

УДК: 629.11.02/98

УТОЧНЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ
ПОДРЕССОРИВАНИЯ КАБИНЫ ОПЕРАТОРА

Колядин П.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: koljadinpawel@gmail.com

Аннотация: В статье описано воздействие вибрации в кабине оператора мобильного средства на шинах сверхнизкого давления. Также предоставлена информация по воздействию вибрации на уровень комфорта оператора. Составлена уточненная динамическая модель мобильного средства малой грузоподъемности с учетом воздействия опор кабины на вибронагруженность на полу кабины и сидении водителя. Даны выводы о целесообразности применения уточненной модели.

Ключевые слова: мобильное средство, колебательная система, шины сверхнизкого давления, колебания.

REFINED MODEL OF THE DYNAMIC SYSTEM OF MOBILE MEANS WITH
THE USE OF ELEMENTS OF SUSPENSION OF THE OPERATOR'S CABIN

Kolyadin P.A.

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

Email: koljadinpawel@gmail.com

Summary: The article describes the effect of vibration in the mobile operator's cab on ultra-low pressure tires. Information is also provided on the effects of vibration on operator comfort levels. A refined dynamic model of a small-capacity mobile vehicle has been compiled, taking into account the effect of cabin supports on the vibration load on the cab floor and driver's seat. Conclusions about the expediency of applying the updated model are given.

Keywords: mobile device, oscillatory system, ultra-low pressure tires, vibrations.

Введение. В настоящее время довольно большое внимание уделяется увеличению параметров эффективности мобильных средств различного назначения. Одним из способов увеличения эффективности мобильных средств является повышение их рабочих скоростей, которые составляет общую техническую основу увеличения ее производительности и интенсификации использования, способствует успешному развитию механизации сельскохозяйственного производства, повышает эффективность материально-технической базы. Необходимо отметить, что повышение рабочих скоростей движения не противоречит, а способствует получению наиболее полного эффекта от реализации известных направлений увеличения производительности при выполнении работ [6, 8].

Однако в последнее время также уделяется и безопасности выполнения работ. Виброускорения, передаваемые от неровностей поверхности качения на сиденье оператора негативно влияют на комфорт и самочувствие водителя транспортного средства (табл. 1). При превышении предельно допустимых показаний виброускорений, зависящих от индивидуальных физиологических особенностей отдельного оператора, возникает болезнь движения, которая может проявляться по-разному. Согласно ГОСТ 31191.1-2004 и ГОСТ 31193-2004 для сидящего или стоящего человека вибрация представляет собой особый фактор риска. В нормативных документах, указанных выше, дается значительный перечень различных заболеваний позвоночника и других органов, вызываемых вибрацией при различных частотах [1, 2]. Максимально снизив влияние этого фактора, позволит увеличить трудоспособность водителя и его самочувствие (комфорт).

Таблица 1 – Влияние вибрации на степень комфорта

| Виброускорение, м/с ² | Ощущение комфорта |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Менее 0,315 | дискомфорт не ощущается |
| От 0,315 до 0,63 | легкое ощущение дискомфорта |
| От 0,5 до 1 | приемлемое ощущение дискомфорта |
| От 0,8 до 1,6 | отчетливое ощущение дискомфорта |
| От 1,25 до 2,5 | ощущение сильного дискомфорта |
| Свыше 2 | крайняя степень дискомфорта |

Оператор мобильного средства воспринимает вибрацию от неровностей через различные органы управления транспортным средством. Вибрацию измеряют в направлении осей системы координат с центром в точке контакта тела человека с вибрирующей поверхностью. Основные базицентрические системы координат показаны на рисунке 1. Как видно одним из мест передачи воздей-

ствия низкочастотных колебаний является пол кабины оператора. Воздействие различных негативных факторов, влияющих на комфорт, заставляет водителя инстинктивно уменьшать рабочую скорость, что негативно сказывается на экономической эффективности выполнения работ [5].

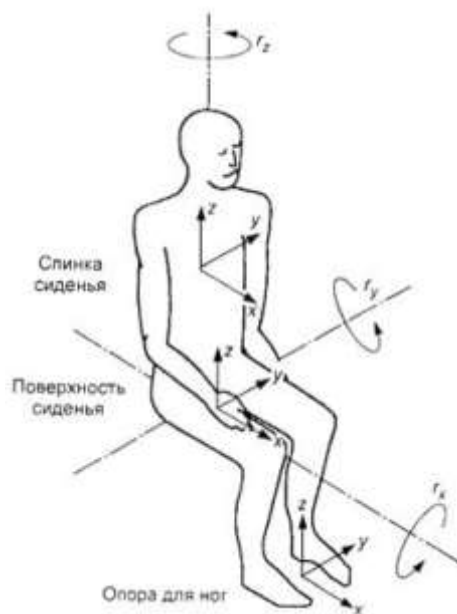


Рисунок 1 – Базицентрическая система координат для тела человека в положении сидя

Цель исследования. Уточнение существующей модели колебательной системы мобильного энергетического средства на шинах сверхнизкого давления. Данная модель позволит получить более достоверные результаты компьютерного моделирования при конструировании мобильных средств.

