

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ДВИЖИТЕЛИ ТРАКТОРА ВО ВРЕМЯ ТРАНСПОРТНОГО ПЕРЕЕЗДА

В.Б. Попов

к.т.н., доцент «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь,
popov5@list.ru

Аннотация: В данной статье представлено математическое моделирование нагружения движителей трактора, агрегируемого с навесной машиной во время транспортного переезда машинно-тракторного агрегата. Перераспределение нагрузки на движители анализируется как в квазистатическом, так и в динамическом режимах.

Ключевые слова: математическое моделирование, управляемость трактора, движитель, навесная машина, подъемно-навесное устройство, механизм навески.

MATHEMATICAL MODELING OF LOAD DISTRIBUTION ON TRACTOR WHEELS DURING TRANSPORTATION

V.B. Popov

Ph. D., associate Professor, Sukhoj State Technical University of Gomel,
Republic of Belarus

Abstract: This article presents mathematical modeling of the loading of the wheels of a tractor, aggregated with a hinged machine, during a transport crossing of a machine-tractor unit. The re-distribution of the load on the wheels is analyzed in both quasi-static and dynamic modes.

Key words: mathematical modeling, tractor steer ability, wheel, hinged machine, lifting-hinged device, linkage mechanism.

Использование в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) навесных машин и орудий [1,2] изменяет распределение нормальных реакций почвы на колеса сельскохозяйственного трактора. В процессе эксплуатации МТА нагрузка на колеса трактора непрерывно изменяется, что влияет, как на опорную поверхность, так и на характеристики трактора, например, его сцепной вес и управляемость [1].

Для обеспечения требуемого направления движения МТА в процессе транспортного переезда (рис.1) часть его общего веса, приходящаяся на мост управляемых колес трактора должна составлять не менее 20% от эксплуатационного веса трактора [3].

Реакции почвы на колеса неподвижного трактора, свободного от нагрузки на подъемно-навесное устройство (ПНУ), представляют статические значения реакций опорной поверхности:

$$R_A = \frac{1}{L} P_{mp} \cdot (L - b) \quad R_B = P_{mp} \cdot \frac{b}{L} \quad (1)$$

где R_A , R_B - реакции почвы на передние и задние колеса трактора соответственно; L - база трактора; P_{mp} , b - вес и координата центра тяжести трактора соответственно.

Использование в составе МТА навесных машин и орудий ведет к перераспределению нормальных реакций опорной поверхности на колеса сельскохозяйственного трактора [4].

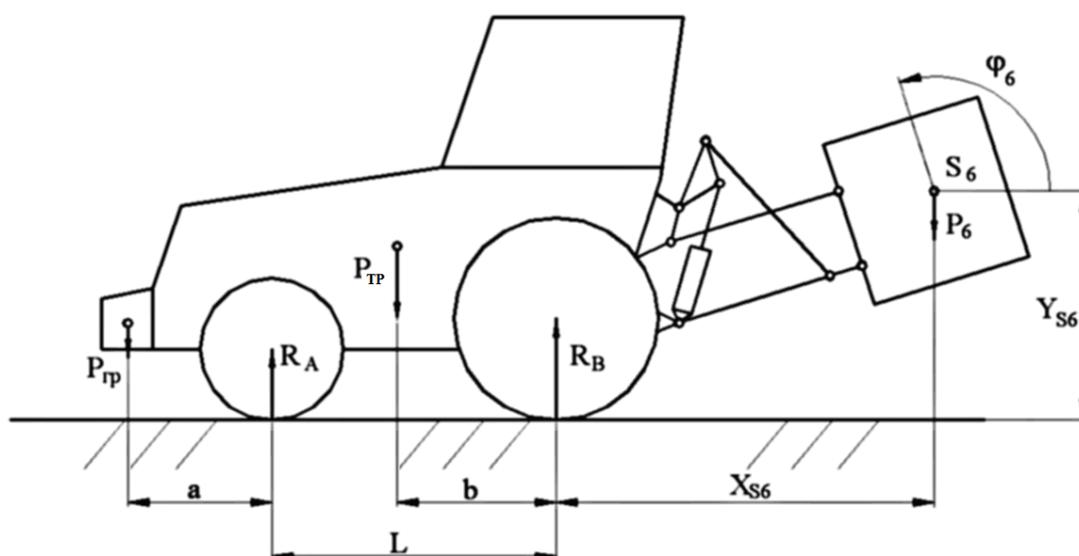


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на МТА с навесной машиной в транспортном положении

Для расчёта нормальных реакций и управляемости МТА (рис.1) было составлено уравнение равновесия моментов сил, действующих на компоненты МТА относительно точки опоры (В) ведущих колес:

$$\sum M_B = P_{cp} \cdot (a + L) + P_{mp} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6} - R_A \cdot L = 0$$

где: P_{cp} - вес балласта, a и b - расстояние от вертикальной проекции центра тяжести трактора до вертикальных проекций центра тяжести балласта и оси моста ведущих колес соответственно, L - база трактора, P_{mp} -

вес трактора, P_6 - вес НМ, R_A - нагрузка, приходящаяся на мост управляемых колёс, X_{S_6} - горизонтальная координата центра тяжести навесной машины в транспортном положении.

