

известных устройств (например, наклонных балок) или соответствующим поворотом захватов перед разжимом.

В данной схеме валочно-пакетирующего устройства практически исключаются недостатки перечисленных выше способов укладки деревьев на машину. Устройство может быть использовано как в машинах флангового типа, так и фронтального, работающих в циклическом или непрерывном режиме.

Поступила 14 мая 1976 г.

УДК 634.0.377.44.073

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА Т-157 С ПОМОЩЬЮ ЭЦВМ

А. В. ЖУКОВ, И. Ш. ЧЕРНЯВСКИЙ, П. Ф. РУДНИЦКИЙ

Белорусский технологический институт

Харьковский тракторный завод

Разработана расчетная модель трелевочного колесного трактора, на основе которой с помощью ЭЦВМ проанализирована вертикальная динамика трактора Т-157 и даны рекомендации по улучшению его конструкции.

В настоящее время на лесозаготовках все большее применение находят колесные трелевочные тракторы. Расчетная модель колебаний колесного трактора разработана достаточно глубоко. Хорошо известны исследования плавности его хода ([1], [4], [5] и др.).

В отличие от тракторов общего назначения и сельскохозяйственных лесной трелевочный трактор имеет свои особенности, к которым в первую очередь необходимо отнести особое соединение пачки деревьев с корпусом машины.

Для колесных трелевочных тракторов характерна повышенная по сравнению с гусеничными скорость движения, поэтому вопрос о плавности хода и вертикальной динамике таких машин приобретает первостепенное значение.

Вертикальную динамику трактора Т-157 исследовали на основе разработанной нами общей расчетной модели (рис. 1). Рассматривали колебания системы в продольной вертикальной плоскости. Подрессоренная масса тягача M_1 имеет вертикальные и продольно-угловые перемещения z_1 и Θ_1 . В общем случае учитывают неподрессоренные m_1 и m_2 массы, упругие и демпфирующие в отличие от характеристик рессор и шин [2], [4], а также упругую деформацию элементов трансмиссии и шин, приведенные к точкам контакта колес с дорогой. Масса пачки хлыстов приведена к трем дискретным массам M_2, M_3, M_4 (массы M_3 и M_4 имеют вертикальные перемещения z_3 и z_4) в соответствии с распространенной методикой [7]. Кроме гибкости пачки, учитывали также вертикальную и продольную упругость крон деревьев.

Упругие характеристики и характеристики трения системы в общем случае задавались нелинейными.

Общая расчетная модель, как и модель Ю. Л. Волошина [5], учитывает силы сухого трения и отрыв колес от дороги при движении по случайному дорожному профилю пути. Как видно из рис. 1, система имеет семь степеней свободы, которые описываются обобщенными координатами $z_1, \Theta_1, \xi_1, \xi_2, z_3, z_4, x_1$, где ξ_1 и ξ_2 — вертикальные пере-

