

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Успешно определить долговечность деталей автомобиля можно только при правильно выбранном расчетном нагрузочном режиме. Величины, характеризующие эти режимы, есть функции нескольких переменных, а процесс нагружения деталей автомобиля в условиях эксплуатации случайный. Поэтому чтобы определить нагрузочные режимы деталей автомобиля, следует пользоваться методами математической статистики.

Для выбора расчетных режимов данного автомобиля прежде всего нужно установить характерные условия его эксплуатации: время (в процентах) движения автомобиля в городе и вне его по дорогам различного качества и профиля, характерные для этих условий эксплуатации средние скорости движения, расчетные крутящие моменты, развиваемые двигателем, и длительность использования передач.

Обобщенный нагрузочный режим включает характерные, или "элементарные", нагрузочные режимы: трогание и разгон с переключением передач, установившееся движение на передачах, накат, торможение, буксование.

Под обобщенным нагрузочным режимом подразумевается режим, который отражает заданные условия эксплуатации автомобилей в виде удельных показателей плотности распределения силового и скоростного режимов  $f_1(Q)$ ,  $f_2(v)$ , числа циклов на единицу пути и т.д.

В работе [1] обобщенный нагрузочный режим представлен в виде линейной комбинации или суперпозиции характерных нагрузочных режимов, при этом коэффициенты суперпозиции определяются по результатам длительных эксплуатационных испытаний. Плотность распределения нагрузочного режима элемента трансмиссии, участвующего в передаче силового потока, представлена в следующем виде [1]:

$$q_{\text{общ}}(s) = q \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{k=1}^l \beta_{ik} \left[ r_{ik}^H f_{ik}^H(s) + (1 - r_{ik}^H) f_{ik}^Y(s) \right] + (1 - q) \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{k=1}^l \beta_{ik} \left[ r_{ik}^O f_{ik}^O(s) + (1 - r_{ik}^O) f_{ik}^Y(s) \right],$$

где  $f_{ik}^H(S)$ ,  $f_{ik}^Y(S)$  - плотности распределения нагрузочного режима при неустановившемся и установившемся движении на  $i$ -м покрытии и  $k$ -й передаче соответственно; индекс "о" при  $\gamma_{ik}$  означает - без груза; без индекса - с грузом;  $\alpha_i$  - доля движения автомобиля с грузом;  $\alpha_i$  - доля различных дорог в общем пробеге автомобиля ( $\sum \alpha_i = 1$ );  $\beta_{ik}$  - доля движения на  $k$ -й передаче и  $i$ -м виде дороги ( $\sum \beta_{ik} = 1$ );  $\gamma_{ik}$  - доля движения на неустановившемся на  $k$ -й передаче и  $i$ -м виде дороги.

Определение законов распределения дорожных условий, использования передач и других показателей нагрузочного режима требует больших затрат труда. Несмотря на то что исследованиям характеристик дорог и оценке их влияния на нагруженность трансмиссии автомобилей посвящены многие работы [1, 2, 3 и др.], до настоящего времени нет общепринятой классификации дорожных условий, включающей соответствующие оценочные показатели.

Нагрузочный режим при движении с установившейся постоянной скоростью на ровных твердых дорогах является стационарным случайным процессом. Доля таких режимов при расчете на долговечность в некоторых работах принимается как основная, а в некоторых как абсолютная.

При использовании автомобиля в тяжелых дорожных условиях практически не удается выдержать скорость движения его постоянной и приходится пользоваться органами управления (дроссель, тормоз, сцепление, механизм переключения передач). Поэтому нагрузочные режимы, так же как и при движении в условиях больших транспортных потоков, являются нестационарными случайными процессами.

Изменение скорости автомобиля с помощью переключений передач, торможения, разгона и т.п. вызывает переходные, неустановившиеся, режимы. Доля движения автомобиля на этих режимах достаточно велика и они должны учитываться в расчетах деталей на выносливость. Динамические нагрузки, возникающие при переходных процессах, могут достигать значительной величины и поэтому учитываются при оценке прочности деталей, но должны быть также учтены и при оценке выносливости.

До настоящего времени имеются трудности в определении динамических нагрузок в общем их распределении. Переходные процессы имеют динамический импульсный характер и включают в себя единичные пиковые нагрузки и последовательности затухающих импульсов, следующих друг за другом через некоторые интервалы времени. Пиковые нагрузки и следующие за ними

импульсы, возникающие при переезде через отдельные неровности, при торможении, при буксовании по сравнению с нагрузками при трогании с места и переключениях передач либо невелики, либо редки; учет вероятности их появления в процессе движения автомобиля практически невозможен. По этой причине мы предлагаем учитывать долю движения автомобиля при неустановившихся режимах, основываясь только на процессах трогания с места и переключения передач при движении.

Величина амплитуды динамического крутящего момента при трогании автомобиля и переключении передач является случайной, она зависит от многих факторов: темпа включения сцепления, состояния сцепления и синхронизаторов КП, продолжительности разрыва силового потока, квалификации водителя, разницы в угловых скоростях вращения валов трансмиссии до и после переключения и т.д. Закон распределения динамических нагрузок близок к нормальному.

Частота появления пиковых нагрузок при трогании с места и переключении передач была найдена экспериментально во многих работах [3 и др.] по какому-то среднему значению либо на 1 км, либо на 100 км пробега. Аналитическому методу определения частоты появления блоков затухающих импульсов на 1 км пробега по передачам в данных дорожных условиях посвящена работа [2]. В ней предложено среднее число включений передачи на 1 км пробега определять по формуле

$$\bar{n}_i = 10^4 \frac{P_{уд i}}{\bar{v}_a \bar{v}_i} \quad (1)$$

Количество включений данной передачи на 1 км пробега описывается распределением Пуассона.