Выражение для реакции на управляемом колесе - R_A имеет следующий вид:

$$R_A = \frac{P_{ep} \cdot (a+L) + P_{mp} \cdot b - P_6 \cdot X_{S_6}}{L} \quad R_B = P_{mp} + P_{ep} + P_6 - R_A \quad (1)$$

В качестве примера был выполнен расчет для кормоуборочных комбайнов КНК-3000 и ПКК-3000, навешиваемых на тракторы Т-150К, ХТЗ-16131-05, БЕЛАРУС-2022.

Результаты расчетов по распределению веса собственно тракторов и МТА, сформированных на их базе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Развесовка тракторов и МТА по управляемому и ведущему мостам, в [%]

МТА	КНК-3000 в транспортном положении				ПКК-3000 в транспортном положении			
	трактор		трактор+КНК-3000		трактор		трактор +ПКК-3000	
Реакции	R_A	R_B	R'_A	R'_B	R_A	R_B	R'_A	R'_B
Т-150К	50,2	49,8	22,94	77,06	50,2	49,8	24,21	75,79
ХТЗ-16131-05	47,55	52,45	24,30	75,70	47,55	52,45	25,65	74,35
БЕЛАРУС-2022	47,94	52,06	20,03	79,97	47,94	52,06	21,14	78,84

Во всех вариантах на управляемые колеса трактора с НМ в транспортном положении приходится более 20% от его веса, поэтому требования по управляемости трактора (МТА) с НМ в транспортном положении и при движении с постоянной скоростью по ровной опорной поверхности (квазистатический режим) удовлетворяются.

Однако, движение МТА по ровной опорной поверхности встречается относительно редко. Неровности опорной поверхности носят главным образом случайный характер, регулярно воздействуя на колеса МТА и формируя условия для нагружения остова трактора и связанной с ним навесной машины. Низкочастотные колебания трактора и сформированного на его основе МТА, индуцируются колебаниями колесных движителей. Вибрация от колес трактора передается на остов трактора и навесную машину – КНК-3000, что влечет за собой рост нагрузки на механизме навески (МН) подъемно-навесного устройства (ПНУ) с одной стороны и снижение уровня управляемости МТА с другой. Колебания мостов трактора однозначно связаны с колебаниями его центра

В процессе движения МТА по пересеченной местности в центрах тяжести КНК-3000 и грузов балласта возникают динамические нагрузки, которые определяют колебательный характер воздействий на звенья МН с одной стороны и перераспределение нагрузки на передний управляемый и задний мосты трактора с другой.

Для оценки влияния кинематического возбуждения со стороны опорной поверхности на динамику процесса транспортного переезда на базе сформированной ФММ должен быть выполнен вычислительный эксперимент по аналогии с [6,7].

Из полученных результатов математического моделирования транспортного переезда МТА можно сделать следующие выводы:

1. Переход от трактора к МТА, т. е. навеска КНК-3000 и грузов балласта, сопровождается существенным перераспределением статической нагрузки (массы) на переднем и заднем мостах трактора.
2. Перераспределение массы по опорам при переходе от трактора к МТА изменяет частоты их собственных колебаний.
3. С возрастанием скорости транспортного переезда растет и амплитуда (размах) колебаний силовых параметров. При достижении “критической” скорости это влечет за собой возможность возникновения потери управляемости МТА, так как она может оказаться ниже нормы 20%.

Таким образом, в плане обеспечения управляемости агрегатирование тракторов “ХТЗ-16131-05”, “БЕЛАРУС-2022”, “Т-150К” с комбайнами КНК-3000, ПКК-3000 посредством их ПНУ в квазистатическом режиме реализуемо, но для учета влияния неровной поверхности необходимо использование статистического эксперимента [6].

Список использованных источников:

1. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства - учебники для студентов высш. учеб. заведений / Г.М. Кутьков – М.: КолосС, 2004. – 504 с.: ил.
2. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Машенский, А.С. Солонский - М.: Агропромиздат 1986. С. - 383.
3. ГОСТ 12.2.111–85. Система стандартов безопасности труда. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности (Межгосударственный стандарт). – Минск, 2006. – 10 с.
4. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 251 с. : ил. – ISBN 978-985-535-315-8.

5. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики. Динамика: учеб. для высш. техн. учеб. заведений / А. А. Яблонский. – 4-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 1971. – 488 с.: ил.

6. Попов, В. Б. Влияние колебаний мобильного сельскохозяйственного агрегата на его управляемость и нагруженность звеньев механизма навески / В. Б. Попов // Вестник Брянской ГСХА – 2017. №6.

7. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов// Международный журнал экспериментального образования. Пенза: ИД «Академия естествознания», 2017. – №2. – с. 92–93.