОГО ПРИВОДА
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ**

Динамический расчет механических систем выполняется с целью определения динамических перемещений, скоростей, ускорений, усилий и напряжений, а также оптимальных параметров этих систем (масс, характеристик упругих и демпфирующих элементов, размеров, геометрической структуры) [1]. Ограничения на перемещения, скорости, ускорения, усилия и напряжения в элементах систем определяются технологическими требованиями и прочностью материалов.

Данные динамического анализа являются основой для расчета каждого элемента системы на прочность, выносливость и надежность, для выбора типа и параметров приводов, а также характеристик упругих элементов, демпферов, муфт и др.

В источниках, посвященных динамическим процессам и созданию математических моделей приводов землеройных машин [1–7] приведены классические схемы для статического разрушения грунтов, основы расчетов. Идеализированные системы для динамических и математических расчетов при проектировании приводов землеройных машин на основе волновой цепной передачи ранее не рассматривались.

Целью данной работы является построение и дальнейшее исследование идеализированной системы для динамического расчета привода землеройных машин на основе волновой цепной передачи.

При исследовании динамики механических систем решаются следующие основные задачи: определяются собственные частоты и формы колебаний, кинематические параметры, усилия в элементах, характеристики – амплитудочастотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ), а также анализируется устойчивость систем [1].

Важнейший этап динамического расчета — идеализация системы, т. е. выбор динамической модели объекта, которая должна быть достаточно простой. Большинство методов расчета различается по способам идеализации геометрической структуры системы, распределения масс, жесткостей и нагрузки, а также по методам составления матриц инерции, жесткости и демпфирования. Основными способами идеализации являются: расчленение системы на простые элементы, переход от систем с распределенными параметрами к системам с сосредоточенными параметрами, уменьшение числа степеней свободы системы, идеализация возмущающих сил и сил сопротивлений, линеаризация нелинейных систем.

Задача идеализации системы является сложной для реальных конструкций, если необходимо получить систему с возможно меньшим числом степеней свободы и в то же время не нарушить качественную картину динамических эффектов. Решение задачи часто зависит от интуиции исследователя, сохраняющего существенные связи в структуре системы и отбрасывающего малосущественные, от результатов экспериментов и анализа упрощенной модели.

Достаточно точно – представление реальной машины в виде системы с распределенными параметрами, в которой инерционные, упругие и диссипативные свойства распределены по всему объему ее элементов.

Понятие о сосредоточенных и распределенных параметрах относится не только к механическим, но и к электрическим, гидравлическим и другим подсистемам, которые являются частями машины.

Что касается динамического расчета механической части привода, то желательно, чтобы этот расчет велся в совокупности с динамическим расчетом всей машины и, кроме того, с учетом электромагнитных, гидравлических и других параметров приводов. Однако нередко бывает достаточно рассмотреть механическую часть привода отдельно, зная моменты двигателей и моменты сопротивления на выходных валах, в функции обобщенных координат, обобщенных скоростей и времени [1]. Перейдем к идеализации механической системы.

На рис. 1 показана исходная расчетная схема привода землеройной машины для статического разрушения грунта.

