

В Чериковском лесхозе заключительные операции по производству пиломатериалов выполняются на промплощадке "Радон". Такое производство в Краснопольском лесхозе функционирует на промплощадках лесхоза.

Лесозаготовительные комплексы вышли на проектную мощность в 2001 г. В смену каждым комплексом заготавливается 100 – 115 м³ древесины и выпускается 50 – 60 м³ обрезных пиломатериалов. Дополнительно образовано 46 рабочих мест.

УДК 630*377

В.В. Хайновский, аспирант

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НОВОЙ ПРИЦЕПНОЙ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ МТЗ

The problems of simulation of dynamics new of a scooptram in the programming system Matlab are esteemed. The system of differential equations depicting oscillation of a system in longitudinal and vertical planes is adduced, the values most typical of parameters of this system are adduced.

В настоящее время прицепные погрузочно-транспортные машины грузоподъемностью 4...11 т, предназначенные для сбора, погрузки, транспортировки и выгрузки сортиментов, успешно эксплуатируются в Республике Беларусь и за рубежом. Особенно широкое распространение прицепные погрузочно-транспортные машины получили среди фермеров Финляндии и Швеции. Наиболее известные зарубежные фирмы-производители: "Nokka-Tume", "Farmi", "Niab", "Patu". Предприятия РБ также выпускают погрузочно-транспортные машины такого типа.

На МТЗ создана прицепная погрузочно-транспортная машина МПТ-461, включающая лесохозяйственный вариант трактора МТЗ-82 и двухосную тележку с гидроманипулятором и грузовой платформой для транспортировки сортиментов длиной 2, 4 и 6 м, активным приводом колес, аутригерами и гидроуправляемым дышлом.

Расчетная динамическая схема (рис. 1) имеет восемь степеней свободы, описывающих колебания системы в продольной вертикальной плоскости: угловые перемещения масс трактора, прицепа и балансирного редуктора – φ_t , $\varphi_{пр}$, $\varphi_б$; вертикальные перемещения центра тяжести трактора, переднего моста и прицепа – Y_t , Y_m , $Y_{пр}$; продольные перемещения машины и прицепа – X_t , $X_{пр}$.

Вывод дифференциальных уравнений движения осуществлялся традиционными энергетическими методами исходя из уравнений Лагранжа второго рода с последующей проверкой по анализу равновесия действующих сил и моментов. Система дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы машины в продольной вертикальной плоскости, имеет вид

