

УДК 634.377

В.А. Симанович, доцент

## ДИНАМИКА НАГРУЖЕНИЯ ТРАНСМИССИИ И ТРЕЛЕВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Dynamic changes of forces in a transmission of wheel skidders.

Колесные лесные тракторы осуществляют трелевку деревьев и хлыстов в полупогруженном или полуподвешенном состоянии. Особенности перемещения пачек деревьев этими двумя способами лесными машинами достаточно широко исследованы [1]. Имеется несколько подходов к решению задачи динамического взаимодействия базовой машины со специальным технологическим оборудованием и пачкой деревьев.

При исследовании динамического взаимодействия технологического оборудования колесных лесных агрегатных машин и пачки деревьев основное внимание отводится определению сил, действующих со стороны транспортируемого груза.

Одновременно необходимо помнить о том, что основным возмущающим фактором, влияющим на нагруженность трансмиссии трактора и его узлов, являются внешние силы, которые действуют со стороны пачки деревьев.

Реализация тягового усилия на ведущих органах обеспечивается за счет догружения ходовой системы весом транспортируемого груза. Динамические величины крутящих моментов на полуосях колесного лесного трактора будут представлять параметры, на основании которых можно делать заключение о правильности выбора конструктивных параметров машины и навесного оборудования.

Распределение действующих сил в системе "трелевочный трактор – технологическое оборудование – пачка деревьев" позволяет устанавливать относительные коэффициенты в зависимости от условий эксплуатации, а также компоновочных и конструктивных параметров оборудования.

Исследованиями [2] установлено, что для колесных трелевочных тракторов наиболее нагруженным является режим резкого трогания с места.

Исследование динамической системы "колесный тягач – пачка деревьев" в режимах трогания и разгона проводилось по математической модели (в качестве расчетной были взяты двухмассовая модель трактора и двухмассовая модель пачки деревьев).

Система дифференциальных уравнений трогания и разгона с переключением передач исследуемого трактора с пачкой хлыстов имеет вид

$$I_1 \ddot{\phi}_1 = M_e - M_0;$$

$$M \ddot{X}_T = M_0 \frac{i}{r_k} - |P_{fr}| \cdot \text{sign} \dot{X}_T - m_1 g \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2,$$

$$\text{где } M_0 = \begin{cases} M_{\text{сц}} & \text{при } \dot{\varphi}_1 > \dot{\varphi}'_1 = \frac{i}{r_k} \dot{X}_T + \dot{\varphi}_0, \\ C \left[ \left( \varphi_1 - \frac{i}{r_k} X_T \right) - (\varphi_1^A - \varphi_1'^A) \right] + K_T \left[ \dot{\varphi}_1 - \frac{i}{r_k} \dot{X}_T \right] - (\dot{\varphi}_1^A - \dot{\varphi}_1'^A) & \\ \text{при } \dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}'_1 = 0, \\ \varphi_0 = \frac{M_{\text{сц}}}{C} - K_T \frac{\dot{\varphi}_0}{C}; & \end{cases}$$

$$(m_1 + m_2 \cos^2 \alpha_1) \cdot L_1 \ddot{\alpha}_1 + m_1 g \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 = \sin \alpha_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \times \\ \times |P_{\text{фкл}}| \text{sign} \dot{X}_T(t);$$

$$B = L_1 \cos \alpha_1 + L_2 \cos \alpha_2,$$

где  $I_1$  – момент инерции вращающихся частей двигателя;  $M$  – поступательно движущаяся масса трактора;  $M_e$ ,  $M_{\text{сц}}$  – моменты двигателя и сцепления;  $P_{\text{фг}}$ ,  $P_{\text{фкл}}$  – силы сопротивления перемещению трактора и пачки деревьев;  $i$  – передаточное число трансмиссии;  $r_k$  – радиус колеса трактора;  $m_1$  и  $m_2$  – разнесенные массы пачки деревьев;  $L_1$  и  $L_2$  – длины плеч между подвесом и массами пачки деревьев;  $B$  – высота подвеса пачки деревьев относительно полотна волока;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы плеч  $L_1$  и  $L_2$ ;  $\varphi_1$  и  $\varphi'_1$  – углы поворота вала двигателя и сцепления.