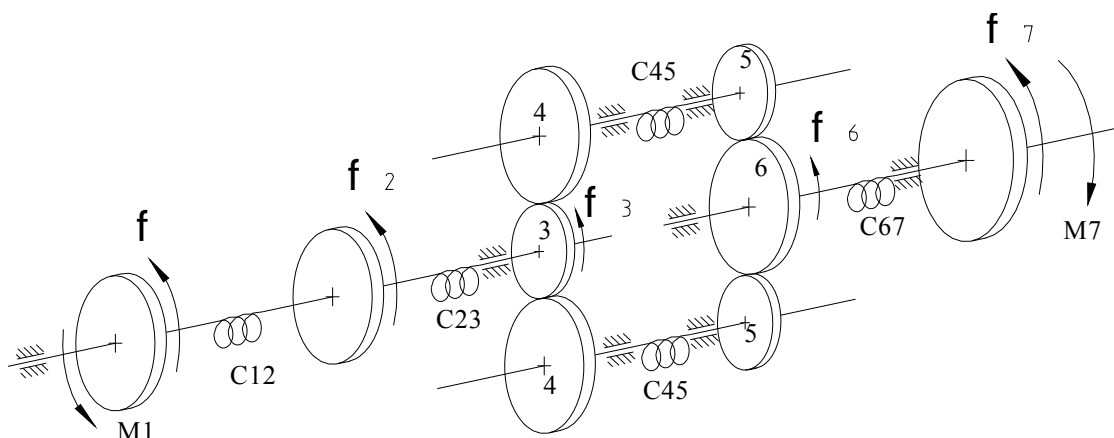


Рис. 1. Исходная расчетная схема привода землеройной машины:

1 – двигатель; 2 – муфта; 3–6 – зубчатые колеса; 7 – исполнительный орган

Тогда расчетная схема для привода на основе волнового цепного редуктора будет иметь вид, показанный на рис. 2.

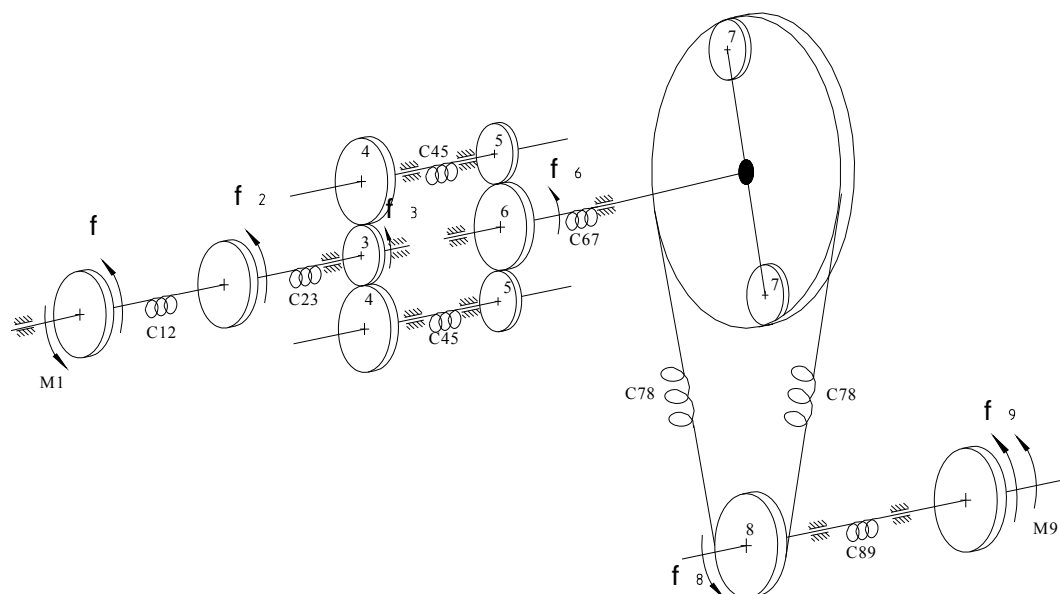


Рис. 2. Расчетная схема привода землеройной машины с волновой цепной передачей:

1 – двигатель; 2 – муфта; 3–6 – зубчатые колеса; 7 – катки; 8 – приводная звездочка; 9 – исполнительный орган

Часто без существенной потери точности можно ограничиться представлением 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. В этом случае система имеет конечное число степеней свободы и ее расчет значительно упрощается.

