

Н. П. Вырко, профессор; В. А. Симанович, доцент; С. В. Ярмолик, ассистент

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВНЕШНЕГО ХАРАКТЕРА У ЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Character of external influence from a microstructure logging roads on wheel vehicles in various areas of operation is revealed. Statistical characteristics of process and their sizes are determined in view of casual character of influences.

Переместительные операции в лесозаготовительном производстве на стадии трелевко-вывозка связаны с условиями, которые создаются разработчиками лесного фонда. При движении лесных машин по волокам и усам приходится преодолевать неровности, образованные отходами лесозаготовительного производства, которые вызывают колебательные процессы в транспортной системе и приводят к повышенной нагрузке ходовой части, трансмиссии, а также элементов технологического оборудования. Величина этих нагрузок определяется динамическими параметрами транспортной системы и характеристиками внешнего воздействия, образованными в результате эксплуатации.

Определение величин реально действующих нагрузок в основных узлах и агрегатах колесных транспортных средств возможно лишь при знании статистических характеристик лесных условий, учитывающих единичные препятствия и неровности пути. Неровности и препятствия, входящие в состав микропрофиля, имеют сложную произвольную форму со случайным характером изменения высоты, шага и длины основания неровностей и препятствий.

Математически это возмущение можно описать случайной функцией. В настоящее время производятся расчеты сложных динамических систем, позволяющие на стадии проектирования имитировать процессы в узлах и агрегатах лесозаживочных транспортных средств. Методы статистической динамики позволяют определять динамические характеристики процессов по статистическим характеристикам воздействия.

Существует два метода аналитического описания внешнего воздействия под колесами транспортного средства. Первый — представление микропрофиля в виде периодических функций, а второй дает представление микропрофиля как стационарной случайной функции и задание его корреляционной функцией и спектральной плотностью.

Большинство исследователей пользуются вторым методом, позволяющим учитывать объемную картину микропрофиля, и воздействие рассматривается с учетом скорости передвижения транспортного средства.

Математическое описание случайного воздействия в нашем случае было представлено в виде стационарной случайной величины с определением корреляционной функции и спек-

тральной плотности. На первом этапе исследований проводилось выравнивание полученных данных с целью придания процессу стационарного характера при соблюдении в последующем важнейшего свойства случайной функции — эргодичности. Выявление указанных признаков производилось по результатам обработки двенадцати реализаций протяженностью от 200 до 250 м в различных районах заготовки древесины на территории Республики Беларусь.

Среднеквадратичные значения σ_n неровностей для лесовозных дорог и усов в различных районах изменялись в широком диапазоне и для дорог составляли 3,2–5,4 см, а для усов — 5,1–9,8 см.

За основную статистическую характеристику лесовозных дорог и усов, укрепленных отходами производства и порубочными остатками, в исследованиях была принята корреляционная функция.

Процесс подбора аналитического выражения для описания корреляционной функции микропрофиля $R(\tau)$ и спектральной плотности $S(\omega)$, заданных графиком, состоит из выбора аппроксимирующей функции и подбора коэффициентов.

При выборе аппроксимирующей функции $R(\tau)$ должны быть выполнены следующие условия, вытекающие из свойств корреляционных функций стационарных эргодичных процессов: $R(\tau)$ является функцией четной; $R(\tau) \rightarrow 0$ при $\tau \rightarrow \infty$. Аналитические выражения $R(\tau)$ должны иметь удобный вид для анализа, а параметры нести физический смысл. Случайные значения корреляционных функций аппроксимировались выражениями вида

$$\rho(\tau) = R(0) \sum_{i=1}^n A_i e^{-\alpha_i |\tau|} \cos \beta_i |\tau| + \frac{\alpha_i}{\beta_i} \sin \beta_i |\tau|;$$

$$\sum_{i=1}^n A_i = 1.$$

Численные значения коэффициентов корреляционной связи α_i , β_i , а также A_i являются исходным материалом для моделирования воздействий от микропрофиля типичных лесных условий. Характер изменения корреляционных функций зависит от вида уравнения, его описывающего, и численные значения входящих в него коэффициентов могут различаться в довольно широких пределах даже для одного типа условий работы лесовозного транспортного средства.

Спектральная плотность $S(\omega)$ возмущающего воздействия обычно находится из преобразования

Фурье, имеет ряд выражений, но наиболее встречающиеся в статистической теории имеют вид

$$S(\omega) = \frac{A_1 \alpha_1}{\pi} \cdot \frac{1}{\omega^2 + \alpha_1^2} + \frac{A_2 \alpha_2}{\pi} \cdot \frac{\omega^2 + \alpha_2^2 + \beta_1^2}{(\omega^2 + \alpha_2^2 - \beta_1^2) + 4\alpha_2^2 \beta_1^2}$$

где ω — круговая частота.

$$\omega_{0i}^2 = \alpha_i^2 + \beta_i^2.$$

На рис. 1 приведена нормированная корреляционная функция и ее аппроксимирующее выражение для лесовозной дороги.