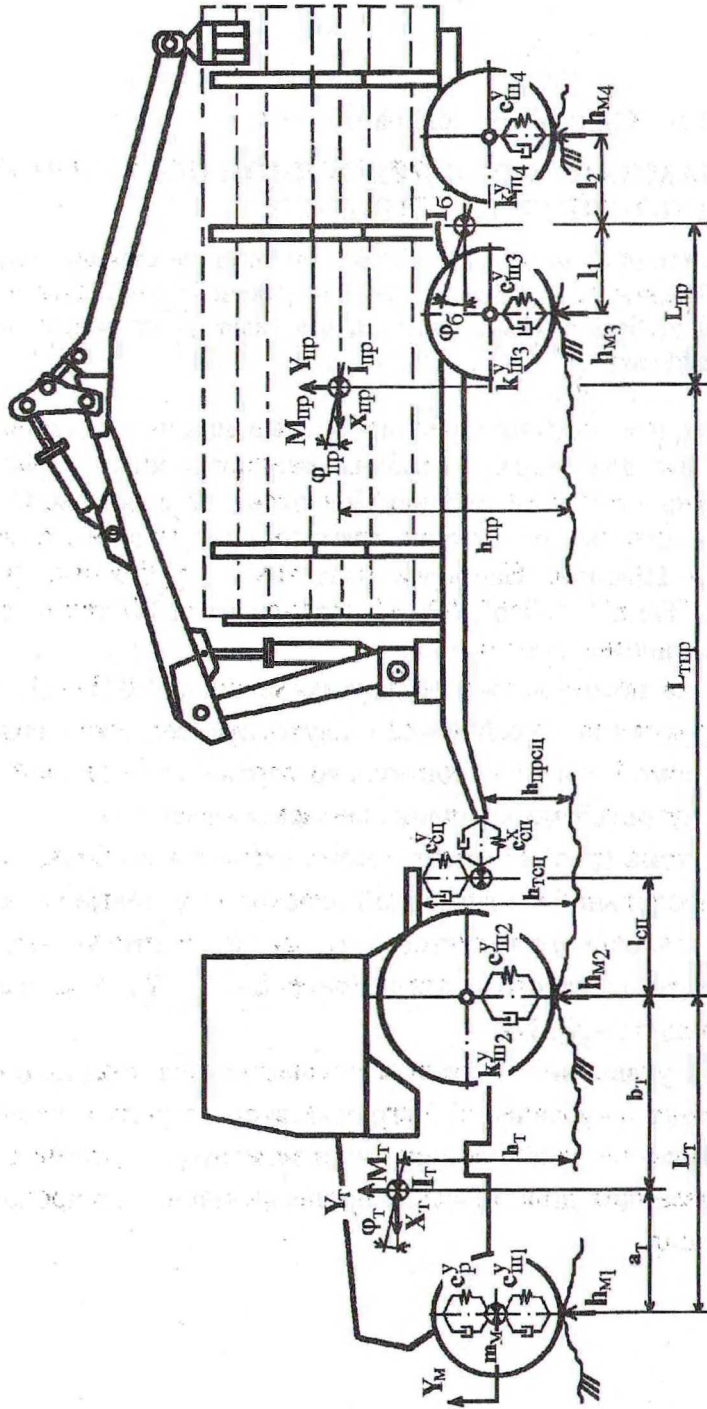


Рис. 1. Расчетная схема колебаний прицепной погрузочно-транспортной машины

$$\begin{aligned}
& M_T \cdot \ddot{Y}_T + c_p^y \cdot (Y_T + a_T \cdot \varphi_T - Y_M) + k_p^y \cdot (\dot{Y}_T + a_T \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{Y}_M) + \\
& + c_{m2}^y \cdot (Y_T - b_T \cdot \varphi_T - h_{m2}) + k_{m2}^y \cdot (\dot{Y}_T - b_T \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{h}_{m2}) = 0; \\
& m_M \cdot \ddot{Y}_M - c_p^y \cdot (Y_T + a_T \cdot \varphi_T - Y_M) - k_p^y \cdot (\dot{Y}_T + a_T \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{Y}_M) + \\
& + c_{m1}^y \cdot (Y_M - h_{m1}) + k_{m1}^y \cdot (\dot{Y}_M - \dot{h}_{m1}) = 0; \\
& M_{np} \cdot \ddot{Y}_{np} + c_{m3}^y \cdot [Y_{np} - (L_{np} - l_1) \cdot \varphi_{np} + \varphi_6 \cdot l_1 - h_{m3}] + k_{m3}^y \times \\
& \times [\dot{Y}_{np} - (L_{np} - l_1) \cdot \dot{\varphi}_{np} + \dot{\varphi}_6 \cdot l_1 - \dot{h}_{m3}] + c_{m4}^y \cdot (Y_{np} - (L_{np} + l_2) \cdot \varphi_{np} - \varphi_6 \cdot l_2 - \\
& - h_{m4}) + k_{m4}^y \cdot [\dot{Y}_{np} - (L_{np} + l_2) \cdot \dot{\varphi}_{np} - \dot{\varphi}_6 \cdot l_2 - \dot{h}_{m4}] - c_{cu}^y \cdot (Y_T - \\
& - (b_T + l_{cu}) \cdot \varphi_T - Y_{np} - \varphi_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})) - k_{cu}^y \cdot (\dot{Y}_T - (b_T + l_{cu}) \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{Y}_{np} - \\
& - \dot{\varphi}_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})) = 0; \\
& I_T \cdot \ddot{\varphi}_T + c_p^y \cdot a_T \cdot (Y_T + a_T \cdot \varphi_T - Y_M) + k_p^y \cdot a_T \cdot (\dot{Y}_T + a_T \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{Y}_M) - \\
& - c_{m2}^y \cdot b_T \cdot (Y_T - b_T \cdot \varphi_T - h_{m2}) - k_{m2}^y \cdot b_T \cdot (\dot{Y}_T - b_T \cdot \dot{\varphi}_T - \dot{h}_{m2}) + \\
& + (b_T + l_{cu}) \cdot (c_{cu}^y \cdot [-Y_T + (b_T + l_{cu}) \cdot \varphi_T + Y_{np} + \varphi_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})] + \\
& + k_{cu}^y \cdot [-\dot{Y}_T + (b_T + l_{cu}) \cdot \dot{\varphi}_T + \dot{Y}_{np} + \dot{\varphi}_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})]) - (h_T - h_{rcu}) \times \\
& \times (c_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \varphi_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \varphi_{np}]) + k_{cu}^x \times \\