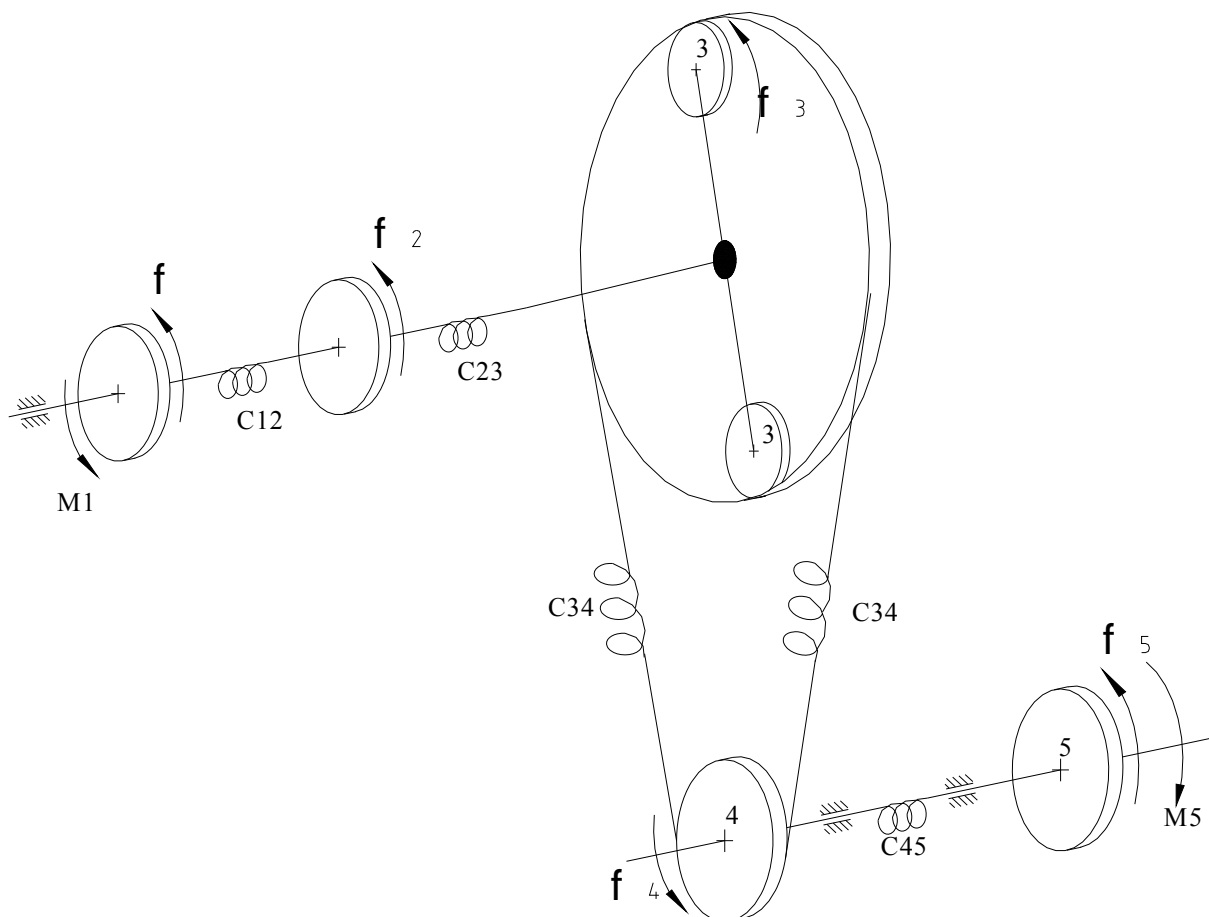


Рис. 3. Схема идеализированной механической системы привода землеройной машины с волновой цепной передачей

Составим дифференциальные уравнения движения этой системы (рис. 3), имеющей пять степеней свободы, пользуясь наиболее удобным для этой цели методом Лагранжа. Кинетическая T и потенциальная Π энергии и обобщенные силы Q_i системы имеют вид:

$$\begin{cases} T = 0,5[I_1 \dot{\varphi}_1^2 + I_2 \dot{\varphi}_2^2 + I_3 \dot{\varphi}_3^2 + 2I_4 i_{43}^2 \dot{\varphi}_3^2 + 2I_5 \dot{\varphi}_6^2 + i_{65}^2 + I_6 \dot{\varphi}_6^2 + I_7 \dot{\varphi}_7^2]; \\ \Pi = 0,5[c_{12}(\varphi_2 - \varphi_1)^2 + c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2)^2 + 2c_{45}(\frac{\varphi_{65}}{i_{65}} - i_{43}\varphi_3)^2 + c_{67}(\varphi_7 - \varphi_6)^2]; \\ Q_1 = M_1; Q_2 = Q_3 = Q_6 = 0; Q_7 = -M_7, \end{cases} \quad (1)$$

