

УДК 629.114.2

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ
ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ
В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ**

**MATHEMATICAL MODEL OF A WHEELED MACHINE
FOR TRANSPORTATION OF LONG LOADS
IN SEVERE WORKING CONDITIONS**

В. С. Исаченков², ст. преп., **Д. В. Клоков¹**, канд. техн. наук, доц.,
Е. А. Леонов², канд. техн. наук, доц.,
А. А. Гарабажу², канд. техн. наук, доц.

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

V. Isachenkov², Senior Lecturer,

D. Klokov¹, Ph.D. in Engineering, Associate professor,

E. Leonov², Ph.D. in Engineering, Associate professor,

A. Harabazhyu², Ph.D. in Engineering, Associate professor,

¹Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus,

²Belarusian state technological University, Minsk, Republic of Belarus

При перемещении длинномерных грузов в особых условиях работы повышение тягово-динамических качеств колесных машин может быть достигнуто совершенствованием конструкции технологического оборудования, правильный выбор которого обусловлен природно-климатическими условиями работы. Такими изменениями можно добиться перераспределения нагрузок на несущую систему машины в процессе движения, снизить динамическую нагруженность, увеличить производительность и долговечность.

When moving long loads in special working conditions, an increase in the traction and dynamic qualities of wheeled vehicles can be achieved by improving the design of technological equipment, the correct choice of which is due to the natural and climatic conditions of work. With such changes, it is possible to achieve a redistribution of loads on the supporting

system of the machine in the process of movement, to reduce the dynamic load, to increase productivity and durability.

Ключевые слова: математическая модель, движение, колесная машина, технологическое оборудование, динамическая нагруженность.

Keywords: mathematical model, motion, wheeled vehicle, technological equipment, dynamic loading.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс перемещения длинномерных грузов в особых условиях работы, в частности на почвогрунтах со слабой несущей способностью, включает в себя взаимосвязанные последовательные операции таких как холостой ход колесной машины, формирование пачки длинномерного груза, рабочий ход и разгрузку пачки.

В Республике Беларусь для указанных условий работы в настоящее время широко используются колесные машины (КМ) с канатным технологическим оборудованием. Для преодоления участка дорожного полотна со слабой несущей способностью почвогрунта при буксовании для этих машин во время рабочего хода используется прием сброса пачки с последующим ее подтаскиванием [1].

В представленной работе рассматривается динамическая система, в которой в качестве технологического оборудования КМ выбран пачковый челюстной захват с гидроприводом, размещенный на специальной арке (НКЗ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основные принципы построения расчетных схем и составления математических моделей движения КМ оснащенной НКЗ, имеют допущения, аналогичные математическому аппарату, представленному в ранее выполненных работах [2, 3, 4]. Они предполагают нахождение независимых, изменяющихся во времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс, входящих в системы, при рассмотрении переходных и установившихся режимов движения.

На рисунке 1 приведена расчетная схема динамической системы КТМ с НКЗ, разработанная с учетом принятых допущений на основе анализа ее конструкции и кинематики движения звеньев. Она отражает сложное взаимодействие подсистем КМ (двигатель, трансмиссия, хо-

довая часть), технологического оборудования и предмета труда (пачки длинномерного груза), а также учитывают реальные возмущающие воздействия внешнего и внутреннего характера (неровности микропрофиля дорожного полотна, крутящий момент двигателя и т. д.).

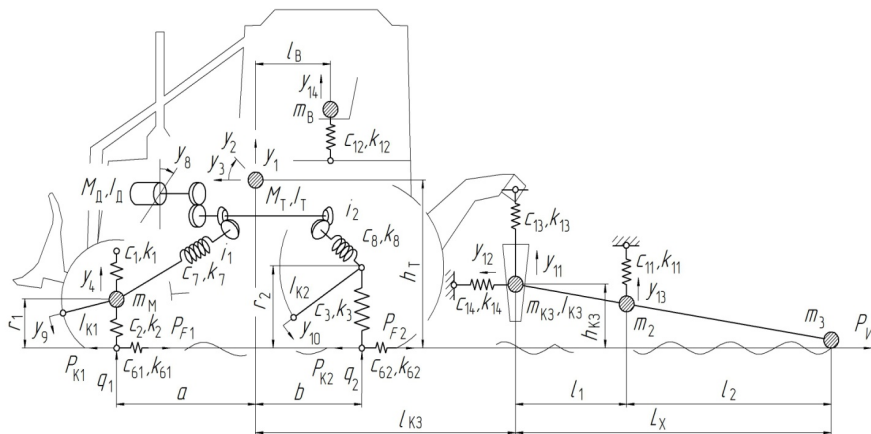


Рисунок 1 – Расчетная схема динамической системы колесной машины, оснащенной навесным клещевым захватом

Такой подход предполагает нахождение независимых, изменяющихся во времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс данной машины при рассмотрении переходных и установившихся режимов движения, что позволяет наряду с задачами общей динамики решать круг вопросов, связанных с динамической нагруженностью.

Для КМ с НКЗ характерна отдельно-агрегатная компоновка, поэтому в расчетной схеме двигатель, трансмиссия, ведущие мосты и т. д. представлены как подсистемы, соединенные между собой упругими элементами. Распределенные массы КМ, НКЗ и пакета длинномерного груза при этом заменены сосредоточенными, соединенными безинерционными упругодемпфирующими связями, т. е. реальная динамическая система заменена схемой с конечным числом степеней свободы. Основными упругодемпфирующими элементами являются: шины, установленные на колесах КМ, подвеска переднего моста, элементы трансмиссии, элементы технологического оборудования и пакет длинномерного груза.

