

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВТОРИЧНОГО ПОДРЕССОРИВАНИЯ МАХОВИЧНОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ

В настоящее время во многих развитых странах мира ведутся широкие изыскания эффективного аккумулятора энергии для транспортных машин. Это обусловлено тем, что режим движения транспортных машин имеет неустановившийся характер, с резкими колебаниями силы тяги, которую развивает двигатель. Для обеспечения заданных эксплуатационных качеств в тяжелых дорожных условиях мощность двигателя при проектировании машины завышается. В более легких условиях движения это ведет к снижению топливной экономичности. Стабилизация режима работы двигателя с помощью аккумулятора энергии позволяет существенно повысить его топливную экономичность. Кроме того, возможно аккумулирование энергии торможения и последующее ее использование при разгоне.

Маховичный аккумулятор энергии (МАЭ) свободен от ряда недостатков, присущих другим типам аккумуляторов. Он обладает высокой удельной мощностью, возможностью эффективной рекуперации энергии, малым временем зарядки. Опыт создания транспортных средств с МАЭ в нашей стране и за рубежом подтвердил высокую эффективность применения его на транспорте. Применение такого аккумулятора позволяет уменьшить установочную мощность двигателя на 30–50 % без изменения динамических качеств транспортного средства [1].

Использование МАЭ на транспортном средстве вызывает ряд трудностей. К ним относятся гироскопические воздействия на машину-носитель со стороны МАЭ, а также значительные гироскопические нагрузки в опорах вращающегося маховика, которые возникают при колебаниях или поворотах корпуса транспортного средства. Для снижения гироскопических нагрузок, действующих в узле МАЭ, целесообразно применять систему вторичного подрессоривания (СВП), которая размещается между корпусом транспортного средства и камерой аккумулятора.

Наиболее распространена установка маховика с осью собственного вращения, перпендикулярной опорной плоскости движителя машины. Значение допустимых угловых колебаний камеры МАЭ относительно транспортного средства составляет 3–5° по условию работоспособности узлов и деталей, передающих мощность от МАЭ в трансмиссию машины. При разработке математической модели приняты некоторые допущения [2], которые позволяют записать систему дифференциальных уравнений движения:

$$M\ddot{\bar{Y}} + R\dot{\bar{Y}} + C\bar{Y} = \bar{F}, \quad (1)$$

где  $M$ ,  $R$ ,  $C$  – матрицы коэффициентов инерции, демпфирования и жесткости;  $\bar{F}$  – вектор-функция кинематического возмущения со стороны дороги;  $\bar{Y}$  – вектор обобщенных координат.

Дополнительные предположения о линейности и симметричности подвесок машины и МАЭ позволяют перейти в системе (1) к изображениям по Лапласу.

Расчеты показывают, что такая линеаризация вносит малую погрешность в расчетные значения параметров системы.

Для решения задачи синтеза СВП необходимо иметь некоторый оценочный критерий, характеризующий качество системы и позволяющий найти ее оптимальный вариант. Исследования показывают, что гироскопические нагрузки на опоры МАЭ являются основными. Они пропорциональны абсолютной угловой скорости камеры МАЭ. Эта скорость и принята за целевую функцию. Выражения для определения значений целевой функции приведены в [3]. Ограничения ( $\varphi \leq \varphi_M, \psi \leq \psi_M$ ) на угловые отклонения камеры МАЭ относительно машины позволяют сформулировать задачу оптимизации системы вторичного поддрессирования:

$$\psi(\bar{x}) = \min (\max F(\bar{x})); \quad \varphi \leq \varphi_M; \quad \psi \leq \psi_M;$$

$$\bar{x} \in X, \quad \bar{x}^T = (x_1, x_2, x_3, x_4),$$

где  $F(\bar{x})$  – угловая скорость колебаний камеры МАЭ.

Независимыми переменными, характеризующими систему при линейных характеристиках рессор, являются:  $x_1 = \sum_{i=1}^{2l} c_i l_i^2, x_2 = \sum_{i=1}^{2l} c_i a_i^2, x_3 = \sum_{i=1}^{2l} r_i l_i^2, x_4 = \sum_{i=1}^{2l} r_i a_i^2$ . Ограничения на них задаются областью определения функции  $\psi(\bar{x})$ , т.е. границами пространства  $X$ .

