

В институтах и конструкторских бюро

УДК 634.0.377.45

ПОДРЕССОРИВАНИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ И ДРУГИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. В. Жуков
Белорусский технологический институт

Автомобильным лесовозным транспортом вывозится 70% общего объема вывозимой древесины, в связи с этим он продолжает играть все большую роль в ритмичности работы лесозаготовительных предприятий.

Основные и вспомогательные транспортные средства в условиях лесной промышленности имеют некоторые особенности. Лесовозные автомобили работают под большими рейсовыми нагрузками и при пониженных скоростях движения.

Лесовозные дороги и подъездные пути, имеющие значительные неровности в виде возвышенностей, впадин и выбоин, сильно влияют на работоспособность лесовозного транспорта. С ухудшением микропрофиля лесовозных дорог ограничиваются скорости движения автотранспорта и повышаются динамические нагрузки, вследствие чего происходит быстрый износ подвижного состава — поломки рам, ходовой части и других важных узлов. Кроме того, движение по неровным дорогам сопряжено с перерасходом топлива. Снижение скорости движения автомобилей на неровных дорогах объясняется не только увеличением динамических нагрузок на их детали и узлы, но и возрастанием сопротивления движению.

Основными факторами, определяющими эффективность и рентабельность работы автомобильного транспорта, являются производительность и себестоимость перевозок.

В лесной промышленности на дорожные и транспортные расходы приходится 40—45% всех расходов лесозаготовительного предприятия, поэтому снижение себестоимости перевозок существенно отражается на снижении себестоимости древесины. Себестоимость перевозок древесины автопоездами в значительной степени можно снизить за счет повышения производительности подвижного состава, применения рациональных конструктивных схем автопоездов, снижения расхода топлива, увеличения пробегов подвижного состава без ремонтов. На перечисленные показатели оказывает значительное влияние ровность покрытия дорог. Поэтому снижения себестоимости древесины можно добиться двумя путями:

улучшением качества дорожного строительства, применением улучшенных типов покрытий, своевременным и качественным проведением работ по содержанию и ремонту автомобильных лесовозных дорог;

улучшением конструкции подвижного состава автомобильных лесовозных дорог, прежде всего применением подвески, параметры которой наилучшим образом согласуют величину динамических нагрузок на автопоезд с качеством поверхности (микропрофиля) дороги.

Снижение себестоимости транспортных перевозок должно производиться одновременно двумя указанными путями. Это даст наибольший экономический эффект. Однако в связи с тем, что улучшение качества дорог связано

с большими капиталовложениями, особое внимание должно быть уделено улучшению конструкции автотранспортных лесовозных средств — автомобилей и прицепного состава.

Динамические нагрузки на детали и узлы автомобилей и прицепов появляются в результате их колебаний, возбуждаемых в основном неровностями дорог. Чтобы правильно определить характер динамических нагрузок, необходимо знать характер колебательного процесса лесовозного транспортного средства. Оценка колебательного процесса может быть произведена только в том случае, если известны характеристика воздействия от дороги на автопоезд и характеристика динамической системы, эквивалентной автолесовозу.

Неровность проезжей части дороги определяется средней глубиной впадин, чередующихся с возвышениями. Степень ровности дороги часто определяют рейкой длиной 3 м. Глубину впадин определяют как просвет между рейкой и поверхностью дороги в наиболее глубоком месте. Допускаемая скорость движения автопоезда для данного участка дороги устанавливается путем испытаний по средней величине просвета. Применяются и другие методы оценки ровности покрытия дорог (например, толчкомерами). Однако ими нельзя правильно оценить характер воздействия на автопоезд от дороги. Более точно оценить взаимодействие дороги с машиной можно, если считать, что характер изменения неровностей микропрофиля изменяется по периодическому закону. Но, как известно, дорожные неровности носят случайный характер. Они могут быть самых различных размеров по высоте и длине и в разнообразных сочетаниях. Чтобы правильно определить характер воздействия от неровностей дороги на лесовозный автомобиль, необходимо микропрофиль проезжей части рассматривать как случайный процесс. Микрорельеф можно представить как стационарный случайный процесс, а функцию воздействия — как стационарную случайную функцию. Таким образом, статическая обработка микропрофиля дороги даст нам исчерпывающую характеристику воздействия на автопоезд для различных скоростей движения. В качестве таких характеристик должны быть использованы корреляционные функции и спектральные плотности воздействия.

Поддрессоренную массу автолесовоза можно рассматривать как разомкнутую систему автоматического регулирования с несколькими входами и одним выходом. На вход системы подается воздействие $\Phi(\omega)$.

Воздействие $\Phi(\omega)$ от дороги на различные оси автопоезда отличается только величиной смещения τ , которое представляет собой время запаздывания воздействия на задние оси транспортного средства по отношению к передней.