Пневматическую шину представляют в виде пружины, нижний конец которой движется по микропрофилю дорожного полотна, а верхний конец соединен с осью колеса [5, 6]. Такое описание шины предполагает точечный контакт. Распределенная масса пачки длинномерного груза разбивается на три дискретные массы, а изгибные деформации пачки длинномерного груза моделируются упругим элементом. Первая масса составляет часть пачки длинномерного груза, нагружающая технологическое оборудование и суммируется с ее массой, вторая масса сосредоточена в центре тяжести пачки длинномерного груза и совершает вертикальные колебания, а третья масса составляет часть пачки, перемещающаяся по поверхности дорожного полотна. Связь КМ с пачкой длинномерного груза осуществляется технологическим оборудованием в виде НКЗ, которое моделируется упругими элементами. Все упругие звенья системы в направлении своей податливости обладают также демпфирующим сопротивлением.

Установлено, что колебания в поперечной плоскости можно считать не связанными с продольным угловыми, так как КМ симметрична относительно продольной вертикальной плоскости.

Критериями оценки воздействия возмущающих факторов на КМ, которые рассматриваются в виде случайного процесса, служат соответствующие вероятностные показатели. Оценочными показателями при исследовании переходных процессов являются максимальные значения угловых, линейных отклонений дискретных масс динамической системы и их продолжительность.

Представленная расчетная схема динамической системы имеет двенадцать степеней свободы, описывающих колебания системы в продольной вертикальной плоскости. Положение колесной машины (КМ) с навесным клещевым захватом (НКЗ) определяется следующими обобщенными координатами.

При посредстве математического аппарата и на основе системы высокоуровневого программирования MATLAB были получены матрицы численных значений отклонений степеней свободы моделей, первые и вторые производные этих отклонений и соответствующие им моменты времени протекания процесса. Это позволило определить все необходимые параметры оценки динамической нагруженности КМ при перемещении длинномерного груза в особых условиях работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатами теоретических исследований установлены параметры колесной машины для работы в особых условиях, которые позволяют минимизировать показатели динамической нагруженности и энергетические затраты в процессе транспортировки длинномерных грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов, Е. А. Специфика двухступенчатой трелевки древесины на предприятиях лесного комплекса / Е. А. Леонов, Д. В. Клоков, В. С. Исаченков [и др.] // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн : материалы 85-й научно-технической конференции с международным участием, Минск. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 87–89.

2. Исаченков, В. С. Математическая модель колесной трелевочной машины / В. С. Исаченков, В. А. Симанович // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2011. – № 2. – С. 75–81.

3. Исаченков, В. С. К вопросу выбора типа прицепного технологического оборудования колесных трелевочных машин / В. С. Исаченков, В. А. Симанович // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2020. – № 2(234). – С. 199–204.

4. Исаченков, В. С. Математическое моделирование колесного трелевочного трактора с навесным технологическим оборудованием различного компоновочного решения при работе в особых условиях как динамического объекта / В. С. Исаченков, Б. В. Войтеховский, С. С. Карпович [и др.] // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн : материалы 85-й научно-технической конференции с международным участием, Минск. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 90–92.

5. Ким, Ю. А. К вопросу взаимодействия колесного движителя с деформируемым основанием / Ю. А. Ким, В. А. Бобрович, Б. В. Войтеховский, В. С. Исаченков // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2019. – № 1(216). – С. 196–200.

6. Клоков, Д. В. Оценка соответствия типов компонентов ходовой части колесных скиддеров / Д. В. Клоков, А. А. Гарабажиу, Е. А. Леонов // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуа-

тация, технологии : сборник научных статей. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 174–181.

Представлено 18.05.2021 г.

УДК 630*377.44

ОЦЕНКА НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ЛЕСНОЙ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ 6К6

ASSESSMENT OF LOADING CONDITIONS OF THE SUSPENSION
OF FORESTRY LOADING AND TRANSPORTATION MACHINE 6K6

Д. В. Клоков¹, канд. техн. наук, доц., **Е. А. Леонов**², канд. техн. наук, доц.,
А. А. Гарабажу², канд. техн. наук, доц., **Т. М. Тявловская**¹, ст. преп.,

¹Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский государственный технологический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

D. Klokov¹, Ph.D. in Engineering, Associate professor,

E. Leonov², Ph.D. in Engineering, Associate professor,

A. Harabazhyu², Ph.D. in Engineering, Associate professor,

T. Tyavlovskaya¹, Senior lecturer,

¹Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus,

²Belarusian state technological University, Minsk, Republic of Belarus

Проведенные на основе разработанной математической модели форвардера теоретические и экспериментальные исследования позволили оценить значения и установить влияние параметров динамической системы на нагруженность ее элементов при различных режимах работы машины.

The theoretical and experimental studies carried out on the basis of the developed mathematical model of the forwarder made it possible to estimate the values and establish the influence of the parameters of the dynamic system on the loading of its elements under various operating modes of the machine.

Ключевые слова: динамика, форвардер, движитель.