Экспериментально установлено [2], что продолжительность затухающих импульсов в одном блоке находится в пределах 3-4 циклов. В работе [4] этот вопрос решается аналитически и указывается, что практически полное затухание колебательного процесса (до величины 0,05 А) происходит за время, равное трем периодам свободных колебаний системы. Соответственно продолжительность процесса может быть определена по формуле

$$t = \frac{2\pi \cdot 3}{K_{1-4}} \quad (2)$$

На основе уже имеющихся рекомендаций по отдельным аспектам учета динамических нагрузок можно рекомендовать следующий порядок определения доли движения автомобиля с неу-

тановившимся режимом, связанным с троганиями с места и переключениями передач:

1. Определяется среднее число переключений передач или троганий с места на 1 км пробега по формуле (1) на  $k$ -й передаче по  $i$ -й дороге:

$$\bar{n}_{ki} = \frac{10^4 \bar{P}_{удki}}{\bar{v}_{ai} \bar{v}_{ki}},$$

где  $\bar{P}_{удki}$  - среднее удельное тяговое усилие на  $k$ -й передаче,  $\bar{v}_{ai}$ ,  $\bar{v}_{ki}$  - соответственно средние скорости движения автомобиля в суммарном режиме и на  $k$ -й передаче по  $i$ -й дороге.

2. Определяются продолжительности процесса затухания импульсов динамических крутящих моментов при одном трогании с места или переключении передач (в секундах) по формуле (2)

$$t_{з.к} = \frac{2\pi(3...4)}{K(1-4)_k},$$

$$\text{где } K(1-4)_k = \sqrt{\frac{J_1 + J_2 + J_3 + J_4}{(J_1 + J_2)(J_3 + J_4) e(k)}};$$

$J_{1,2,3,4}$  - моменты инерции основных масс автомобиля на  $k$ -й передаче;  $e(k)$  - податливость автомобиля на  $k$ -й передаче.

3. Определяются длительности затухающих импульсов динамических крутящих моментов в течение всего пробега автомобиля по данной  $k$ -й передаче и  $i$ -й дороге (в секундах):

$$t_{Т.П.}(ki) = \bar{n}_{ki} S t_{з.к} \alpha_i \beta_{ki},$$

где  $S$  - общий пробег автомобиля, км;  $\alpha_i$  - доля различных дорог в общем пробеге автомобиля ( $\sum \alpha_i = 1$ );  $\beta_{ki}$  - доля пробега автомобиля на  $k$ -й передаче и  $i$ -й дороге.

4. Определяется общая продолжительность движения автомобиля на  $k$ -й передаче и  $i$ -й дороге (в секундах):

$$t_o(ki) = \frac{S \alpha_i \beta_{ki}}{\bar{v}_{ki}},$$

где  $\bar{v}_{ki}$  - средняя скорость на  $k$ -й передаче и  $i$ -й дороге.

5. Определяется доля движения автомобиля на неустановившемся режиме (трогания с места и переключения передач) на  $k$ -й передаче и  $i$ -й дороге (в процентах):

$$\delta(k_i) = \frac{t_{T.P.}(k_i)}{t_{o}(k_i)} = \bar{n}_{k_i} t_{зк} \bar{v}_{k_i} 100.$$

### Л и т е р а т у р а

1. Лукинский В.С. Котиков Ю.Г., Зайцев Е.И. Расчет надежности узлов трансмиссии и подвески автомобиля. – Л., 1976, с. 78. 2. Филимончик И.И. Нагрузочный режим и долговечность автомобильных трансмиссий: Канд. дис. – Мн., 1978. 3. Индикт Е.А., Алиев В., Браильчук П.Л. Исследование надежности автомобилей в высокогорных условиях эксплуатации. – Автомобильная промышленность, 1972, № 11. 4. Альгин В.Б. Динамика и надежность трансмиссий мобильных машин: Канд. дис. – Мн., 1978.

УДК 629.113.001.4

Б.У.Бусел, А.И.Гришкевич, М.Н.Диденко,  
А.В.Марамашкин, В.И.Чечик

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИЦЕПА НА НАГРУЖЕННОСТЬ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

При движении автомобиля с прицепом происходит дополнительное нагружение его трансмиссии и как следствие этого – уменьшение ее долговечности.

Особенности формирования нагрузок в трансмиссиях автомобилей-тягачей в настоящее время изучены недостаточно. Это не позволяет обоснованно нормировать пробеги автопоездов в различных условиях эксплуатации, а также использовать опыт проведения полигонных испытаний одиночных автомобилей для оценки работоспособности автопоездов.

С целью оценки влияния прицепа на нагруженность трансмиссии проведены испытания автомобиля МАЗ-500А одиночного и в составе автопоезда с прицепом МАЗ-8926. При испытаниях регистрировались крутящий момент на полуоси, скорость движения, отметки оборотов колеса. Пробеги проводились по следующим маршрутам Центрального научно-исследовательского автомобильного полигона НАМИ: № 1 – скоростная дорога (магистральные условия); № 2 – маршрут, моделирующий горные условия; № 3 – булыжная дорога; № 4 – маршрут, моделирующий режим городского движения; № 5 – ровная булыжная дорога комплекса спецдорог.