

### Библиографический список

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. Шарипов, В.М. Тракторы и автомобили: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности “Автомобиле - и тракторостроение” / В.М. Шарипов, М.К. Бирюков, Ю.В. Дементьев [и др.], под общей ред. В.М. Шарипова – М.: издательский дом “Спектр”, 2010. – 351 с. ил.
3. Попов, В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно–навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 2011 г. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1., – С. 169-176.

УДК 631.3-52

### К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСАХ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

*Попов Виктор Борисович, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого*

**Аннотация:** *Представлена методика расчета сил инерции, сосредоточенных в центрах тяжести: МТА, навесного плуга и балласта. Силы инерции перераспределяют нагрузку на колеса пахотного агрегата в процессе транспортного переезда и могут спровоцировать потерю управляемости МТА и превышение допустимой грузоподъемности шин.*

**Ключевые слова:** *пахотный агрегат, управляемость, балласт, максимальный вес агрегата, грузоподъемность шин.*

Во время транспортного переезда машинно-тракторный агрегат (МТА), состоящий из сельскохозяйственного трактора и поднятого задненавесного плуга (рис. 1), колеблется в результате кинематического возбуждения, поступающего со стороны опорной поверхности. Обеспечение управляемости МТА, при динамическом перераспределении нагрузки на мостах трактора, связано с расчетом переменных сил инерции, сосредоточенных в характерных точках МТА.

Схема динамической модели МТА представленная на рис.1, сформирована для случая, когда колебания осей заднего и переднего мостов трактора можно считать несвязанными [1, 2], поскольку значение коэффициента распределения масс  $\varepsilon$  находится в пределах  $0.8 \leq \varepsilon \leq 1.2$ .

За обобщенные координаты принимаем вертикальные перемещения центра масс  $z_0$  и угловые перемещения остова  $\alpha$  трактора: Обобщенные координаты

связаны с вертикальными колебаниями осей заднего и переднего мостов (рис.1) следующими зависимостями:

$$z_0 = \frac{z_1 L_2 + z_2 L_1}{L_B}; \quad \alpha = (z_2 - z_1) / L_B,$$

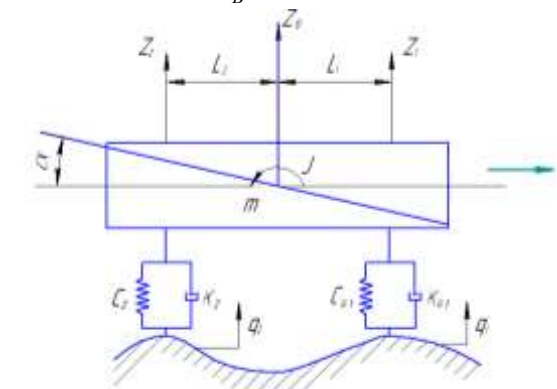


Рисунок 1 – Схема динамической модели МТА

Функциональная математическая модель (ФММ) движущегося МТА представляется обыкновенными дифференциальными уравнениями (ОДУ).

$$m_1 \ddot{z}_1 + k_{u1} \dot{z}_1 + c_{u1} z_1 = k_{u1} \dot{q}_1 + c_{u1} q_1; \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 + k_2 \dot{z}_2 + c_2 z_2 = k_2 \dot{q}_2 + c_2 q_2. \quad (2)$$

где,  $c_{u1}, c_2$  - упругие и демпфирующие элементы  $k_{u1}, k_2$  заднего и переднего колес, воспринимающих толчки со стороны сельскохозяйственного фона ( $q_1, q_2$ ).

Разделив уравнения на соответствующую часть общей массы МТА, получим ФММ транспортного переезда МТА, описываемую дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами:

$$\ddot{z}_1 + 2h_{u1} \dot{z}_1 + \omega_{c1}^2 z_1 = 2h_{u1} \dot{q}_1 + \omega_{c1}^2 q_1; \quad (1a)$$

$$\ddot{z}_2 + 2h_2 \dot{z}_2 + \omega_{c2}^2 z_2 = 2h_2 \dot{q}_2 + \omega_{c2}^2 q_2. \quad (2a)$$

где  $z_i$  – вертикальные перемещения заднего и переднего мостов трактора;  $q_i, \dot{q}_i$  – характеристики неровности опорной поверхности;  $\omega_{ci}$  – частоты собственных колебаний заднего и переднего мостов трактора;  $h_i$  – коэффициенты демпфирования.

Преобразованные по Лапласу при нулевых начальных условиях уравнения колебаний передней и задней частей остова трактора принимают вид:

$$(S^2 + 2 \cdot h_{u1} \cdot S + \omega_{c1}^2) \cdot Z_1(S) = (2 \cdot h_{u1} \cdot S + \omega_{c1}^2) \cdot Q_1(S) \quad (1б)$$

$$(S^2 + 2 \cdot h_2 \cdot S + \omega_{c2}^2) \cdot Z_2(S) = (2 \cdot h_2 \cdot S + \omega_{c2}^2) \cdot Q_2(S), \quad (2б)$$

Из этих выражений определяются передаточные функции -  $W_{z1}(S)$  и  $W_{z2}(S)$ .