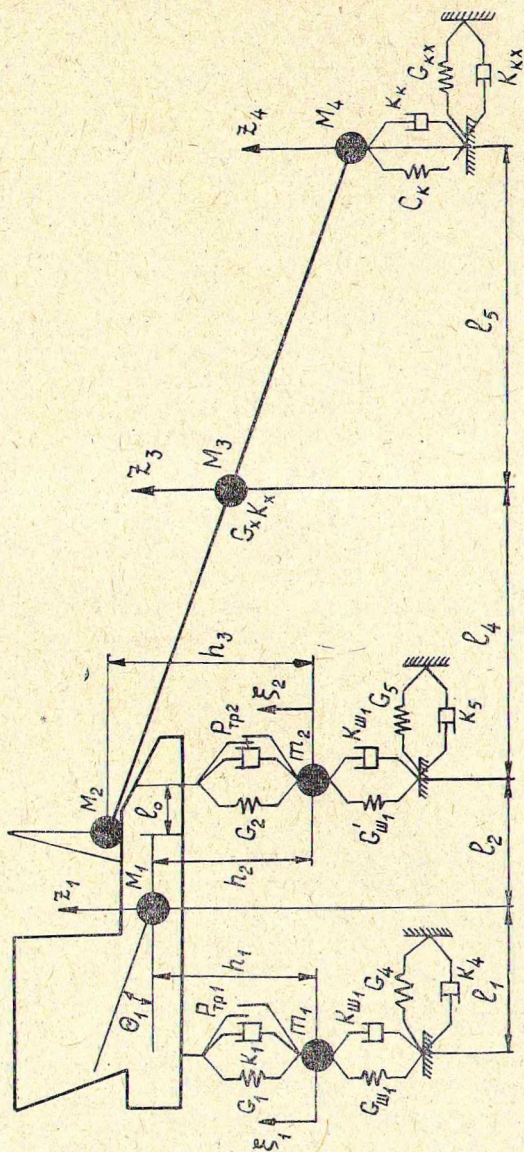


Рис. 1. Колебательная система, эквивалентная трелевочному трактору с пачкой хлыстов.

мещения неподдресоренных масс трактора; x_1 — продольное перемещение системы.

Для трактора Т-157, из-за отсутствия рессорной подвески ($\xi_1 = z_1 + l_1 \theta_1$, $\xi_2 = z_1 - l_2 \theta_1$), система имеет на две степени свободы меньше. Уравнения колебаний системы в продольной вертикальной плоскости могут быть записаны таким образом:

$$M_1 \ddot{z}_1 - (F_{k_{ш1}} + F_{ш1}) - (F_{k_{ш2}} + F_{ш2}) + \frac{d_5}{l_4 + l_5} (F_{k_x} + F_{c_x}) = 0; \quad (1)$$

$$I_1 \ddot{\theta}_1 - M_2 l_2 [\ddot{z}_1 - (l_2 + l_6) \ddot{\theta}_1] - l_1 (F_{k_{ш1}} + F_{ш1}) + l_2 (F_{k_{ш2}} + F_{ш2}) - l_2 \frac{l_5}{l_4 + l_5} (F_{k_x} + F_{c_x}) + h_1 (F_{c_{т1}} + F_{c_{x1}} + F_{k_{т1}} + F_{k_{x1}}) + h_2 (F_{c_{т2}} + F_{c_{x2}} + F_{k_{т2}} + F_{k_{x2}}) = 0; \quad (2)$$

$$M_3 \ddot{z}_3 - (F_{cx} + F_{kx}) = 0; \quad (3)$$

$$M_4 \ddot{z}_4 - (F_k + F_{kk}) + \frac{l_4}{l_4 + l_5} (F_{kx} + F_{cx}) = 0; \quad (4)$$

$$(M_1 + M_2 + M_3 + M_4) \ddot{x}_1 + (F_{ct_1} + F_{cx_1} + F_{kt_1} + F_{kx_1}) + (F_{ct_2} + F_{cx_2} + F_{kt_2} + F_{kx_2}) + (F_{ct_4} + F_{cx_4} + F_{kt_4} + F_{kx_4}) = 0, \quad (5)$$

где $F_{ш_1}, F_{ш_2}, F_{кш_1}$ и $F_{кш_2}$ — упругие и демпфирующие характеристики шин передней и задней осей трактора;

F_{cx} и F_{kx} — упругая и демпфирующая характеристика пачки при изгибе;

F_k и F_{kk} — упругая и демпфирующая характеристика сопротивления крон деревьев пачки в вертикальном направлении;

$F_{ct_1}, F_{ct_2}, F_{kt_1}, F_{kt_2}, F_{ct_4}, F_{kt_4}$ — продольные упругие характеристики и характеристики продольной амортизации трансмиссии и шин передней и задней осей, а также крон деревьев пачки (F_{ct_i}, F_{kt_i}), приведенные к точкам контакта шин и общей кроны пачки с землей.

