

лучить усилия M и Q в произвольном сечении при обеспечении достаточной для практики проектирования точности. Наличие программы расчета на ЭВМ значительно расширяет область его применения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Стуков В. П. Метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 41—51.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Улицкий Б. Е. Пространственный расчет бездиафрагменных пролетных строений мостов.— М.: Автотрансиздат, 1963.— 205 с.

Поступила 31 октября 1989 г.

УДК 621.825.6.004.65

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАРДАНЫХ ВАЛОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ

Р. П. КАПУСТИН, А. В. ШУВАЛОВ

Брянский технологический институт

В трансмиссиях автомобилей и колесных тракторов широко применяются карданные передачи с шарнирами неравных угловых скоростей и шлицевыми компенсаторами.

Повышение нагруженности трансмиссий современных лесовозных автомобилей приводит к увеличению осевых сил в подвижном шлицевом соединении карданных валов и ускоренному изнашиванию соединения. Это в основном связано с переменными скоростными и нагрузочными режимами работы карданных валов, большими осевыми перемещениями и недостаточной защищенностью соединения от внешней среды. Как свидетельствует опыт эксплуатации лесовозных автомобилей, ресурс их карданных валов, вследствие выхода из строя шлицевого соединения, в несколько раз ниже, чем у аналогичных машин, используемых на транспортных перевозках.

Основные пути увеличения срока службы шлицевого соединения карданных валов — повышение точности изготовления соединения, улучшение его герметичности, применение высокопрочных и износостойких материалов, применение антифрикционных смазок и покрытий.

Задача наших исследований — сравнить работоспособность шлицевого соединения карданных валов со смазками пресс-солидол С, № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) и ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75) и определить возможности повышения эксплуатационной надежности карданной передачи.

Смазка пресс-солидол С выбрана в качестве базовой для сравнения, поскольку в настоящее время смазки группы солидол, как наиболее дешевые, используют для заправки шлицевых соединений. Смазку № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) применяют для смазывания игольчатых подшипников карданных шарниров, но она в 3,8 раза дороже пресс-солидола С. Смазка ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75) обладает наиболее высокими антифрикционными свойствами, но в 4,8 раза дороже, чем № 158.

Карданные валы автомобилей ЗИЛ и КамАЗ испытывали на специальном стенде [2]. Он выполнен по схеме замкнутого контура с нагружающим устройством дифференциального типа, механизмом перемещения валов по шлицам и устройством для измерения и регистрации крутящего момента и осевых сил, оборудован системой автоматического поддержания теплового режима шлицевых соединений.

Исследования валов на стенде проводили в следующем режиме: нагружающий момент $M = 400 \dots 500$ Н·м, длина перемещения валов по шлицам — 40 мм, число двойных ходов механизма перемещения валов по шлицам — 80 мин^{-1} , максимальная

температура нагрева вала в зоне трения шлицев $+313^{\circ}\text{C}$. Моделируемый режим нагружения был определен при дорожных испытаниях автомобиля ЗИЛ-131 и соответствовал диапазону изменения нагрузок во время его эксплуатации на лесовозных дорогах.

Перед испытаниями шлицевое соединение заправляли смазкой. Карданный вал работал на стенде до появления задиров на поверхности шлицев. По наработке в часах и интенсивности изнашивания оценивали работоспособность соединения с испытуемой смазкой. Полученные результаты представлены в виде графиков и эмпирических зависимостей.

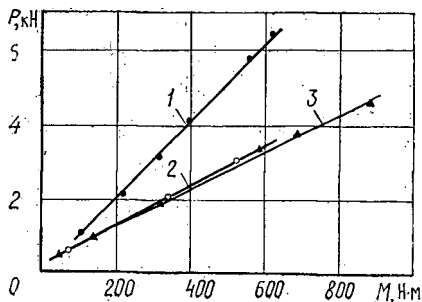


Рис. 1. Зависимость сил трения (P) в шлицевом соединении карданного вала при ходе сжатия от нагружающего момента (M) и вида смазки: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИ НП-242

Как видно из графиков (рис. 1), для каждого типа смазки осевые силы в шлицевом соединении изменяются пропорционально приложенной нагрузке. Наибольшего значения они достигают при использовании смазки пресс-солидол С (в среднем в 1,7 раза выше осевых сил для смазок ВНИИ НП-242 и № 158). Представленные на рис. 1 закономерности описываются следующими выражениями:

для пресс-солидола С

$$P_1 = 1,0294 \cdot 10^{-2} M;$$

для смазки № 158

$$P_2 = 0,2297 + 5,359 \cdot 10^{-3} M;$$

для смазки ВНИИ НП-242

$$P_3 = 0,475 + 4,891 \cdot 10^{-3} M.$$

Анализ изменения сил трения в процессе нарастания износа (рис. 2) показывает, что в начальный период (приработки) силы трения несколько выше, затем уменьшаются или остаются постоянными

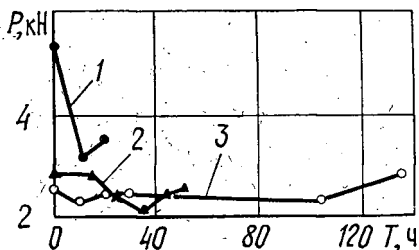


Рис. 2. Зависимость сил трения (P) в шлицевом соединении карданного вала при ходе сжатия от времени наработки вала (T) и вида смазки при нагружающем моменте $M = 500 \text{ Н} \cdot \text{м}$: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИ НП-242

(ВНИИ НП-242) до момента появления задир. Если продолжать испытания вала, то зона задир быстро расширяется, вызывая перегрев зоны трения, а это, в свою очередь, приводит к дальнейшему многократному увеличению сил трения и интенсивности изнашивания шлицев. Установленные закономерности описываются следующими выражениями для рассматриваемых видов смазок:

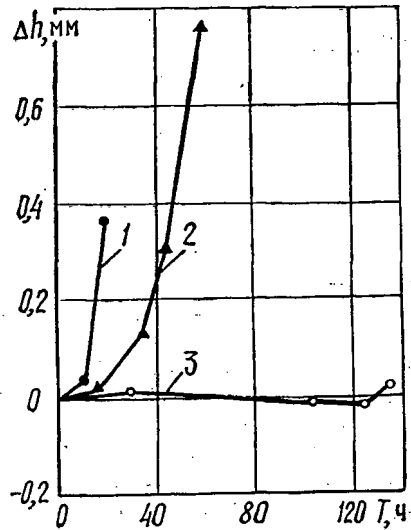
$$P_1 = 5,7672 - 1,4863 \cdot 10^{-1} T - 1,255 \cdot 10^{-3} T^2;$$

$$P_2 = 3,08435 - 1,288 \cdot 10^{-2} T - 2,1223 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$P_3 = 2,3386 + 1,56167 \cdot 10^{-3} T + 8,656 \cdot 10^{-7} T^2;$$

На рис. 3 показана динамика изнашивания шлицев. Его характер свидетельствует о наличии так называемого горячего заедания, поскольку тонкая масляная пленка разрушается под воздействием нагрузки и повышенных фактических температур в зоне контакта тел, где образуются очаги схватывания.

Рис. 3. Динамика изнашивания шлицев (Δh) втулки карданного вала в зависимости от времени наработки вала (T) и вида применяемой смазки при нагружающем моменте $M = 400 \text{ Н} \cdot \text{м}$: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИНП-242



Этот процесс характеризуется интенсивным износом, о чем свидетельствуют установленные графические зависимости. Полученные зависимости (рис. 3) аппроксимируются следующими выражениями:

$$\Delta h_1 = 7,8 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$\Delta h_2 = -5,134 \cdot 10^{-3} T + 2,88 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$\Delta h_3 = 3,45 \cdot 10^{-3} T - 2,884 \cdot 10^{-5} T^2.$$

Качество смазочных материалов — важнейший фактор, влияющий на процесс заедания и изнашивания шлицев. Лучшие результаты при испытаниях показала смазка ВНИИНП-242, с которой шлицевое соединение работало без заметного износа до появления задира, т. е. до тех пор, пока смазка сохраняла свои функциональные свойства. Смазка № 158 занимает промежуточное положение между смазкой пресс-солидол С и ВНИИНП-242. Нароботка шлицевого соединения до появления задира со смазкой пресс-солидол С в 3—6 раз ниже, чем со смазкой № 158 и ВНИИНП-242.

Выводы

1. В шлицевом соединении карданных валов лесовозных автомобилей рекомендуется применять смазку № 158 или более дорогостоящую ВНИИНП-242 и отказаться от применения смазок типа пресс-солидол С.

2. Полученные закономерности позволяют прогнозировать параметры надежности карданных валов и вносить соответствующие коррективы при расчете их долговечности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кожевников С. Н., Перфильев П. Д. Карданные передачи.— К.: Техника, 1978.— 264 с. [2]. Универсальный стенд с автоматическим управлением для испытания карданных валов / Р. П. Капустин, А. В. Шувалов, В. П. Костенко и др.— Автомоб. пром-сть.— 1982.— № 1.— С. 28—29.

Поступила 15 ноября 1989 г.

УДК 630*37 : 629.113.62

СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОРОГ В ЗАДАЧАХ ДВИЖЕНИЯ ТРОЛЛЕЙНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ПОЕЗДОВ

С. А. ЗУЕВ, Г. И. КОЛЬНИЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

В МЛТИ ведутся работы по созданию средств троллейного лесотранспорта [3]. Одна из эффективных мер преодоления трудностей, связанных с решением задач его конструирования и эксплуатации,— применение метода моделирования сложных систем. При помощи моделирования можно исследовать особенности функционирования комплекса троллейный лесовозный поезд — дорога — водитель в различных условиях. На модели параметры поезда и окружающей среды можно варьировать для воспроизведения любой обстановки, в том числе и нереализуемой в натурных испытаниях, т. е. сравнительно быстро получать ответы на многие вопросы функционирования системы при минимальной потребности в дорогостоящих средствах, связанных с ее опробованием.

На вход системы, имитирующей движение троллейного лесовозного поезда, подаются величины, характеризующие состояние поверхности дороги. В результате реакции системы, т. е. соответствующего управления источником механической энергии — тяговым электродвигателем (ТЭД), трансмиссией и тормозной системой, на выходе получим основные показатели движения поезда: скорость, расход энергии, время работы ТЭД, потребляемые ток, мощность и др.

Следовательно, в общий алгоритм расчета параметров движения троллейного лесовозного поезда [2] вводят блок стохастического моделирования продольного профиля дороги. Он позволяет анализировать представленные профили дорог и моделировать геометрические профили, в определенном смысле характерные для рельефа данной местности или региона.

Блок реализован в программе MODEL, состоящей из двух частей. Первая часть проводит статистический анализ представленной дороги прототипа, вторая синтезирует профиль дороги с заданными средним уклоном и протяженностью.

Суть предлагаемого метода анализа дороги прототипа заключается в том, что ее профиль рассматривается как реализация некоторого случайного процесса. В результате его оценки, т. е. определения вероятностных характеристик этого процесса, мы можем получать и другие его реализации и моделировать дороги с тем же распределением, отражающим характерные особенности дорог данной местности.