Чтобы определить, каким образом воздействие $\Phi(\omega)$ влияет на характер колебаний автопоезда, необходимо знать характеристику подрессоренной системы. Поскольку спектральная плотность $\Phi(\omega)$ характеризует воздействие на машину в частотной области, то для оценки динамической системы, особым образом воспринимающей эти воздействия, необходимо найти ее частотные характеристики. Амплитудно-фазовые частотные характеристики $W(i\omega)$ динамической системы, эквивалентной тому или иному лесовозному автопоезду, можно определить по дифференциальным уравнениям движения. Модуль вектора — амплитудная частотная характеристика $\{W(i\omega)\}$ представляет собой отношение амплитуды вынужденных колебаний к амплитудам воздействия. Чем больше величина этого отношения, тем больше амплитуда вынужденных колебаний при данном воздействии.

Итак, мы имеем спектральную плотность воздействия $\Phi(\omega)$, полученную путем статической обработки микропрофиля исследуемой лесовозной дороги, и амплитудно-фазовые частотные характеристики лесовозного транспортного средства. По этим величинам можно определить энергетический амплитудный спектр вынужденных колебаний автопоезда $S(\omega)$. Для этого необходимо спектральную плотность воздействия $\Phi(\omega)$ умножить на квадрат амплитудной частотной характеристики:

$$S(\omega) = [W(i\omega)]^2 \cdot \Phi(\omega).$$

Спектральная плотность воздействия зависит от качества дороги и скорости движения, а амплитудная частотная характеристика — от параметров подвески и конструкции автолесовоза в целом, так как в выражение $W(i\omega)$ в качестве постоянных коэффициентов входят жесткости, коэффициенты сопротивления подвески, такие конструктивные размеры, как база и колея автопоезда, и другие. Поэтому изменить энергетический спектр колебаний автопоезда можно только за счет изменения амплитудной частотной характеристики, которая может варьироваться в широких пределах.

Энергетические спектры колебаний автопоезда дают наглядное представление о влиянии на динамические нагрузки скорости движения, параметров подвески, дорожных условий и других факторов. Если за счет изменения амплитудной частотной характеристики подобрать параметры подвески и основные конструктивные показатели автопоезда в целом так, чтобы при прочих равных условиях иметь наименьшие значения энергетических спектров амплитуд колебаний, то конструкция транспортной машины наилучшим образом согласуется с рассматриваемым типом дороги.

В качестве примера рассмотрим некоторые результаты исследований, проведенных в Ленинградской лесотехнической академии имени С. М. Кирова.

В задачу исследований входила оценка параметров подвески и конструкции в целом автопоезда для проектирования крупногабаритного лесозаготовительного оборудования на различных типах дороги. Автопоезд состоял из тягача МАЗ-501 и полуприцепа новой конструкции МАЗ-845. В результате статической обработки микропрофилей различных по качеству покрытий дорог были по-

лучены для них графики спектральной плотности. За тем описанным методом были определены энергетические спектры реакций исследуемого автопоезда на всех участках дорог. Для оценки точности указанного метода те же энергетические спектры реакций были определены экспериментально. Сравнение экспериментальных и теоретических кривых энергетических спектров реакций показывает, что расхождение между ними незначительно. Вероятность указанных отклонений изменяется в пределах 0,99—0,95, что подтверждает реальность результатов описанного метода.

Максимальные значения динамических нагрузок на седельном устройстве для различных скоростей движения наблюдаются при одной и той же частоте $\omega = 15 \frac{1}{\text{сек}}$, что

близко к частоте собственных продольно-угловых колебаний автопоезда. Максимальная величина динамических нагрузок имеет место при скорости движения автопоезда 30 км/час. При дальнейшем увеличении скорости движения величина динамических нагрузок уменьшается. Характер изменения амплитуд отклонений реакции R_c на седельном устройстве тягача для различных скоростей движения полностью определяется характером изменения частоты ω . Планиметрируя площадь кривых скоростей движения, изображенных графически, мы можем получить дисперсии и средние квадратичные отклонения амплитуд реакций и по ним построить соответствующие кривые распределения для различных скоростей движения и данного вида нагрузок. Определяемая по кривым распределения вероятность появления динамических нагрузок той или иной величины дает необходимый материал для расчета деталей и узлов автопоезда на динамическую прочность и усталостность.

Исследования автопоезда дали необходимый исчерпывающий материал о его работоспособности и рациональности параметров конструкции и параметров подвески при эксплуатации на различных типах дорог.

На основании анализа энергетических спектров реакций и амплитудных частотных характеристик было установлено, что наблюдаемые при движении автопоезда по дорогам плохого качества значительные амплитуды поперечно-угловых колебаний полуприцепа могут быть устранены увеличением сопротивления задней подвески до величины 2500—3000 кг·сек/см.

Проведенные исследования подтвердили эффективность описанного спектрального метода, который при проектировании новой лесовозной автомобильной техники позволит правильно выбрать параметры подвески автомобилей и прицепных средств, обоснованно определить конструктивные размеры, правильно рассчитать детали и узлы на динамическую прочность и усталостность. Все это позволит увеличить скорость движения при максимальных нагрузках, увеличить межремонтный пробег, что приведет к повышению производительности лесовозных автопоездов на вывозке леса, а также скажется на снижении себестоимости лесной продукции.

Материал поступил 14 декабря 1966 г.