Силы $F_{cx_1}, F_{cx_2}, F_{kx_1}, F_{kx_2}$ равны

$$F_{cx_i} = (fF_{ш_i} + F_{x_i}^c); \quad F_{kx_i} = (fF_{кш_i} + F_{x_i}^c),$$

где

$$F_{x_i}^c = (P_{ct_i} + F_{ш_i}) \frac{\dot{q}_i}{v + \dot{x}_1}; \quad F_{кx_i}^c = F_{ш_i} \frac{\dot{q}_i}{v + \dot{x}_1},$$

здесь v — скорость движения трактора;

q_i — вертикальные перемещения точек контакта ($i=1, 2$) колес соответствующих осей с поверхностью земли от микронеровностей;

P_{ct_i} — статические нагрузки на оси трактора.

Силы F_{cx_i}, F_{kx_i} аналогичны и возникают в точке контакта пачки с землей.

Характеристики упругих и демпфирующих элементов, принятые по данным лабораторных работ, проведенных на ХТЗ, моделировали согласно [5]. Расчеты производили на ЭЦВМ «М-220», шаг счета принимали 0,05 с. На печать выдавали средние квадратические и максимальные значения перемещений и ускорений обобщенных координат, количество отрывов колес от дороги и путь, проходимый в отрыве.

Движение системы с полной нагрузкой моделировали на пасечном ($\sigma_n = 2,99$ см) и магистральном ($\sigma_n = 3,35$ см) волоках, а также типичной по ровности лесной дороге ($\sigma_n = 2,41$ см).

При расчетах широко варьировала скорость движения, весовые и размерные величины (системы), а также параметры подвески.

Как показали исследования, колебания в вертикальной плоскости трактора Т-157 зависят от скорости движения и степени ровности проезжей части дорог или волоков. Так, зависимости, приведенные на рис. 2, показывают, что при увеличении скорости движения как σ_{z_1} , так и σ_{x_1} в целом возрастают. Менее нагружена система при движении по лесной дороге, так как ее поверхность более ровная, чем поверхность волока. Несколько больше значения вертикальных и гори-

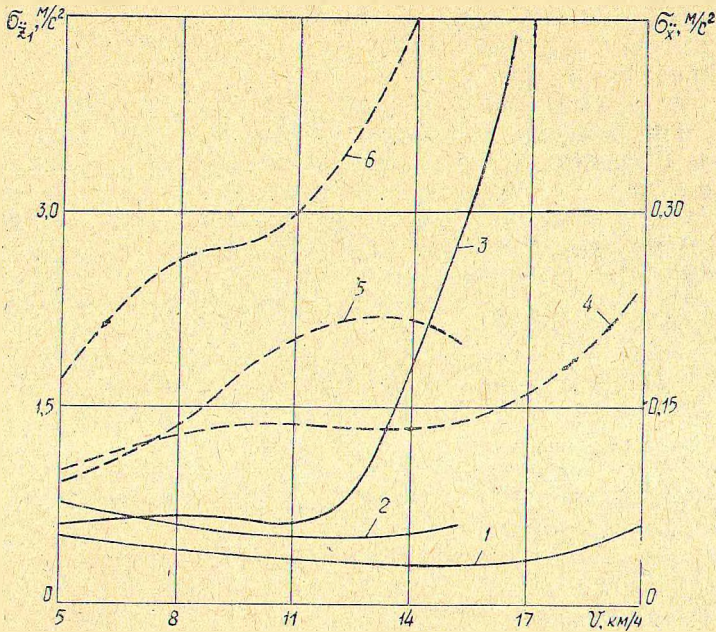


Рис. 2. Зависимость значений средних квадратических величин вертикальных ускорений (сплошные линии) и горизонтально-продольных ускорений (штриховые) тягача от скорости движения.

1, 4 — лесная дорога; 2, 5 — пасечный волок; 3, 6 — магистральный волок.