Полученная задача относится к классу задач условной минимизации с ограничениями в виде неравенств. Наиболее распространенным способом их решения является метод штрафных функций [4, 5]. Он позволяет свести задачу оптимизации к безусловной минимизации некоторой модифицированной целевой функции:

$$P(x, r) = \psi(x) + r(\Phi_\varphi + \Phi_\psi),$$

где  $\Phi_\varphi, \Phi_\psi$  – функции штрафа за нарушение ограничений;  $r$  – параметр штрафа. Необходимо отметить, что значения целевой функции и ограничений определялись при моделировании движения машины по микропрофилю

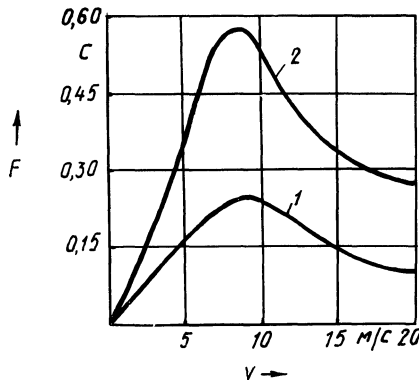


Рис. 1. Зависимость целевой функции от скорости движения машины.

синусоидальной формы. На этапе безусловной минимизации был использован метод Нелдера—Мида. Результаты расчетов показали, что оптимизируемая функция имеет, как правило, несколько экстремумов. Это привело к необходимости применять случайный поиск на этапе определения координат начальной точки. В качестве критерия определения всех экстремумов в заданной области было принято  $N$ -кратное попадание во все экстремальные точки ( $N \geq 3$ ).

На рис. 1 показаны результаты расчета по оптимизации параметров СВП маховичного аккумулятора энергии гусеничной машины массой 10 Мг и запасаемой в маховике энергией 5 МДж. Принятые в расчетах параметры синусоидального профиля дороги имели следующие значения: высота — 0,2 м, длина — 8,0 м. Применение СВП позволяет в 2–2,5 раза снизить гироскопические нагрузки по сравнению с жесткой установкой МАЭ на машине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rabenhorst R.W. The multirium superflywheels. — Find Report Ions Hopkins University Applied Physick Laboratory. Lourel, Maryland, 1974. — 210 p. 2. Д м и т р и е в А.А., Ч о б и т о к В.А., Т е л ь м и н о в А.В. Теория и расчет нелинейных систем подпрессоривания гусеничных машин. — М., 1976. — 207 с. 3. Г е р а с и м о в А.Н. Амплитудно-частотные характеристики системы транспортная машина—вращающийся маховик. — Изв.вузов, 1983, № 10, с. 85–87. 4. Ф у р у н ж и е в Р.И. Проектирование оптимальных виброзащитных систем. — Минск, 1971. — 318 с. Ф и а к к о А., М а к - К о р м и к Г. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной оптимизации. — М., 1972. — 268 с.

УДК 621.22:621–82–19

О.П.ЛАПОТКО, канд.техн.наук (БПИ)

### ХИММОТОЛОГИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Химмотология — наука о свойствах, качестве и рациональном использовании топлив, смазочных масел и специальных жидкостей [1] — приобретает в настоящее время решающее значение при повышении эффективности машин и механизмов. Совершенствование объемных гидравлических приводов (ОГП) реализуется путем интенсификации (форсированием) процессов передачи энергии при повышенных требованиях к надежности гидроустройств и их элементов.

Важным элементом ОГП является рабочая жидкость (РЖ), от качества которой для форсированных ОГП во многом зависит их функционирование и особенно надежность. Поэтому появление новых технических, технологических, экологических и экономических требований к качеству РЖ закономерно. Нормирование этих требований необходимо, так как их завышение приводит к излишним затратам на производство РЖ, а заниженные требования приводят к снижению уровня качества функционирования ОГП и соответственно повышению расходов в эксплуатации.

В XI пятилетке значительно увеличивается производство гидравлических масел МГЕ-4А; МГЕ-10А; АМГ-10, масла марки А, МГЕ-22В, МГЕ-32В,