& \times \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \dot{\varphi}_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \dot{\varphi}_{np}] = 0; \\
& I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_{np} + (L_{np} - l_1) \cdot (c_{m3}^y \cdot [-Y_{np} + (L_{np} - l_1) \cdot \varphi_{np} - \varphi_6 \cdot l_1 + h_{m3}] + \\
& + k_{m3}^y \cdot [-\dot{Y}_{np} + (L_{np} - l_1) \cdot \dot{\varphi}_{np} - \dot{\varphi}_6 \cdot l_1 + \dot{h}_{m3}]) + (L_{np} + l_2) \cdot (c_{m4}^y \times \\
& \times [-Y_{np} + (L_{np} + l_2) \cdot \varphi_{np} + \varphi_6 \cdot l_2 + h_{m4}] + k_{m4}^y \cdot (-\dot{Y}_{np} + (L_{np} + l_2) \cdot \dot{\varphi}_{np} + \\
& + \dot{\varphi}_6 \cdot l_2 + \dot{h}_{m4})) + (c_{cu}^y \cdot [-Y_T + (b_T + l_{cu}) \cdot \varphi_T + Y_{np} + \varphi_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})] + \\
& + k_{cu}^y \cdot [-\dot{Y}_T + (b_T + l_{cu}) \cdot \dot{\varphi}_T + \dot{Y}_{np} + \dot{\varphi}_{np} \cdot (L_{np} - l_{cu})]) \cdot (L_{np} - l_{cu}) + \\
& + (c_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \varphi_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \varphi_{np}]) + k_{cu}^x \times \\
& \times \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \dot{\varphi}_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \dot{\varphi}_{np}] \cdot (h_{np} - h_{prcu}) = 0; \\
& I_6 \cdot \ddot{\varphi}_6 + c_{m3}^y \cdot l_1 \cdot [Y_{np} - (L_{np} - l_1) \cdot \varphi_{np} + \varphi_6 \cdot l_1 - h_{m3}] + k_{m3}^y \cdot l_1 \times \\
& \times [\dot{Y}_{np} - (L_{np} - l_1) \cdot \dot{\varphi}_{np} + \dot{\varphi}_6 \cdot l_1 - \dot{h}_{m3}] + c_{m4}^y \cdot l_2 \cdot (-Y_{np} + (L_{np} + l_2) \cdot \varphi_{np} + \\
& + \varphi_6 \cdot l_2 + h_{m4}) + k_{m4}^y \cdot l_2 \cdot [-\dot{Y}_{np} + (L_{np} + l_2) \cdot \dot{\varphi}_{np} + \dot{\varphi}_6 \cdot l_2 + \dot{h}_{m4}] = 0; \\
& M_T \cdot \ddot{X}_T + c_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \varphi_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \varphi_{np}] + \\
& + k_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \dot{\varphi}_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \dot{\varphi}_{np}] = 0; \\
& M_{np} \cdot \ddot{X}_{np} - c_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \varphi_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \varphi_{np}] - \\
& - k_{cu}^x \cdot \{X_T - (h_T - h_{rcu}) \cdot \dot{\varphi}_T\} - [X_{np} - (h_{np} - h_{prcu}) \cdot \dot{\varphi}_{np}] = 0, \tag{1}
\end{aligned}$$