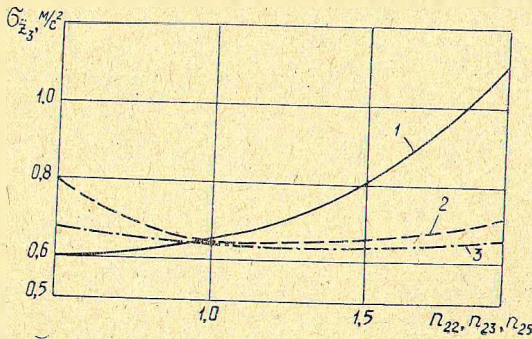


Рис. 3. Зависимость вертикальных средних квадратических ускорений центра тяжести пачки деревьев от коэффициентов n_{22} , n_{23} , n_{24} при движении трактора со скоростью 15 км/ч по ровному участку лесной дороги.

$$1 - \sigma_{z_3}^2 = f(n_{22}); \quad 2 - \sigma_{z_3}^2 = f(n_{23}); \quad 3 - \sigma_{z_3}^2 = f(n_{24}).$$

горизонтально-продольных ускорений на пасечном волоке, максимальные — на магистральном. Причем наиболее интенсивно значения σ_{z_1} и σ_{x_1} увеличиваются при скорости движения более 11—12 км/ч. При меньшей скорости движения σ_{z_1} изменяются незначительно (в пределах 0,3—0,67 м/с²), σ_{x_1} — более значительно на различных опытных участках. По абсолютной величине интенсивное возрастание значений

$\sigma_{z_1}^{\ddot{}}$ наблюдается на лесной дороге при $v > 20$ км/ч, на пасечном волоке — при $v > 15$ км/ч, на магистральном — при $v > 12$ км/ч.

Аналогично изменяются и другие исследуемые показатели вертикальной динамики трактора.

Было проанализировано влияние изменения характеристик упругости и сопротивления изгибным колебаниям пачки деревьев на вертикальную динамику системы. Анализ показал, что при изменении жесткости и характеристики сопротивления пачки в диапазоне 0,5—2,0 полной нагрузки трактора показатели его колебаний в вертикальной продольной плоскости изменяются несущественно, чего нельзя сказать о параметрах колебаний пачки деревьев.

Как видно из рис. 3, при увеличении жесткости пачки хлыстов $\sigma_{z_2}^{\ddot{}}$ интенсивно возрастает (см. кривую 1). Если при $n_{22} = 0,5$ $\sigma_{z_2}^{\ddot{}}$ составляло 0,6 м/с², то при $n_{22} = 2$ $\sigma_{z_2}^{\ddot{}}$ равно уже 1,1 м/с² (коэффициенты n_{22} , n_{23} и n_{25} — величины, на которые умножаются значения характеристик упругих и демпфирующих элементов в целях получения различных подобных вариантов; n_{22} — коэффициент изменения жесткости пачки; n_{23} — коэффициент изменения сопротивления пачки; n_{25} — коэффициент изменения продольной жесткости трансмиссии и шин, приведенной к колесам задней оси трактора).

При увеличении коэффициента n_{23} , то есть при возрастании сопротивления пачки изгибным колебаниям, значение $\sigma_{z_3}^{\ddot{}}$ (кривая 2 на рис. 3) несколько снижается при $n_{23} < 1,5$, а затем при $n_{23} > 1,5$ начинает возрастать. Такова же, однако менее выраженная, зависимость $\sigma_{z_3}^{\ddot{}}$ от изменения продольной упругости трансмиссии и шин (кривая 3).

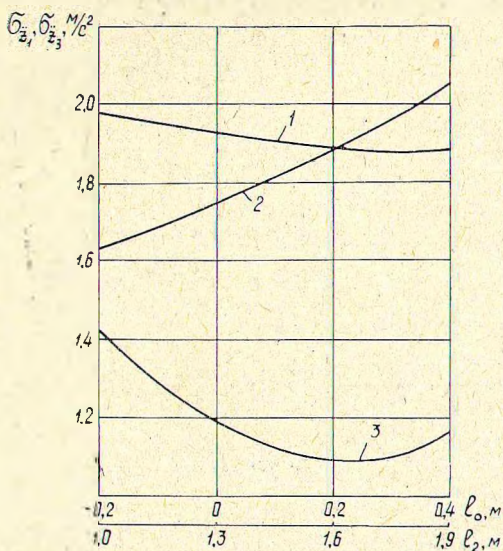


Рис. 4. Зависимость $\sigma_{z_1}^{\ddot{}}$ и $\sigma_{z_3}^{\ddot{}}$ от расстояний l_0 и l_2 .