Для заднего моста передаточная функция (ПФ) принимает вид:

$$W_{z1}(S) = \frac{Z_1(S)}{Q_1(S)} = \frac{2h_{u1}S + \omega_{c1}^2}{S^2 + 2h_{u1}S + \omega_{c1}^2} = \frac{b_1S + 1}{a_1^2S^2 + b_1S + 1}; \quad (4)$$

где,  $a_1 = 1/\omega_{c1}$ ;  $b_1 = 2h_{u1}/\omega_{c1}^2$ .

ПФ для переднего моста имеет аналогичную структуру:

$$W_{z2}(S) = \frac{Z_2(S)}{Q_2(S)} = \frac{2h_2S + \omega_{c2}^2}{S^2 + 2h_2S + \omega_{c2}^2} = \frac{b_2S + 1}{a_2^2S^2 + b_2S + 1} \quad (5)$$

В качестве характеристики динамической модели (рис.1) удобно принять ее амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), а воздействие задавать спектральной плотностью случайной функции сельскохозяйственного фона. В результате посредством АЧХ связываются спектральные плотности характеристик неровностей с/х фона и параметры вибрации остова трактора:

$$S_{z_1}(\omega) = A_{z_1}(\omega)^2 S_{q_1}(\omega); \quad S_{z_2}(\omega) = A_{z_2}(\omega)^2 S_{q_2}(\omega); \quad (6)$$

где  $S_{q_i}(\omega)$  – спектральные плотности характеристик неровностей СХФ;  $S_{z_1}(\omega)$ ,  $S_{z_2}(\omega)$  - спектральные плотности ускорений от характеристик неровностей для заднего и переднего мостов,  $A_{z_1}(\omega)$ ,  $A_{z_2}(\omega)$  – АЧХ ускорений от неровностей.

Из теории автоматического управления известно [3, 4], что АЧХ динамического звена равна модулю его передаточной функции, т. е.

$$A_{z_i}(\omega) = |W_{z_i}(j\omega)|,$$

Необходимо получить соответствующие АЧХ  $|W_{z_i}(j\omega)|$  для передней и задней частей остова трактора, заменив в ПФ (4), (5)  $S$  на  $j\omega$ , а затем избавимся от  $j$  в знаменателях дробно-рациональных функций (4) и (5).

Среднеквадратичные вертикальные ускорения заднего и переднего мостов трактора определяются по известному из [2] выражению:

$$\sigma_{z_i} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_{z_i}(\omega) d\omega} \quad (6)$$

Перевод плуга в транспортное положение смещает центр тяжести МТА -  $S'$  относительно центра тяжести трактора -  $S$  (рис.2).

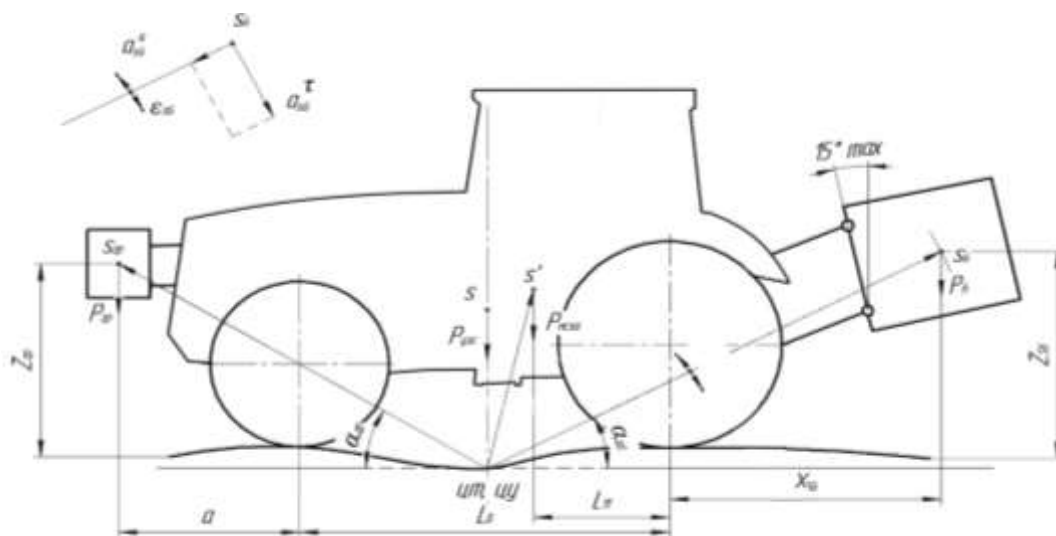


Рисунок 2 – Колебания характерных точек пахотного МТА во время транспортного переезда

Колебания мостов трактора связаны с колебаниями центра тяжести МТА и далее через механизм навески с колебаниями центра тяжести навесного плуга и грузов балласта. Вертикальные колебания осей заднего и переднего мостов и  $z_2$  сопровождаются связанными с ними колебаниями центра тяжести МТА -  $z_{S'}$ , навесной машины -  $z_{S6}$  и центра крепления балласта -  $z_{гр}$  (рис. 2).

