

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Е. В. Мазепин

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научные руководители: Т. А. Трохова, В. Б. Попов

В настоящее время современная наука и промышленное производство предъявляют повышенные требования к математическому моделированию сельскохозяйственных агрегатов. Компьютерное моделирование этих технических объектов позволяет в сжатые сроки с достаточно большой точностью провести исследование практически любой технической системы, установить «работоспособные» параметры, режимы работы, надежность и долговечность системы. Следует отметить, что данный метод исследования динамики сельхозмашин отличается относительно низкой себестоимостью. Наиболее качественным и доступным программным инструментом для исследования математических моделей сельскохозяйственных агрегатов являются системы компьютерной математики (СКМ) – MathCad, Maple, Matlab.

Данная работа посвящена исследованию динамических нагрузок в трансмиссии трактора в двух СКМ – MathCad и Matlab.

При исследовании динамических нагрузок в трансмиссии трактора вместо реального МТА принимается эквивалентная ему в динамическом отношении расчетная модель, в состав которой входят маховые массы, заменяющие отдельные вращающиеся и поступательно движущиеся массы тракторного агрегата, фрикционные элементы, имитирующие работу сцепления и буксование движителя трактора, упругие элементы, характеризующие податливости деталей трансмиссии, движителя и сцепки трактора с сельскохозяйственной машиной или орудием. Для соблюдения динамического подобия расчетной модели маховые массы выбираются так, чтобы кинетическая энергия каждой из них была равна кинетической энергии заменяемой ею массы тракторного агрегата [1], [2].

Исследование динамических нагрузок в трансмиссии трактора было проведено на шестимассовой расчетной модели (рис. 1).

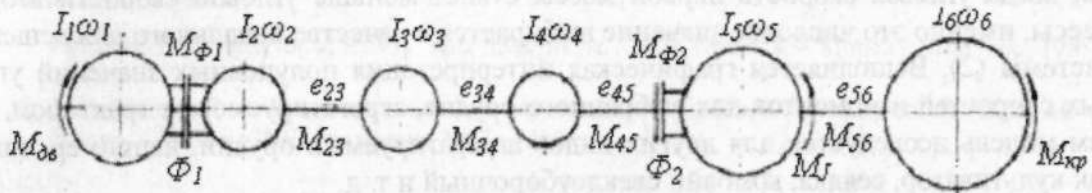


Рис. 1. Динамическая система тракторного агрегата: I_i – моменты инерции маховых масс, приведенные к коленчатому валу двигателя, из которых I_1 имитирует вращающиеся и возвратно-поступательно движущиеся массы двигателя и ведущие детали сцепления; I_2 – вращающиеся детали ведомой части сцепления; I_3 – вращающиеся детали трансмиссии; I_4 – вращающиеся массы движителя; I_5 – поступательно движущуюся массу трактора; I_6 – вращающиеся и поступательно движущиеся массы агрегатируемой машины; Φ_1 – фрикционная муфта, имитирующая работу сцепления; Φ_2 – фрикционная муфта, имитирующая буксование движителя трактора; e_{ij} – крутильные податливости, приведенные к коленчатому валу двигателя, из них e_{23} – суммарная податливость трансмиссии; e_{34} – податливость привода от ведомой шестерни главной передачи к ведущим колесам; e_{45} – податливость движителя и грунта; e_{56} – податливость тягово-сцепного устройства трактора

Математическая модель трансмиссии представлена системой дифференциальных уравнений, которая модифицируется следующим образом. Если сцепление буксует ($\varphi_i \neq \omega_i$), то система имеет вид (1), если сцепление не буксует ($\varphi_i = \omega_i$), система имеет вид (2).

Система ДУ 1:

$$\begin{aligned} I_1 \dot{\omega}_1 &= M_{\text{дв}} - M_{\Phi_1}; \\ I_2 \dot{\omega}_2 &= M_{\Phi_1} - M_{23}; \\ \dot{M}_{23} e_{23} &= \omega_2 - \omega_3; \\ \dot{M}_{34} e_{34} &= \omega_3 - \omega_4; \\ \dot{M}_{45} e_{45} &= \omega_4 - \omega_5; \\ \dot{M}_{56} e_{56} &= \omega_5 - \omega_6; \\ I_3 \dot{\omega}_3 &= M_{23} - M_{34}; \\ I_4 \dot{\omega}_4 &= M_{34} - M_{45}; \\ I_5 \dot{\omega}_5 &= M_{45} - M_{56} - M_f; \\ I_6 \dot{\omega}_6 &= M_{56} - M_{\text{кр}}. \end{aligned}$$

Система ДУ 2:

$$\begin{aligned} (I_1 + I_2) \dot{\omega}_1 &= M_{\text{дв}} - M_{23}; \\ \dot{M}_{23} e_{23} &= \omega_2 - \omega_3; \\ \dot{M}_{34} e_{34} &= \omega_3 - \omega_4; \\ \dot{M}_{45} e_{45} &= \omega_4 - \omega_5; \\ \dot{M}_{56} e_{56} &= \omega_5 - \omega_6; \\ I_3 \dot{\omega}_3 &= M_{23} - M_{34}; \\ I_4 \dot{\omega}_4 &= M_{34} - M_{45}; \\ I_5 \dot{\omega}_5 &= M_{45} - M_{56} - M_f; \\ I_6 \dot{\omega}_6 &= M_{56} - M_{\text{кр}}. \end{aligned}$$

На маховые массы расчетной модели действуют моменты, приведенные к коленчатому валу двигателя: $M_{\text{дв}}$ – момент, развиваемый двигателем; M_f – момент сопротивления движению трактора; $M_{\text{кр}}$ – момент сопротивления агрегатируемой сельскохозяйственной машины или орудия. Момент M_{45} , развиваемый ведущими колесами трактора, ограничен моментом их сцепления с опорной поверхностью M_{Φ_2} .