1 — $\sigma_{z_1}^{\ddot{}} = f(l_0)$; 2 — $\sigma_{z_1}^{\ddot{}} = f(l_2)$; 3 — $\sigma_{z_3}^{\ddot{}} = f(l_2)$.

На рис. 4 приведены кривые изменения показателей $\sigma_{z_1}^{\ddot{}}$ и $\sigma_{z_3}^{\ddot{}}$ от расстояния l_0 (рис. 1) и l_2 (от центра тяжести трактора до его задней оси). Кривая 1 показывает, что увеличение расстояния l_0 от места опирания пачки на трактор до задней его оси несколько снижает вертикальную нагруженность трактора. При увеличении же расстояния l_2 она, наоборот, увеличивается.

Для пачки деревьев (кривая 3) характерна величина l_2 , равная 1,6 м, так как при $1,6 > l_2 > 1,6$ значения $\sigma_{z_3}^{\ddot{}}$ увеличиваются.

Проведенные исследования показали, что уровень динамической вертикальной нагруженности трактора Т-157 зависит от скорости движения и степени ровности дороги или волока; он выше, чем для трактора Т-150К [6]. Однако качественный характер изменения показателей колебаний исследуемого трактора имеет существенные отличия, что объясняется особенностями трелевочной машины и прежде всего наличием пачки деревьев, что косвенно подтверждается также работами [2], [3].

Установлено, что резонансные скорости движения трактора Т-157 на дорогах различного типа различны. Так, для лесной дороги в рассматриваемом случае зона резонанса располагается выше скорости 20 км/ч, для пачечного волока — выше 15 км/ч, а для магистрального — выше 12 км/ч.

Анализ данных расчета показал, что существенное улучшение плавности хода трактора произойдет при поддрессировании осей, а также введении в подвеску амортизаторов. Улучшение показателей вертикальной динамики возможно за счет рационального расположения точки опирания пачки на трактор по отношению к задней оси, а также выбора оптимального расстояния от задней оси до центра тяжести трактора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анилович В. Я. Анализ и синтез систем поддрессирования машинных агрегатов при случайных воздействиях. — Труды семинара по теории механизмов и машин, вып. 2. Харьков, ХГУ, 1966. [2]. Варава В. И., Помогаев С. А., Добрынин Ю. А. Установление компоновки параметров амортизации лесного колесного тягача. — В сб.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок, вып. 1. Л., ЛТА, 1972. [3]. Волошин Ю. А., Добрынин Ю. А. Исследование плавности хода и нагруженности рессор лесохозяйственного трактора класса 1,4 ТС. — «Тракторы и сельхозмашины», 1974, № 1. [4]. Волошин Ю. Л., Фалеева Е. Н. К вопросу оптимизации параметров подвески колесного трактора. — «Тракторы и сельхозмашины», 1973, № 3. [5]. Волошин Ю. Л., Фалеева Е. Н. Моделирование типичных нелинейных характеристик подвесок транспортных средств. — «Тракторы и сельхозмашины», 1975, № 6. [6]. Волошин Ю. Л., Чернявский И. Ш. и др. Исследование плавности хода колесного трактора класса 3 ТС. — «Тракторы и сельхозмашины», 1972, № 11. [7]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967.

Поступила 24 мая 1976 г.

УДК 534.141.001.57

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Б. Т. ПЕРЕТЯТКО, Б. В. БИЛЫК

Львовский лесотехнический институт

Изложена методика моделирования систем с распределенными параметрами, основанная на равенстве кинетических энергий реальной системы и ее модели. Приведены практические рекомендации по определению параметров модели хлыста.

Выполнение ряда технологических операций лесозаготовительного процесса связано с взаимодействием машин и гибкого груза в виде хлыстов или деревьев. В первую очередь это относится к транспортным машинам (лесовозные автопоезда, трелевочные тракторы), валочно-пакетирующим, погрузочным и другим специальным лесным машинам.

Колебания сложных механических систем, включающих упругие подсистемы с распределенными параметрами, обычно рассчитывают с помощью методов, разработанных для систем с сосредоточенными параметрами, то есть реальные системы условно заменяют дискретны-