Исследования по динамике нагружения трансмиссии трактора и технологического оборудования невозможно представить в отдельности ввиду их совместных взаимосвязанных колебаний.

Коэффициент динамичности нагружения трансмиссии  $K_{\text{тр}}$  изменяется в зависимости от темпа включения сцепления  $T_{\text{сц}}$ , который определяется величиной максимального упругого момента в трансмиссии.

На рис. 1 приведены зависимости коэффициента динамичности трансмиссии  $K_{\text{тр}}$  от  $T_{\text{сц}}$  для различных темпов разгона двигателя при значении сопротивления перемещению пачки деревьев  $P_{\text{фкл}} = 11,50$  кН. Как видно из зависимостей, при большей частоте вращения коленчатого вала и более высоком темпе включения сцепления  $K_{\text{тр}}$  выше для  $n=1550$  об/мин и достигает в начальный момент 2,85. При увеличении темпа включения сцепления  $K_{\text{тр}}$  уменьшается для обоих чисел оборотов двигателя и при  $T_{\text{сц}} = 3$  с находится в пределах 1,8 – 1,9.

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента динамичности трансмиссии от длины подвеса пачки деревьев для двух значений оборотов коленчатого вала двигателя при темпе включения сцепления 1,4 с. Как видно из зависимостей, при большем значении числа оборотов  $K_{\text{тр}}$  выше для всех длин подвеса пачки деревьев в среднем на 15–25%. С увеличением длины подвеса коэффициент динамичности трансмиссии уменьшается. Так, при  $L=55$  см  $K_{\text{тр}}=2,85$  и 3,3 для  $n=1250$  и 1550 об/мин соответственно. Динамика поведения трелевочного трактора в зависимости от длины подвеса пачки деревьев не может быть объяснена с позиции оптимальности этой величины и выбирается в основном по конструктивным и технологическим соображениям.

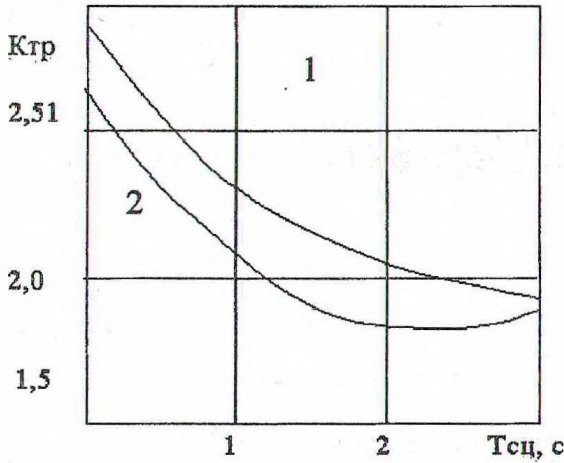


Рис. 1. Зависимость коэффициента динамичности трансмиссии от темпа включения сцепления: 1 –  $n=1550$  об/мин; 2 –  $n=1250$  об/мин;  $P_{\text{вкл}}=11,50$  кН

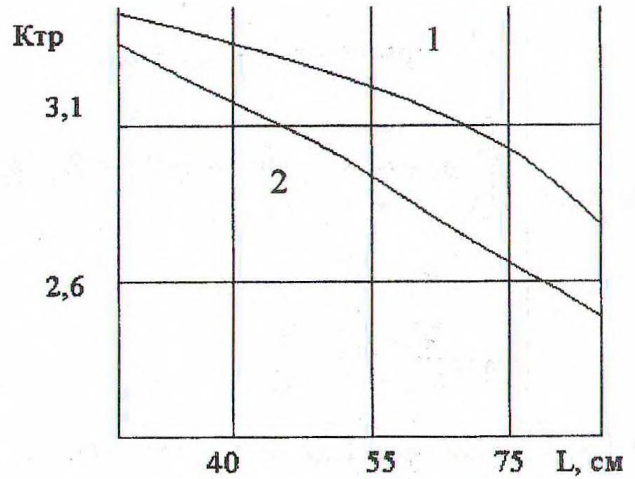


Рис. 2. Зависимость коэффициента динамичности трансмиссии от длины подвеса хлыстов: 1 –  $n=1550$  об/мин; 2 –  $n=1250$  об/мин;  $T_{\text{сц}} = 1,4$  с;  $Q = 5,2$  м<sup>3</sup>