Среднеквадратичные ускорения, совершающих плоское движение характерных точек МТА, определяются по известному из [4] выражению:

$$\ddot{Z}_{Si} = \vec{a}_{um} + \vec{a}_{Si}^n + \vec{a}_{Si}^{\tau}, \quad (7)$$

где  $\vec{a}_{um}$  - среднеквадратичное ускорение центра тяжести МТА;  $\vec{a}_{Si}^n$ ,  $\vec{a}_{Si}^{\tau}$  - соответственно нормальное и тангенциальное среднеквадратичные ускорения характерной точки.

Среднеквадратичные линейное и угловое ускорения центра тяжести МТА определяются по выражениям:

$$\ddot{z}_0 = \frac{\ddot{z}_1 L_2 + \ddot{z}_2 L_1}{L_B}; \quad \ddot{\alpha} = (\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) / L_B \quad (8)$$

Нормальные и тангенциальные среднеквадратичные ускорения характерных точек определяются по известным из [4] выражениям:

$$\vec{a}_{Si}^n = \dot{\alpha}_{Si}^2 \cdot L_{Si} \cdot \sin \beta_{Si} \quad \vec{a}_{Si}^{\tau} = \ddot{\alpha}_{Si} \cdot L_{Si} \cdot \sin \beta_{Si}$$

где  $\dot{\alpha}_{Si}$  и  $\ddot{\alpha}_{Si}$  соответственно среднеквадратичные угловые скорость и ускорения характерных точек;  $L_{Si}$  - расстояние от центра упругости до характерной точки;  $\beta_{Si}$  - угол, образуемый  $L_{Si}$  с горизонтом.

Среднеквадратичные угловые ускорения характерных точек определяются по выражениям:

$$\ddot{\alpha}_{гр} = \ddot{\alpha} \cdot \frac{L_{гр}}{L_{S'}}; \quad \ddot{\alpha}_{S6} = \ddot{\alpha} \cdot \frac{L_{S6}}{L_{S'}}.$$

Величины среднеквадратичных ускорений характерных точек однозначно определяют соответствующие силы инерции во время транспортного переезда. Возникающие колебания сил инерции, которые сосредоточены в характерных точках МТА следует оценивать, так как они способны спровоцировать потерю управляемости МТА и превышение грузоподъемности шин.

Из опыта эксплуатации МТА известно, что для обеспечения безопасности транспортного переезда передняя ось трактора всегда должна быть нагружена как минимум на 20% от общей массы МТА, а задняя ось как минимум на 40%.

При навешивании балласта, навесных машин или орудий на передний и задний МН запрещено превышение: допустимой общей массы МТА, допустимых нагрузок на оси и грузоподъемности шин трактора.

### Библиографический список

1. Бойков, В.П. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Теория: учеб. пособие / В.П. Бойков [и др.]; под общей ред. д-ра тех.наук, проф. В.П. Бойкова. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА – М, 2012. – 543 с. ил. – (Высшее образование).
2. 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.
3. Гюнтер, М. Теория автоматического управления: Учебное пособие / М. Гюнтер. - СПб.: Лань, – 2016. – 224 с.
4. Васько, Н.Г. Теоретическая механика: Учебник / Н.Г. Васько, В.А. Волосухин, А.Н. Кабельков. - Рн/Д: Феникс, 2012. – 234 с.

УДК 631.171

### ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ И МЕТОДАМИ КОНТРОЛЯ

*Алдошин Николай Васильевич, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*  
*Мосяков Максим Александрович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: Проведен анализ параметров, показателей технологических и экологических требований, определение необходимого набора интеллектуальных средств и методов контроля за операциями обработки почвы. Рассмотрены приборы, предназначенные для испытания и эксплуатации почвообрабатывающих машин и программное обеспечение.*

*Ключевые слова: обработка почвы, методы контроля, интеллектуальные технологии, средства контроля*

Обработка почвы является самым энергоемким и ресурсозатратным приемом земледелия. На нее приходится около 40% энергетических и 25% трудовых затрат от общего объема полевых работ по возделыванию и уборке культуры. С учетом всех приемов почвообработки, включая вспашку, требуется ежегодно переместить 6000 т почвы на каждом гектаре. На это затрачивается большое количество необходимого топлива.

Для снижения материально-энергетических затрат, обеспечения повышения производительности труда, повышение качества работы машин и соблюдения экологических требований применительно к технологиям обработки почвы, необходимо внедрение агротехнологических средств механизации с элементами цифрового контроля и регулирования параметров рабочих органов.