

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ АГРЕГАТНЫХ МАШИН

Questions of interaction of a pack of trees with the process equipment are considered at various constructive circuits of the suspension.

**Введение.** Повышение надежности машин общего и специального назначения должно быть заложено на стадиях проектирования с учетом эксплуатационных режимов нагружения, действия динамических нагрузок внутренних и внешних силовых факторов, возникающих в процессе работы механизмов и систем транспортных средств.

Решение такой задачи не представляется возможным без рассмотрения анализа взаимодействия и взаимовлияния подсистем транспортного средства друг на друга. Колесная агрегатная лесная машина может иметь различную компоновочную схему оригинальных узлов, выполняющих роль несущих элементов и имеющих привод от двигателя через передаточные звенья в виде валов, шестерен, качающихся балок и тросовых элементов.

Решение прикладных задач динамического характера в настоящий период может сводиться к самым простым динамическим моделям, например представлению объекта в виде твердого тела или системы тел, подверженных действию определенных сил. Это, прежде всего, связано с большим количеством связей и ограничений, которые по своей природе и возникновению имеют различную структуру и влияние на динамику нагружения объекта.

Такие подходы могут быть изменены при решении сложных задач динамического нагружения колесных лесных агрегатных машин при выполнении некоторых условий симметрии относительно инерционных свойств и внешних силовых факторов колебаний транспортного средства как твердого тела в любом поле сил и могут быть полностью или частично разделены. Необходимо помнить, что обобщенные координаты тела связаны нелинейными соотношениями в его уравнениях движения, колебания тела в направлении одной из главных координат почти всегда приводят к возбуждению его колебаний в направлении других координат. В большинстве случаев последние малы по сравнению с первыми и их влияние незначительно, в то же время в системе возможно осуществление такого перераспределения энергии колебаний за счет нелинейных связей между отдельными агрегатами, что они могут стать определяющими. Такие колебания твердого тела оказываются взаимосвязанными, и в общем случае оно будет совершать сложное пространственное нелинейное колебательное дви-

жение. Попытки представления колебаний колесной транспортной системы в пространственной системе координат в исследовании авторов [3–4] позволили в большей степени выявить не источник внешних и внутренних возмущающих факторов, а их взаимовлияние в колебательных явлениях при работе колесного транспортного средства.

**1. Особенности эксплуатационных режимов.** Попытка классификации колебательных процессов и их влияние на происходящие динамические явления в системах и механизмах машин общего и специального назначения делалась и ранее. Применительно к колесным агрегатным лесным машинам представляет интерес классификация динамических процессов по характеру их влияния на важнейшие эксплуатационные показатели: топливную экономичность, показатели поперечной и продольной устойчивости, эргономические показатели, ресурс и условия труда тракториста.

На наш взгляд, колебательные процессы колесных лесных машин значительно отличаются от процессов, происходящих в сельскохозяйственных тракторах. Так Г. М. Кутков [1] колебательные процессы в сельскохозяйственном тракторе разделяет на три основные группы, а автор работы [2] классифицирует возмущающие воздействия для лесных машин на пять групп и утверждает, что они возникают при выполнении рабочих операций, которые определяются эксплуатационными условиями.

Общеизвестно, что тенденция увеличения мощности двигателей для тракторов общего и специального назначения остается насущной и в настоящий момент. Одновременно по мере повышения энергонасыщенности и скорости движения трактора интенсивность тягово-динамических процессов значительно возросла. Так, неравномерность колебаний нагрузки на крюке повысилась в 1,3–1,6 раза, колебательные нагрузки на двигатель возросли примерно в 1,6–1,7 раза, что существенно повлияло на колебательные явления в трансмиссии, ходовой части и элементах рулевого управления. Приведенные данные подтверждают тот факт, что происходит перераспределение энергии на колебательные процессы в системе «трактор – предмет труда» в сторону их увеличения от источника внутреннего воздействия транспортного средства, каким является двигатель. На наш взгляд, происходящие динамические

процессы наиболее полно можно представить в виде колебательных контуров с собственной частотой.

На рисунке представлена схема динамической системы колесного трелевочного трактора в виде колебательных контуров.