Алгоритм реализации и исследования модели в системе MathCAD заключается в следующем: после ввода исходных данных осуществляется решение системы (1) с помощью функции `gkfixed`, затем выполняется анализ и вычисление значения време-

ни, когда угловая скорость первой массы станет меньше угловой скорости второй массы, именно это числовое значение выбирается в качестве начального для решения системы (2). Выполняется графическая интерпретация полученных значений угловых скоростей и моментов для выбранного орудия, агрегируемого с трактором. Затем модель исследуется для других видов агрегируемых орудий, например, таких как культиватор, сеялка, комбайн свеклоуборочный и т. д.

В системе Matlab для решения задачи создан удобный пользовательский интерфейс, который помогает ввести исходные данные либо с клавиатуры, либо загрузить их из заранее подготовленного файла, выбрать тип навесного орудия, агрегируемого с трактором, произвести расчет параметров орудия и вывести результаты расчетов в графическом виде. Интерфейс создавался с помощью специальной утилиты GUID, которую содержит Matlab. Дальнейший алгоритм реализации модели совпадает с алгоритмом, опробованным в MathCAD, но преимуществом реализации модели в Matlab является возможность перехода на блочный метод моделирования в Simulink, который более нагляден и удобен при решении моделей, описываемых системами уравнений, подобных (1) и (2). Дальнейшее развитие работы предполагает создание такой блочной модели, подключение ее к графическому интерфейсу и сравнение полученных результатов моделирования. На рис. 2 приведен вид одного из окон графического интерфейса системы моделирования динамических нагрузок в трансмиссии трактора.

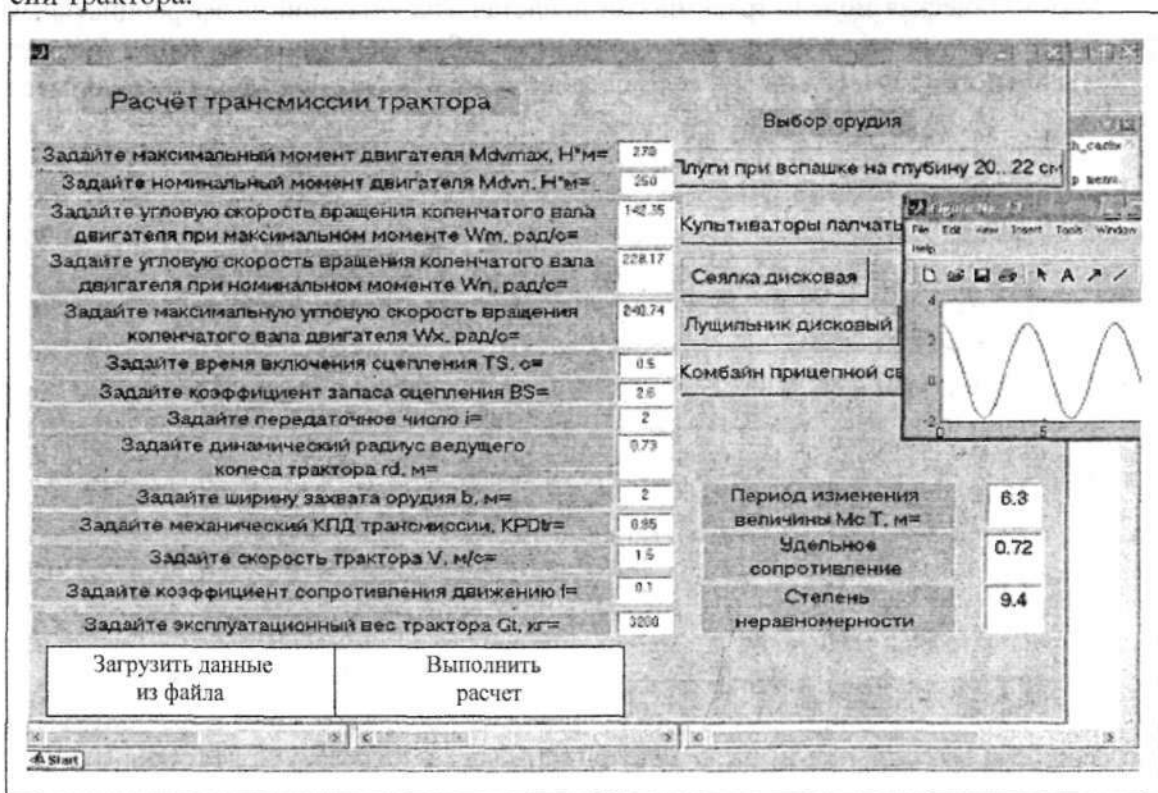


Рис. 2. Вид окна графического интерфейса

Выполненная работа показала, что в СКМ достаточно эффективно можно исследовать динамические нагрузки в трансмиссии трактора с различными видами агрегируемых сельхозорудий, подобрать параметры элементов трансмиссии, используя визуальное отображение результатов выполняемых исследований в графическом виде.

Литература

1. Гуськов, В. В. Тракторы. Ч. VII : лаб. практикум. / В. В. Гуськов. – Минск : Выш. шк., 1988. – 384 с.
2. Молибошко, Л. А. Компьютерное моделирование автомобилей : учеб. пособие / Л. А. Молибошко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2007. – 280 с.