Материалы и методы исследования.

В данной работе в качестве объекта исследования было выбрано мобильное энергетическое средство на шинах сверхнизкого давления (рис. 2). В двигателе нами не учитываются сглаживающие свойства шины. Подвеска независимая, пружинная. Особенность мобильного средства является вынесенное далеко за ось передних колес вперед кабина оператора (рис. 3). Кабина установлена на специальных опорах, влияние которых на плавность хода нами не учитывалось в предыдущих работах [3, 4]. Сиденье неподрессоренное. Для упрощения дальнейших расчетов были предложены некоторые допущения. Характеристики упругих элементов и гасителей колебаний – линейны. Изгибы несущей конструкции и рамы – незначительны. Опорная поверхность – недеформируемая.



Рисунок 2 – Мобильное энергетическое средство на шинах сверхнизкого давления



Рисунок 3 – Опора кабины

Результаты исследования и их обсуждение. Была составлена динамическая модель мобильного средства на шинах сверхнизкого давления (рис. 4). Особенность данной модели является получение значений виброускорений не только на сиденье оператора, но и на полу кабины. В дальнейшем планируется составить, упростить и решить дифференциальные уравнения, указанные в работе [3] с учетом новых нововведений. Решение данного технического решения основано на работе [7].

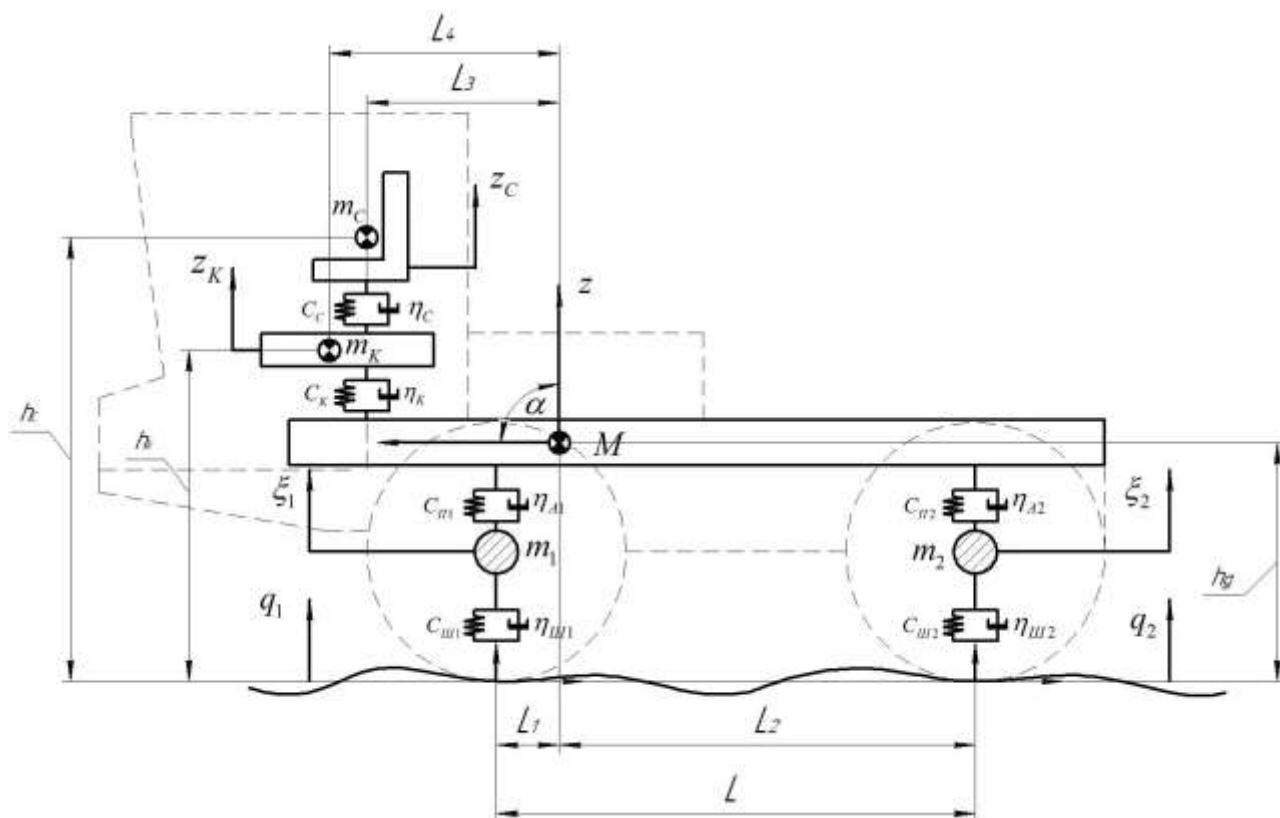


Рисунок 4 – Динамическая модель мобильного энергетического средства

где J – момент инерции поддресоренной массы; α – угол поворота поддресоренной массы относительно центра масс автомобиля; M – поддресоренная масса автомобиля; m_1 и m_2 – неподдресоренные массы автомобиля, приходящиеся на передние и задние колеса соответственно; $C_{ш1}$ и $C_{ш2}$ – коэффициенты неупругого сопротивления автомобильных шин переднего и заднего колес; $C_{п1}$ и $C_{п2}$ – коэффициенты вертикальной жесткости передней и задней подвесок; L – база автомобиля; L_1 и L_2 – расстояния от центра масс поддресоренной массы до осей передних и задних колес по горизонтали; ξ_1 и ξ_2 – вертикальное положение передней и задней неподдресоренных масс; $\eta_{п1}$ и $\eta_{п2}$ – коэффициенты неупругого сопротивления амортизаторов передней и задней подвесок; $\eta_{ш1}$ и $\eta_{ш2}$ – коэффициенты неупругого сопротивления автомобильных шин переднего и заднего колес; z – вертикальное положение центра масс автомобиля; q_1 и q_2 – текущие по времени значения ординат микропрофиля поверхности дороги в контакте передних и задних колес; m_C – масса сиденья с оператором; L_3 – расстояние от центра масс автомобиля до сиденья с оператором; z_C – вертикальное положение сиденья с оператором; η_C – коэффициент неупругого сопротивления на сиденье; C_C – коэффициент вертикальной жесткости сиденья; z_K – вертикальное положение ка-