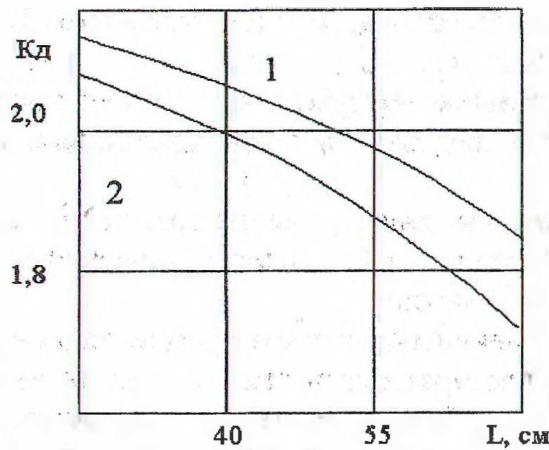


Рис. 3. Зависимость коэффициента динамичности от длины подвеса пачки деревьев: 1 –  $T_{\text{сц}} = 1,2$  с; 2 –  $T_{\text{сц}} = 1,4$  с;  $n = 1550$  об/мин

Расчетные исследования подтверждают, что коэффициент динамичности трансмиссии  $K_{\text{тр}}$  с увеличением темпа включения сцепления, при одних и тех же оборотах двигателя, резко увеличивается.

Поведение подвешенной пачки деревьев на переходных и установившихся режимах движения будет определяться динамическими свойствами системы и ее геометрическими параметрами. Нами предлагается в качестве коэффициента динамичности в системе "подвес – пачка деревьев" принять следующее значение  $K_{\text{д}}$

$$K_{\text{д}} = \frac{\alpha_{\text{max}}}{\alpha_{\text{уст}}},$$

где:  $\alpha_{\text{max}}$  – максимальное отклонение тягового каната в процессе трогания;  $\alpha_{\text{уст}}$  – отклонение тягового каната при установившемся движении трактора.

Такой подход при определении  $K_d$  позволит изучить поведение пачки деревьев в различных эксплуатационных условиях. К таким условиям можно отнести изменение темпа включения муфты сцепления, величину силы сопротивления перемещению пачки деревьев и другие факторы.

Увеличение длины подвеса комлевой части пачки деревьев приводит к увеличению силы сопротивления движению, т.к. большая часть подвешенной пачки контактирует с поверхностью волока.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента динамичности от длины подвеса пачки деревьев при различных темпах включения сцепления. Как видно из зависимости, большие значения  $K_d$  характерны для темпа включения сцепления  $T_{сц} = 1,2$  с. С увеличением длины подвеса пачки деревьев  $K_d$  уменьшается и при  $L=55$  см составляет 1,84 и 1,95 для  $T_{сц} = 1,2$  и 1,4 с. Расчетными исследованиями было установлено, что с увеличением частоты вращения вала двигателя на 200 об/мин при том же темпе включения сцепления  $K_d$  повышается на 17–22 %.

Снижение темпа включения муфты сцепления, при тех же параметрах сопротивления движению  $P_{фкт}$  и длины подвеса, приводит к уменьшению значения коэффициента динамичности на 10–22 %.

Это можно объяснить тем, что при трогании с большим замедлением инерционные силы поступательно движущейся массы трактора увеличиваются более равномерно, что приводит к меньшему отклонению каната в процессе перемещения деревьев.

Экспериментально было подтверждено, что при более высоком темпе включения муфты сцепления ( $T_{сц}=1,2$  с) наблюдается один пик, а при медленном ( $T_{сц}=1,4$  с) может быть два пика отклонения тягового каната. Длина подвеса пачки деревьев в силовом контуре технологического оборудования играет важную роль при перераспределении вертикальной и горизонтальной составляющих пачки деревьев.

Полученные данные о значениях коэффициентов динамичности могут служить исходным материалом при проектировании и создании новой колесной агрегатной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов С.Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. – М.: Гослесбумиздат, 1963.
2. Калякин Л. А. Экспериментальное исследование динамических нагрузок в силовой передаче колесного трелевочного трактора // Труды ЦНИИМЭ. – Химки, 1970. № 103. – С. 104–111.