где I_j – момент инерции j -го элемента системы (зубчатого колеса, вала, муфты и т. д.) относительно оси вращения элемента;

φ_j – углы поворота, принятые за обобщенные координаты;

$\dot{\varphi}_i$ – обобщенные скорости;

$i_{\alpha\beta} = \omega_{\alpha} / \omega_{\beta}$ – передаточное отношение соответствующей передачи;

ω – угловая скорость;

c_{jk} – коэффициент жесткости вала при кручении, равный GI_p / l – модуль сдвига;

I_p – полярный момент инерции сечения вала;

l – длина вала;

M_1 – вращающий момент на валу двигателя;

M_7 – момент сопротивления на выходном валу, связанном с исполнительным органом машины.

Кинетической энергией распределенных масс валов пренебречь нельзя, она может быть приближенно вычислена так же, как, например, для вала 67, по формуле:

$$T_{67} = I_{67} (\dot{\varphi}_6^2 + \dot{\varphi}_6 \cdot \dot{\varphi}_7 + \dot{\varphi}_7^2) / 6. \quad (2)$$

Используя уравнения Лагранжа, получаем дифференциальные уравнения движения системы (рис. 3):

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 - c_{12}(\varphi_2 - \varphi_1) = M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12}(\varphi_2 - \varphi_1) - c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) = 0; \\ (I_3 + 2I_4 i_{43}^2) \ddot{\varphi}_3 + c_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) - 2c_{45} i_{43}(\varphi_6 / i_{65} - i_{43} \varphi_3) = 0; \\ (2I_5 i_{65}^2 + I_6) \ddot{\varphi}_3 + 2c_{45}(\varphi_6 / i_{65} - i_{43} \varphi_3) / i_{65} - c_{67}(\varphi_7 - \varphi_6) = 0; \\ I_7 \ddot{\varphi}_7 - c_{67}(\varphi_7 - \varphi_6) = -M_7. \end{cases} \quad (3)$$

ВЫВОДЫ

Анализ данных, которые определяются при проведении динамического расчета в полном объеме, позволят судить о собственных частотах и формах колебаний, кинематических параметрах, усилиях в элементах привода землеройной машины. Эти данные являются необходимыми при проектировании землеройной машины, учитывая взаимосвязи системы «привод-рабочий орган-грунт».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подэрни Р. Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ. Т. 1 / Р. Ю. Подэрни. – М. : МГТУ, 2001. – 424 с.
2. Панкратов С. А. Динамика машин для открытых горных и землеройных работ / С. А. Панкратов. – М. : Машиностроение, 1967. – 448 с.
3. Баладинский В. Л. Механика динамического разрушения грунтов / В. Л. Баладинский, Ю. Д. Абрашкевич. – К. : Техника строительства, 1999. – 160 с.
4. Баловнев В. И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1974. – 232 с.
5. Зеленин А. Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов / А. Н. Зеленин, Г. Н. Карасев, Л. В. Красильников. – М. : Высшая школа, 1969. – 312 с.
6. Многофакторные исследования рабочего процесса ковша экскаватора с гидроуправляемой челюстью / Л. А. Хмара, В. И. Курочка // Научные работы ПНАС и А. – 2005. – № 99. – С. 80–85.
7. Построение математической модели привода тяги драглайна с динамическим воздействием ковша на грунт / В. Г. Крупко, П. В. Алешичев // Научные работы ДонНТУ. – 2005. – № 99. – С. 148–151.