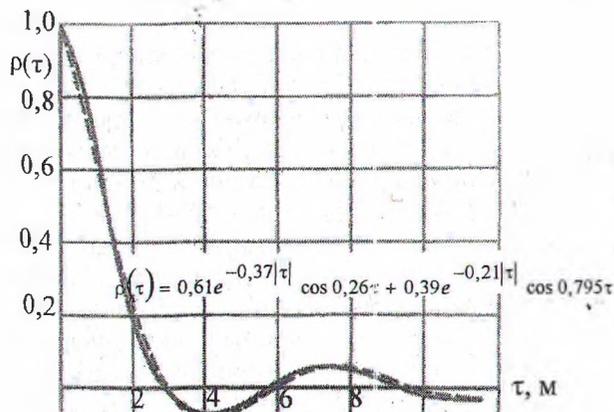


Рис. 1. Нормированная корреляционная функция и ее аппроксимирующее выражение для лесовозной дороги

Анализ зависимости корреляционной функции и ее аппроксимирующего выражения показал, что во временной области изменения происходят по сложной зависимости, и подтверждает предположение о взаимосвязи, и взаимовлиянии микропрофиля и сглаживающего характера в шинах и подвеске лесовозного автомобиля МАЗ-5434 с прицепом-ропуском МАЗ-9008.

Спектральные плотности от воздействия микропрофиля лесной дороги для скорости движения автопоезда, равной 4,9 м/с, наиболее характерно проявляются на частотах 5–6 с⁻¹. Увеличение скорости движения лесовозного автопоезда до 6,9 м/с приводит к смещению пиковых значений $S_q(\omega)$ в область более высоких частот. Максимумы спектральных плотностей для $v = 5,8$ и 6,9 м/с наблюдаются при частотах 6,4 с⁻¹ и 9,8 с⁻¹ (рис. 2).

Было установлено, что микропрофили лесных дорог и усов в состоянии возбуждать колебания в широком спектре частот. Ширина диапазона частот зависит от скорости и условий движения. Область проявления максимумов частот проявляется при скоростях движения 3–7 м/с.

С увеличением скорости движения максимумы $S(\omega)$ при более высоких частотах, причем могут наблюдаться два всплеска спектральной плотности в низкочастотной области, и это объясняется в основном конструктивно-компоновочными параметрами системы.

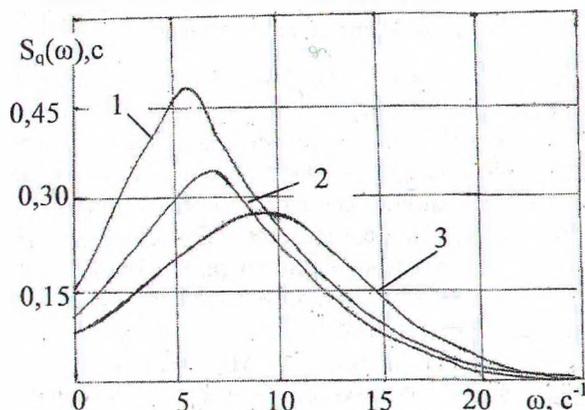


Рис. 2. Спектральные плотности воздействия опытных участков лесовозной дороги при различных скоростях движения автопоезда: 1 — $v = 4,9$ м/с; 2 — $v = 5,8$ м/с; 3 — $v = 6,9$ м/с

В нашем случае для скоростей движения лесовозного автопоезда 4,9–6,9 м/с максимумы $S(\omega)$ проявляются при частотах 3–7 с⁻¹.

Расчетным путем установлено, что с ростом скорости движения лесовозного автопоезда значения $S_q(\omega)$ смещаются в сторону большего значения частоты, а их величина падает, что позволяет сделать вывод о том, что возмущающие воздействия, обусловленные микропрофилем лесной дороги, носят случайный характер.

Использование полученных значений среднеквадратичных отклонений ординат микропрофиля, корреляционных функций, коэффициентов аппроксимации и спектральных плотностей позволит более точно выполнять динамические расчеты методами статистической динамики, выпускаемых и вновь проектируемых лесовозных транспортных средств.

Литература

1. Бочаров Н. Ф., Гусев В. И., Семенов В. М. и др. Транспортные средства на высокоэластичных движителях. — М.: Машиностроение, 1974. — 208 с.
2. Жуков А. В. Теория лесных машин. — Мн.: БГТУ, 2001. — 563 с.
3. Хачатуров А. А., Афанасьев В. А., Васильев В. С. и др. Динамика системы «дорога — шина — автомобиль — водитель». — М.: Машиностроение, 1976. — 534 с.