бины оператора; L_4 – расстояние от центра масс автомобиля до центра масс кабины с оператора; η_K – коэффициент неупругого сопротивления в опорах кабины; C_K – коэффициент вертикальной жесткости опор кабины.

Обозначим недостающие составляющие, необходимые для расчетов:

– приведенная подрессоренная масса, приходящаяся на подвеску передней оси

$$M_1 = M \frac{\rho^2 + L_2^2}{(L_1 + L_2)^2}; \quad (1)$$

– приведенная подрессоренная масса, приходящаяся на подвеску задней оси

$$M_2 = M \frac{\rho^2 + L_1^2}{(L_1 + L_2)^2}; \quad (2)$$

– условная рассчитанная масса инерционной связи колебаний передней и задней частей подрессоренной массы

$$M_3 = M \frac{L_1 L_2 - \rho^2}{(L_1 + L_2)^2}. \quad (3)$$

Выводы. Получена модель мобильного средства малой грузоподъемности на шинах сверхнизкого давления с учетом подрессоривания кабины оператора. Описаны точки воздействия вибрации на водителя. Указана зависимость ощущения комфортности водителя от величины виброускорений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прядкин, В. И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства РАСХН. – М., 2013. – 34 с.

2 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.

3 ГОСТ 31191.1-2004. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [Текст]. Введ. 2008-07-01. – М. : ФГУП «Стандаргинформ», 2010. – 55 с.

4 ГОСТ 31193-2004. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования [Текст]. Введ. 2008-07-01. – М. : ФГУП «Стандаргинформ», 2008. – 42 с.

5 Колядин, П. А. Моделирование автомобиля ГАЗ-33081 с применением упругих элементов с разной характеристикой [Текст] / П. А. Колядин, В. И. Прядкин // Воронежский научно-технический Вестник. – Воронеж : ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова. – 2018. – Т. 3. – № 3 (25). – С. 79-84. – eISSN: 2311-8873.

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. Моделирование плавности хода мобильного энергетического средства с распределением подрессоренной массы по осям [Текст] / П. А. Колядин, В. И. Прядкин // Воронежский научно-технический вестник. – 2018. – Т. 4, № 4 (26). – С. 105-110. Режим доступа : <http://vestnikv-gltu.ru/arhiv/2018/4-4-26-2018/105-110.pdf> – Загл. с экрана.

8 Кузьмин, В. А. Сравнительное исследование упругодемпфирующих характеристик виброизоляторов кабины колесного сельскохозяйственного трактора [Текст] / В. А. Кузьмин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Сборник докладов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2018. – С. 28-32.