

2. расчет гидропривода, основная цель которого – определение динамических параметров гидравлической навесной системы при подъеме навесной машины;

3. расчета грузоподъемности навесной системы.

Решение задачи позволяет оценить возможность агрегатирования трактора с полным комплектом навесных машин как с точки зрения нагруженности гидравлической системы, так и управляемости агрегата;

4. расчеты на прочность основных элементов подъемно-навесного устройства и гидропривода.

Разработанная методика расчета позволяет на стадии проектирования выбрать оптимальные геометрические параметры подъемно-навесных устройств, рассчитать гидропривод, скорректировать основные показатели, определяющие выполнение требований к навесным сельскохозяйственным тракторным агрегатам. Применение методики позволяет автоматизировать проектирование навесной системы трактора, сокращает сроки проектирования.

УДК 681.325.5-181.4.004.14:631.3

Фурунжиев Р.И.

#### УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯМИ В КОНСТРУКЦИЯХ МНОГООСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Постановка вопроса. Для многоосных транспортных сельскохозяйственных агрегатов кроме критериев управляемости, стабилизации положения массы и плавности хода важное значение имеет условие непревышения напряжений заданных уровней в элементах несущих конструкций при движении по макронеровностям. Одним из направлений совершенствования многоосных транспортных систем с тремя и более осями является создание конструкций с увеличенным ходом подвески. Однако у современных многоосных транспортных систем величина полного хода подвески сравнительно невелика. Например, у многоосных автомобилей эта величина не превышает 200–300 мм. Одним из наиболее эффективных путей дальнейшего повышения проходимости многоосных транспортных агрегатов является введение активных средств виброзащиты, автоматически управляемых на базе микропроцессорной техники.

Рассматривается микропроцессорная система управления параметрами подвески многоосных транспортных агрегатов с целью автоматической подстройки геометрических параметров опорных устройств путем принудительного их изменения, с целью "сглаживания" значительных неровностей рельефа местности.

При этом отклонения усилий, передаваемых опорными устройствами на подрессоренные конструкции, либо взаимные смещения отдельных ее частей должны находиться в заданном допустимом диапазоне, который обеспечивает непревышение напряжений в конструкциях предельных допустимых значений. При этом учитывается критерий плавности хода и стабилизации положения подрессоренной массы. Рассматриваемый подход допускает также использование совместно пассивных подвесок.

Техническое решение. Силовой привод каждой независимой подвески многоосной системы в виде исполнительного гидроцилиндра своими выходными звеньями связан с опорными концами упругого элемента подвески. Это позволяет с помощью гидроцилиндра растягивать и сжимать упругий элемент, увеличивая или уменьшая тем самым его длину. В статистическом положении силовой привод не несет никакой нагрузки и не препятствует сжатию или растяжению упругого элемента. При наезде на выступающую неровность упругий элемент начинает сжиматься, а на вогнутость — начинает растягиваться.

Математическая формулировка задачи. В основе метода управления напряжениями лежит приближенное решение следующей задачи оптимального управления. Необходимо минимизировать функционал.

$$J = \int_0^{t_f} (1 + \sum_i \beta_i |u_i|) dt, \quad (1)$$

при  $\dot{x} = Ax + Bu$ ;

$$x(t_0) = x_0, |u_i| \leq u_i^*, t_f - \text{ произвольно. } (2)$$

В формуле (2)  $x$  и  $u$  — соответственно векторы состояния (перемещения) системы и управления (ход гидроцилиндра управления). Предполагается, что уравнения динамики объекта (2), построены на основе метода конечных элементов, благодаря чему охватывает чрезвычайно широкий класс объектов. Уравнения (2) приведены к усеченной (конденсированной) системе уравнений методом динамической кон-

денсации. Неизвестными в этой системе являются только примененные состояния (перемещения), соответствующие управляемым переменным.