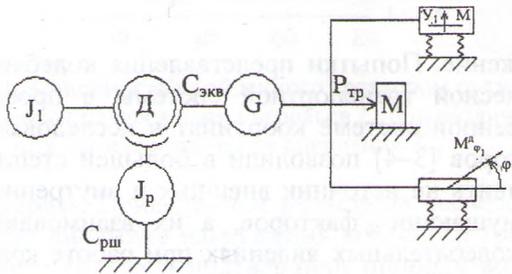


Рисунок. Схема представления динамической системы колесного трелевочного трактора в виде колебательных контуров

Маховая система двигателя с деталями шатунно-поршневой группы  $J_1$  при представлении валов и шин, обладающих эквивалентной жесткостью  $C_{\text{экв}}$ , соединена с поступательно движущейся массой трактора  $M$ . Эти составляющие образуют основной колебательный контур, собственная частота зависит от передаточного числа в коробке передач и изменяется в пределах 1,91–2,56 Гц. На наш взгляд, изменение тягового усилия лесного тягача происходит в основном за счет колебательной нагрузки в тяговом канате или формирующем устройстве, где располагается груз в виде пачки деревьев.

Установлено, что колебания остова от неровности дороги происходят в небольших диапазонах вертикальных и продольных угловых отклонений, влияние которых для лесных машин становится менее заметным при сравнительно небольших скоростях передвижения. В таком случае можно сказать о колебательном контуре вертикальных воздействий, обусловленных воздействием упругой силы на вертикальные колебания. Еще один колебательный контур возникает от действия продольно-угловых колебаний лесного тягача под действием упругого момента:

$$M_{\text{фт}} = P_{\text{тр}} (h_{\text{т}} - r_{\text{к}}),$$

где  $h_{\text{т}}$  – вертикальная координата центра тяжести лесного тягача;  $r_{\text{к}}$  – радиус колеса при продольно угловых колебаниях.

Расчетные исследования, проведенные рядом авторов [3, 4], подтверждают тот факт, что рассмотренные нами выше два колебательных контура являются низкочастотными с изменением частот в диапазонах 2,35–2,51 Гц и 2,78–2,88 Гц соответственно. Необходимо отметить, что для транспортной системы, какой является колесный лесной тягач, имеется реактивный контур, обусловленный действием моментов инерции от двигателя, сцепления и элементов трансмиссии при угловых колебаниях относительно оси качения, близкой к центру тяжести системы и тангенциальной нагрузке шин  $C_{\text{рш}}$ ,  $J_{\text{р}}$  с собственной частотой в пределах 1,11–1,42 Гц.

Такой подход при решении задач динамического характера диктуется, в первую очередь тем, что мы должны знать, какой контур, прежде всего интересует нас. В конечном итоге задача заключается в том, чтобы найти такое значение коэффициента демпфирования  $K$ , которое учитывало бы дополнительную диссипацию энергии двигателя в колебательных контурах системы.

**Выводы.** Проведенные нами аналитические расчеты по разработанным моделям динамики движения колесного лесного трактора на режимах трогания и установившегося движения подтвердили правильность наших предположений о распределении диссипации энергии по описанным выше колебательным контурам. На контур, обусловленный динамическим тяговым усилием  $P_{\text{тр}}$ , передаваемым шинами на тягач и воздействующим на вертикальные и продольно-угловые колебания системы, приходится 64–75% энергии рассеивания, а контур, обусловленный упругим моментом, поглощает 22% энергии. На два остальных контура приходится 6,3–7,2% энергии диссипации.

### Литература

1. Кутьков, Г. М. Тяговая динамика тракторов / Г. М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1980. – 211 с.
2. Жуков, А. В. Теория лесных машин / А. В. Жуков. – Минск: БГТУ, 2001. – 640 с.
3. Ганиев, Р. Ф. Колебания твердых тел / Р. Ф. Ганиев, В. О. Кононенко. – М.: Наука, 1976. – 431 с.
4. Вейц, В. Л. Динамика управляемых машинных агрегатов / В. Л. Вейц, М. З. Коловский, А. Е. Кочура. – М.: Наука, 1948. – 351 с.