

УДК 001.891.572.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИИ  
МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

Колядин П.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: Koljadinpawel@gmail.com

**Аннотация:** В работе рассмотрено мобильное средство химизации на шинах сверхнизкого давления. Определена динамическая схема трансмиссии мобильного средства. По составленной схеме написана система дифференциальных уравнений. Рассмотрены дальнейшие перспективы работы в данном направлении.

**Ключевые слова:** моделирование, шины сверхнизкого давления, динамическая модель, трансмиссия, дифференциальные уравнения.

MODELING OF DYNAMIC LOADS IN TRANSMISSION  
MOBILE ENERGY MEANS

Kolyadin P.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: Koljadinpawel@gmail.com

**Summary:** The work considers a mobile chemicalization tool on ultra-low pressure tires. The dynamic transmission scheme of the mobile device is determined. According to the compiled scheme, a system of differential equations is written. Further prospects of work in this direction are considered.

**Keywords:** modeling, ultra-low pressure tires, dynamic model, transmission, differential equations.

**Введение**

В настоящее время большое внимание при эксплуатации различных транспортных средств уделяется безопасности водителя. Одним из таких показателей является уровень вибрации на сиденье оператора, на полу кабины и рабочих органах управления мобильным средством.

Большое внимание современные исследователи уделяют влиянию возмущающих воздействий неровностей поверхности качения движителя на транспортное средство через подвеску. Это рассматривается в работах [1-4]. Однако на вибронагруженность влияет не только параметры неровностей и характеристики подвески, а также влияние оказывает и конструкция трансмиссии мобильного средства.

#### **Цель исследования**

В работах [5-7], написанных ранее, не рассматривается влияние колебаний трансмиссии на вибронагруженность различных элементов подрессоренной массы транспортного средства и сиденья оператора. Для уточнения показателей вибрации в кабине мобильного средства необходимо разработать динамическую модель трансмиссии.

#### **Материал и методы исследования**

Исследование основано на результатах работ различных отечественных и зарубежных ученых. Работа предполагает моделирование отдельных элементов трансмиссии с целью дальнейшего компьютерного моделирования.

#### **Объект исследования**

В статье рассматривается мобильное энергетическое средство на шинах сверхнизкого давления МЭС-400 (рис. 1), имеющего колесную формулу  $4 \times 4$ . Трансмиссия имеет в своем составе сцепление, коробку передач, раздаточную коробку 2 ведущих моста и 4 ведущих колеса.



Рисунок 1 – Мобильное средство химизации на шинах сверхнизкого давления МЭС-400

### Результаты исследования и их обсуждение

Для исследования влияния показателей трансмиссии на виброн нагруженность транспортного средства необходимо составить динамическую схему (рис. 2). На основе составленной схемы с использованием принципа Даламбера составим эквивалентную трансмиссии систему дифференциальных уравнений:

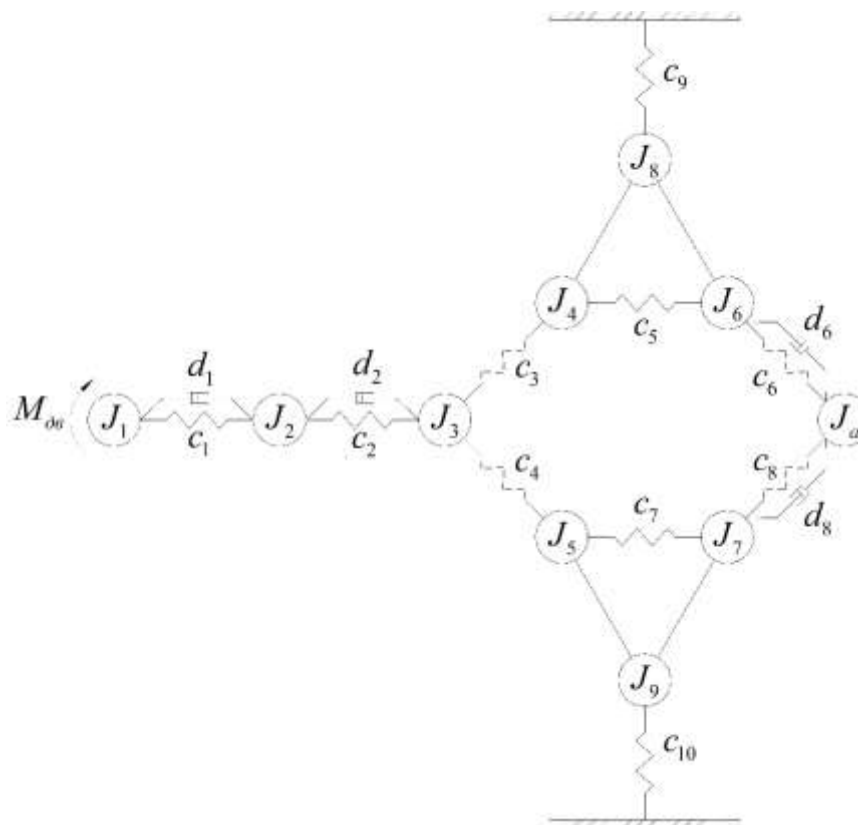


Рисунок 2 – Расчетная динамическая схема трансмиссии мобильного средства химизации на шинах сверхнизкого давления

где  $J_1$  – момент инерции маховика, вращающихся частей двигателя и ведущих частей сцепления;  $J_2$  – момент инерции вращающихся частей коробки передач и ведомых частей сцепления;  $J_3$  – момент инерции вращающихся частей раздаточной коробки;  $J_4$  – момент инерции передней карданной передачи с ведущей и ведомой шестернями главной передачи переднего моста и дифференциалом;  $J_5$  – момент инерции задней карданной передачи с ведущей и ведомой шестернями главной передачи заднего моста и дифференциалом;  $J_6$  – момент инерции передних колес и тормозных механизмов;  $J_7$  – момент инерции задних колес и тормозных механизмов;  $J_8$  – момент инерции балки переднего моста относительно оси вращения колес;  $J_9$  – момент инерции балки заднего моста относительно оси вращения колес;  $J_a$  – момент инерции поступательно движущейся