В целевой функции (1) заложены противоречивые требования: обеспечение малого времени запаздывания при небольшом расходе энергии на гидропривод. Соотношение между этими величинами задается проектировщиком путем соответствующего выбора весовых коэффициентов  $\beta_i$ . В частном случае  $\beta_i = 1$ . Для приближенного решения задачи уравнения динамики приводятся к модульным координатам с помощью стандартного преобразования

$$x = \Phi y, \quad (3)$$

где  $\Phi$  - матрица собственных векторов. Фазовое уравнение (2) на основе преобразования (3) приводится к виду:

$$\dot{y} = \Lambda y + \Phi^{-1} B u, \quad \text{где } \Lambda = \Phi^{-1} A \Phi. \quad (4)$$

Гамильтониан в задаче оптимального управления системой, динамика которой описывается уравнениями (4), имеет вид

$$H = 1 + \sum_i \beta_i |u_i| + p^T (\Lambda y + \Phi^{-1} B u), \quad (5)$$

где  $p$  - сопряженная переменная. Оптимальное управление минимизирует эту функцию.

Решение имеет вид

$$\begin{aligned} u_i &= +u_i^* & , \text{ при } d_i < -\beta_i \\ u_i &= 0 & , \text{ при } -\beta_i < d_i < \beta_i \\ u_i &= -u_i^* & , \text{ при } d_i > \beta_i. \end{aligned} \quad (6)$$

где вектор-строка  $[d_1, d_2, \dots] = p^T \Phi^{-1} B$ .

Величина  $d_i$  зависит от сопряженной переменной  $p_i$ , которая в общем случае не известна и зависит от заданных начальных условий  $x_0$  и  $y_0$ . Используется соотношение  $p_i = \frac{\partial J_{\text{оп}}}{\partial y_i}$  для определения  $d_i$ .

Микропроцессорная система автоматического управления предлагает следующие элементы, подключенные к общей шине: микроконтроллер,

выполненный на базе микропроцессора повышенного быстродействия; постоянной и оперативной памяти объемом не менее 16 Кбайт; программируемое постоянное запоминающее устройство до 8 Кбайт; устройство сопряжения с объектом, пульт управления оператора, систему отображения информации; датчики входной информации, терристорные устройства для управления исполнительным оборудованием. Текущая информация о переменных состояниях (перемещениях в опорных точках) получается путем преобразования данных об измеряемых опорных усилиях по известным функциональным соотношениям. Разработана программа управления в системе команд микропроцессора типа К 588.

УДК 681.325.5-181.4:681.3.06

Озеров В.Г. (НИПТИМЭСХ ИЗ РСФСР)

#### АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Широкое внедрение в сельскохозяйственное производство микропроцессорной техники требует прежде всего ее алгоритмического и программного обеспечения.

Если рассматривать показатель качества  $y$  как случайный процесс  $y(t)$ , то оценить работу сельскохозяйственного агрегата можно средним значением  $m_y$ , средним квадратическим отклонением  $\sigma_y$ , коэффициентом вариации  $V_y$ , спектральной плотностью  $S_y(\omega)$ , вероятностью сохранения заданного допуска  $P_\Delta$  и числом превышений  $\lambda$  допуска за заданный промежуток времени  $T$ .

Таким образом, для достоверной оценки качества работы мобильной сельскохозяйственной машины в составе системы контроля (управления) необходимо иметь вычислительное устройство, позволяющее прежде всего по известным алгоритмам вычислять оценки  $m_y$ ,  $\sigma_y$  и  $S_y(\omega)$ , необходимые для дальнейших расчетов.

Далее реализуется алгоритм  $V_y = \sigma_y / m_y$ , расчетное значение  $V_y$  сравнивается с заданным  $V_{y,доп}$  и при  $V_y > V_{y,доп}$  вырабатывается сигнал о нарушении технологического процесса. Одновременно вычисляется оценка  $P_\Delta$  вероятности сохранения агротехнического допуска, которая в общем случае равна

$$P_\Delta = \int_{m-\Delta y}^{m+\Delta y} f(y) dy,$$