где M_T , M_{np} , m_M – соответственно массы трактора, прицепа, переднего моста; I_T , I_{np} , I_6 – соответственно момент инерции машины, прицепной тележки и балансирной тележки

осей прицепа; $c_{шл(2,3,4)}^y$, $k_{шл(2,3,4)}^y$ – суммарные вертикальные жесткости и сопротивления соответствующих мостов машины; c_p^y , k_p^y – суммарная вертикальная жесткость и сопротивление подвески переднего моста; $c_{сц}^y$, $c_{сц}^x$, $k_{сц}^y$, $k_{сц}^x$ – вертикальные и горизонтальные жесткости и моменты сопротивления сцепки трактора и прицепа; h_t , $h_{пр}$ – расстояние от опорной поверхности до центра тяжести трактора и прицепа соответственно; a_t , b_t – расстояния от центра тяжести трактора до передней и задней оси; l_1 , l_2 – плечи балансирующей тележки; $L_{тпр}$, $L_{пр}$ – расстояния от центра тяжести прицепа до задней оси трактора и оси вращения балансирующей тележки; $h_{м1(2,3,4)}$ – воздействие микропрофиля дороги на оси погрузочно-транспортной машины.

В таблице приведены основные параметры рассматриваемой лесотранспортной системы, соответствующие погрузочно-транспортной машине МПТ-461.

Таблица

Наиболее показательные параметры погрузочно-транспортной машины МПТ-461

Параметры	Значение
Масса трактора, кг	4630
Масса тележки без груза, кг	4860
Масса тележки с грузом, кг	12820
Подресоренная масса переднего моста, кг	220
Жесткость рессоры переднего моста, кН/м	373
Жесткость шины переднего моста, кН/м	316
Жесткость шины заднего моста, кН/м	483
Расстояние от задней оси трактора до оси балансирующей тележки прицепа, м	5480
Расстояние от задней оси трактора до центра тяжести, м	0,66
Расстояние от оси балансирующей тележки прицепа до его центра тяжести, м :	
– без груза	1,46
– с грузом	0,44
Расстояние от земли до точки сцепки, м	0,5

На основе системы уравнений (1) был разработан комплекс модулей программ в системе высокоуровневого программирования Matlab 6.0. Использование данного комплекса позволило провести всесторонний анализ поведения лесотранспортной системы с учетом варьирования ее параметров и особенностей возмущающих факторов.

На рис. 2 представлены зависимости амплитуд колебаний ϕ_t , $\phi_{пр}$, ϕ_6 при движении машины с грузом 7 т по дороге с синусоидальным продольным профилем со скоростью 1 м/с (высота неровности 0,3 м, длина – 1 м).

На рис. 3 показаны те же зависимости при движении машины по дороге с реальным микропрофилем, полученным экспериментально для пасечного волокна, со среднеквадратичной высотой неровности 10 см.

В конструкции погрузочно-транспортной машины МПТ-461 предусмотрена жесткая сцепка трактора и прицепа. Однако известно, что введение демпфирующих элементов в сцепное устройство позволяет снизить динамические усилия при неустановившемся движении. В связи с этим была проведена оценка влияния жесткости сцепного устройства на динамические усилия в сцепке при торможении машины. На рис. 3 представлен график зависимости динамического усилия в сцепке при торможении прицепной погрузочно-транспортной машины от жесткости сцепки. Представленная зависи-

мость получена при движении машины с грузом 7 т. Скорость движения изменялась от 3,6 км/ч до полной остановки.

