

УДК 630*377.1
ОЦЕНКА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА СИСТЕМЫ «КОЛЕСНЫЙ
ЛЕСОПОГРУЗЧИК–ГИДРОМАНИПУЛЯТОР–ПРЕДМЕТ ТРУДА»

А.А. ЕРМАЛИЦКИЙ, Д.В. КЛОКОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

С использованием разработанных математических моделей рассмотрено влияние параметров гидроманипулятора и груза – сортиментов (хлыста) на динамические показатели устойчивости и нагруженности машины.

Исследованиями установлено, что при подъеме груза стрелой гидропогрузчика возникают деформации в шинах, аутригерах, подвеске базового автомобиля. В этом случае необходимо проводить комплексное исследование, при котором все параметры системы играют определенную роль.

Результаты вычислений по соответствующей степени свободы показывают, что изменение динамических показателей в системе представляется в виде ярко выраженных затухающих колебаний. В процессе подъема пачки сортиментов и комлевой части хлыста на неустановившихся режимах самыми значительными являются амплитуды колебаний приведенной массы, сосредоточенной в точке захвата груза 0,35–0,51 м и дискретной массы хлыста, сосредоточенной в его центре тяжести 0,18–0,19 м.

Для оценки колебательного процесса системы при переходном режиме вычислялись: логарифмический декремент затухания $\delta = \ln(q_i / q_{i+1})$ и частота колебаний $\omega_i = 2\pi / T$. Максимальные значения показателя δ соответствуют работе лесопогрузочной машины с длинномерным грузом.

Интенсивность затухания колебаний, в значительной степени, зависит от приведенной жесткости и вылета стрелового оборудования гидроманипулятора, а частоты собственных колебаний системы – от инерционно-массовых, геометрических и жесткостных параметров предмета труда.

Пределы изменения частот собственных форм колебаний варьируются от $4,3 \text{ с}^{-1}$ до $5,4 \text{ с}^{-1}$. Максимальные частоты наблюдаются при разгоне и торможении штока гидроцилиндра ($\omega_i = 18,5\text{--}31,54 \text{ с}^{-1}$).

Кривые собственных колебаний упругих элементов системы происходят с частотой основного тона, однако, на начальном промежутке времени (до $t = 2,5\text{--}3 \text{ с}$) наблюдаются случаи двухкомпонентных кривых колебаний с существенным соотношением частот. Причем с увеличением скорости нарастания возмущающего воздействия до значений $\dot{\alpha} = 0,3 \text{ рад/с}$ резко возрастают амплитуды высокочастотных составляющих процесса.

Вид предмета труда оказывает значительное влияние на частоту колебаний всех элементов системы. Так, при подъеме комлевой части

хлыста основная частота в 1,72–1,85 раза выше, чем при поднятии пачки сортиментов. Увеличение жесткости хлыста $c_{хл}$ отрицательно сказывается на частотном режиме работы установки. Для исследуемого интервала $c_{хл}$, частота колебаний дискретных масс хлыста m_2 и m_3 возрастает почти в 2 раза. Увеличение жесткости гидроманипулятора $c_{гм}$ до 1000 кН/м приводит к замедлению темпов затухания колебательного процесса на 38–42 %.

Сравнительный анализ характера изменения кривых колебаний перемещений и ускорений динамически эквивалентных масс системы свидетельствует о незначительном влиянии на динамику устройства типа шасси базовой машины ввиду частичной блокировки его работы аутригерами гидроманипулятора. Однако уменьшение вылета опор l_a с 1,9 м до 1,1 м вызывает интенсивные поперечно-угловые колебания корпуса машины, характеризующиеся значительными знакопеременными нагрузками на раму и колеса. При этом угол поперечного крена θ поддрессоренной массы тягача изменяется от 0,35 до 1,28°, а частота ее собственных колебаний уменьшается более чем в 2 раза. При жесткости аутригера $c_a = 30000$ кН/м, возможно снижение динамического крена почти в 2 раза. При этом угловые ускорения поддрессоренного корпуса изменяются незначительно.

Исследования показали, что при рассматриваемых переходных режимах в опорах ЛПМ возникают существенные динамические реакции R_i , которые требуют учета. Динамические реакции левой R_1 и правой R_2 опор представляются в виде затухающего колебательного процесса относительно некоторых средних статистических величин, причем наибольшее значение $R_{i \max}$ приходится на первый максимум. Время нарастания нагрузки до максимального значения составляет 1 с. При погрузке сортиментов в диапазоне времени до 2 с для динамических реакций R_1 и R_2 характерно проявление гармоник более высокой частоты. На колебания нагрузки, происходящие с собственной частотой 4,83–5,21 с⁻¹ накладываются колебания, частота которых 24,17–29,91 с⁻¹. При подъеме комлевой части хлыста на характер кривых колебаний R_i оказывает влияние высокочастотная составляющая в 3,83–4,06 раза превышающая основную частоту, вызванная перемещением дискретной массы m_3 , сосредоточенной в центре тяжести длинномерного груза.

Сравнительный анализ значений динамических реакций показал, что при подъеме пачки сортиментов R_2 для неподдрессоренного шасси трактора в 2,4–2,5 раза выше, чем для поддрессоренного шасси автомобиля, и, в начале переходного режима, на максимальном вылете стрелы, ее величина может достигать 12–14 кН.

Проведенный анализ позволяет оценить поперечную устойчивость гидроманипуляторных лесопогрузчиков, обосновать весовые и жесткостные параметры элементов подвески, шин, аутригеров, гидроманипулятора, определить рациональные соотношения между параметрами и режимами работы лесопогрузочной машины.