массы автомобиля;  $c_1$  – крутильная жесткость первичного вала коробки передач;  $c_2$  – крутильная жесткость карданной передачи и вторичного вала;  $c_3$  – крутильная жесткость карданной и главной передач переднего моста;  $c_4$  – крутильная жесткость карданной и главной передач заднего моста;  $c_5$  – крутильная жесткость полуосей переднего моста;  $c_6$  – крутильная тангенциальная жесткость передних колес;  $c_7$  – крутильная жесткость полуосей заднего моста;  $c_8$  – крутильная тангенциальная жесткость задних колес;  $c_9$  – крутильная жесткость переднего моста;  $c_{10}$  – крутильная жесткость заднего моста;  $d_1, d_2, d_6, d_8$  – коэффициенты демпфирования на соответствующих участках;  $M_{ДВ}$  – крутящий момент двигателя;  $\varphi_1 - \varphi_9, \varphi_a$  – углы мгновенного поворота, соответствующие каждому из моментов инерции.

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_C - c_1 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - d_1 \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = c_1 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + d_1 \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - c_2 \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) - d_2 \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3); \\ J_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 = c_2 \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) + d_2 \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - c_3 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) - c_4 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4); \\ J_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 = c_3 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) - c_5 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4 + \varphi_8); \\ J_5 \cdot \ddot{\varphi}_5 = c_4 \cdot (\varphi_3 - \varphi_5) - c_7 \cdot (\varphi_5 - \varphi_7 + \varphi_9); \\ J_6 \cdot \ddot{\varphi}_6 = M_1 + c_5 \cdot (\varphi_4 - \varphi_6 + \varphi_8) - c_6 \cdot (\varphi_6 - \varphi_a) - d_6 \cdot (\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_a); \\ J_7 \cdot \ddot{\varphi}_7 = M_2 + c_7 \cdot (\varphi_5 - \varphi_7 + \varphi_9) - c_8 \cdot (\varphi_7 - \varphi_a) - d_8 \cdot (\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_a); \\ J_8 \cdot \ddot{\varphi}_8 = c_5 \cdot (\varphi_4 - \varphi_6 + \varphi_8) - c_9 \cdot \varphi_8; \\ J_9 \cdot \ddot{\varphi}_8 = c_7 \cdot (\varphi_5 - \varphi_7 + \varphi_9) - c_{10} \cdot \varphi_9; \\ J_a \cdot \ddot{\varphi}_a = c_8 \cdot (\varphi_7 - \varphi_a) + d_8 \cdot (\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_a) + c_6 \cdot (\varphi_6 - \varphi_a) + d_6 \cdot (\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_a). \end{array} \right. \quad (1)$$

Составленную схему трансмиссии и систему дифференциальных уравнений необходимо в дальнейшем упростить и провести имитационное компьютерное моделирование.

### Выводы

По результатам работы составлена расчетная динамическая схема трансмиссии мобильного средства химизации на шинах сверхнизкого давления. Составлена система дифференциальных уравнений, эквивалентная трансмиссии. В дальнейшем планируется объединить динамические модели влияния неровно-

стей на транспортное средство и данной разработанной модели для более точного описания влияния вибрации на подрессоренную массу мобильного средства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прядкин, В. И. Моделирование взаимодействия высокоэластичной шины с неровностью дороги [Текст] / В. И. Прядкин, З. А. Годжаев // М. : Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2014. – № 1. – С. 16-18.

2 Прядкин, В. И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] / В. И. Прядкин, З. А. Годжаев // Технология колесных и гусеничных машин. – М. : Научно-исследовательский институт конструкций автомобилей – 2014. – № 6. – С. 33-39.

3 Goncharenko, S. V. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1 : vertical and lateral loads [Text] / S. V. Goncharenko, V. I. Pryadkin // International Polymer Science and Technology. – 2011. – Т. 38. № 12. – С. 24-26.

4 Прядкин, В. И. Эффективность применения широкопрофильных шин на мобильных транспортно-технологических средствах [Текст] / В. И. Прядкин., Г. С. Гурылев, А. В. Русанов, Г. А. Клысак // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте : проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж. : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова – 2014. – С. 298-303.

5 Колядин, П. А. Уточненная модель динамической системы мобильного средства с применением элементов подрессоривания кабины оператора [Текст] / П. А. Колядин // Воронежский научно-технический вестник. – Воронеж : ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова. – 2019. – Т. 1, № 1 (27). – С. 53-59. Режим доступа : <http://vestnikvglta.ru/arhiv/2018/4-4-26-2018/105-110.pdf> – Загл. с экрана.

6 Прядкин, В. И. Моделирование плавности хода мобильного средства малой грузоподъемности, оборудованного шинами сверхнизкого давления [Текст] / В. И. Прядкин, П. А. Колядин // Национальная научно-практическая конференция «Современные проблемы прикладных и фундаментальных исследований в лесном хозяйстве и природопользовании». – Воронеж : ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова. – 2018. – С. 252-256.

7 Колядин, П. А. К вопросу моделирования автомобильных систем подрессоривания [Текст] / П. А. Колядин, В. И. Прядкин // «Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе», сборник статей Всероссийской научно-практической конференции Воронеж : АНО ВО «Автомобильно-транспортный институт» – 2019. – С. 121-125. Режим доступа : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38537383\\_27270181.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38537383_27270181.pdf).