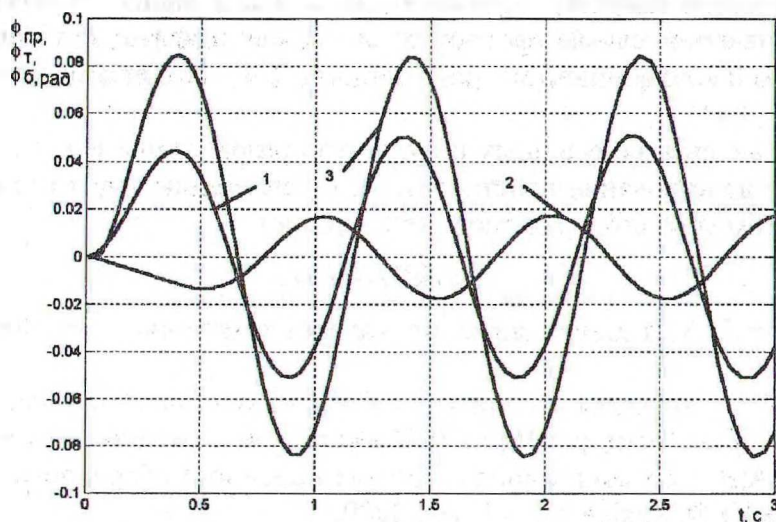


Рис. 2. Амплитуды колебаний φ_T , $\varphi_{пр}$, $\varphi_б$, рад (1, 2, 3), при движении лесотранспортной системы с грузом по дороге синусоидального продольного профиля

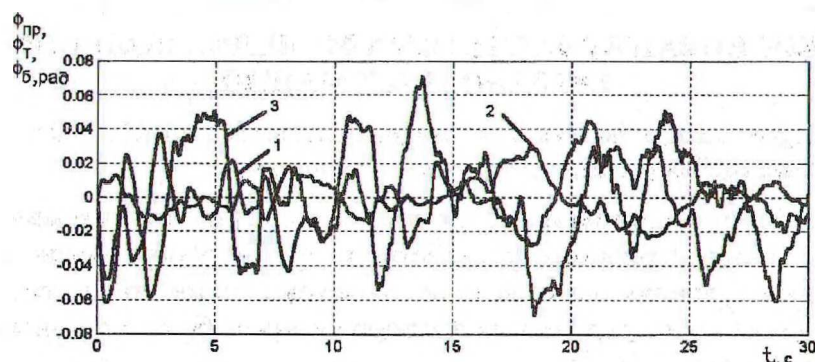


Рис. 3. Амплитуды колебаний степеней свободы φ_T , $\varphi_{пр}$, $\varphi_б$, рад (1, 2, 3), при движении лесотранспортной системы с грузом по реальному волоку

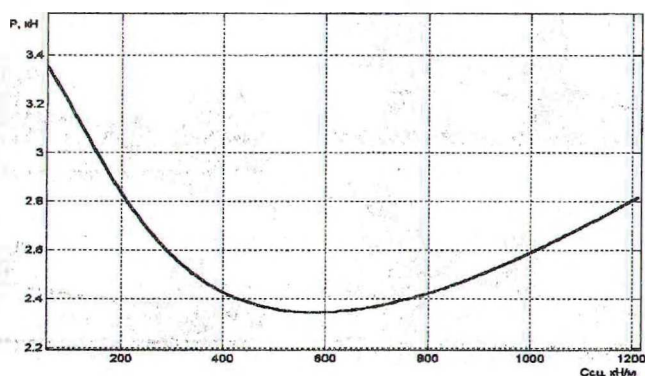


Рис. 4. График зависимости динамического усилия в сцепке при торможении погрузочно-транспортной машины от жесткости сцепки

