

сти сельскохозяйственных культур обобщёнными показателями могут быть прирост плотности почво-грунта  $\Delta\rho$  и глубина следа  $h$ , непосредственно влияющих на плодородие почвы и урожайность с.х. культур.

Выбор этих показателей проходимости осуществляется из условия, что оценочные показатели должны удовлетворять следующим требованиям:

- представлять собой величину, которая является производной процесса функционирования системы и её значения просто находятся опытным путём;
- показатель должен быть информативным, т.е. наиболее полно характеризовать одно из свойств системы.

Измерения показателей опорных и агротехнических свойств проходимости МТА и самоходных машин осуществляется автономными специальными приборами и приспособлениями:

- следомером для измерения глубины и ширины следов движителей;
- прибором для определения плотности почво-грунта;
- прямоугольными рамками различных размеров для определения повреждённости растений и урожайности с. х. культур.

Определение показателей тягово-цепных свойств проходимости МТА и самоходных машин осуществляется методами и средствами измерений, применяемых при энергетической оценке этих агрегатов.

## **ВЕРОЯТНО-СТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ РЕСУРСА МАШИН**

**К. Т. Беляк, А. В. Короткевич, (БелМИС)  
Н. И. Бохан, И. Н. Солонко, Е. Н. Бохан (БАТУ)**

Для современных сельскохозяйственных машин различного назначения срок службы исчисляется несколькими годами, и даже десятилетиями. Поэтому невозможно провести оценку ресурса машин за короткий период, который отводится для проведения испытаний машины с использованием обычных методов исследований.

Наиболее объективной оценкой являются эксплуатационные измерения и их обобщение для машинных агрегатов.

Используя рациональное сочетание непродолжительной процедуры испытаний машины в реальных условиях эксплуатации с последующим имитационным моделированием рабочих процессов на ЭВМ можно

получить необходимый объём и качество информации.

При этом, установив зависимость параметров нагрузочного режима от некоторых конструктивных и эксплуатационных факторов, становится возможным при наличии соответствующих усталостных характеристик деталей сравнить различные варианты изделия.

На примере трансмиссии самоходного зерноуборочного комбайна «Дон-1500» показаны возможности предлагаемого способа комплексного получения информации.

Любой процесс отработки модели должен базироваться на анализе экспериментальных данных, которые определяют степень упрощения сложной системы. Дальнейший переход к моделированию рабочих процессов уже на стадии экспериментальных исследований должен включать различные приёмы обработки и интерпретации эмпирических данных, например на основании статической теории динамических систем или с привлечением вероятностных методов.

Наряду с этим для исследования динамических систем, каковыми являются агрегаты трансмиссий, используют и стохастический подход, который основан на статическом моделировании по нескольким случайным факторам.

Решения получили на ЭВМ при использовании математической модели объекта многократным прямым интегрированием системы дифференциальных уравнений, описывающих рабочие процессы в приводе. Внешние возмущения при этом задавались исходя из их экспериментально установленных вероятностных характеристик распределений.

В дальнейшем, обработав серию значений выходного (анализируемого) параметра определили параметры распределений кинематических и силовых факторов, характерных для всего срока службы изделия (или для некоторого его периода).

Применительно к прогнозированию параметров функционирования трансмиссии самоходного комбайна выделим основные особенности, которые положим в основу создания алгоритма для оценки ресурса машин.

Для детерминированных характеристик динамической системы, известных внешних нагрузок и управляющего воздействия, весь машинный агрегат описан системой четырёх дифференциальных уравнений

$$M_n = \frac{-\tau(\varphi_m) - \varphi_m + \varphi_n e(t)}{\gamma(M_n)};$$

$$\varphi_m = \frac{M_n - h \varphi_m - M_y - k_g(\varphi_m - \varphi_a)}{J_m}$$

$$M_y = \frac{\varphi_m - \varphi_a}{E_T(S)}$$

$$\varphi_a = \frac{M_y - M_c(S) / I_l(S) + k_g(\varphi_m - \varphi_a)}{J_a(S)}$$

приняты следующие обозначения:

$-\tau(\varphi_m)$  и  $\gamma(M_y)$  нелинейные коэффициенты статической и динамической податливости объёмного гидропривода,

$h$  - коэффициент активного сопротивления;

$M_n$  - индикаторный момент на валу гидромотора;

$M_y$  - упругий момент трансмиссии;

$J_a(S)$ ,  $E_T(S)$ ,  $M_c(S)$ ,  $I_l(S)$  - соответственно приведенный момент инерции, суммарная податливость механических узлов, момент сопротивления качению ведущих колёс комбайна, передаточное отношение механических узлов трансмиссии.

Аналогично моделируются непрерывные значения массы комбайна суммарного коэффициента сопротивления качению ведущих колёс комбайна  $f_k(S)$ .

При этом значения максимальных динамических нагрузок ограничиваются в двух случаях:

- при превышении момента сцеплению ведущих колёс с грунтом, когда расчётные значения момента превышают:

$$M_\varphi(S) = m_a^*(s) q r_k \varphi$$

где  $\varphi = 0.55$  - сухой грунт,  $\varphi = 0.28$  - увлажнённый грунт

$m_a^*(s)$  - сцепной вес;

- при превышении момента срабатывания предохранительного клапана гидropередачи.

Программа предусматривает наличие нескольких групп и состав-

ных частей алгоритма.

Вначале производится ввод исходных данных динамической модели и законов распределения случайных величин. Здесь же генерируются ряды чисел согласно выбранного закона распределения каждой случайной величины. Сведения об этих числах находятся в памяти машины и являются исходными данными для работы последующих частей алгоритма.

Пошаговый переход к динамическому расчету начинается с приведения случайного значения передаточного числа к его фиксированному значению. Определяются граничные условия по нагрузкам и детерминированные внешние воздействия.

После завершения интегрирования системы дифференциальных уравнений анализируется и регистрируется в памяти ЭВМ контролируемый параметр.

Алгоритм завершает работу статистической обработкой массива параметров и печатью гистограмм распределений выбранных контролируемых величин.

При исследовании трансмиссии самоходного зерноуборочного комбайна «Дон-1500» вероятностно-статистическое моделирование было проведено для достаточно представленного многообразия внешних условий и воздействий. При этом сам метод является более универсальным в сравнении с существующими известными приемами исследования машинных агрегатов. Характерно, что полученные результаты исследований удовлетворительно согласовываются с эмпирическими данными полевых опытов.

## **СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬХОЗМАШИНЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕЕ ДИНАМИКИ**

**К. Т. Беляк, Н. И. Божан, М. П. Бирюков, О. О. Кузничик,  
И. Н. Солонко, Л. Ю. Дутко (БАТУ)**

Создание инженерных методов прогнозирования и контроля, обеспечивающих требуемую надежность сельхозмашины по показателю виброактивности ее узлов на основе моделирования динамики трансмиссии машины, оценки оптимальности структуры и мест наибольшей повреждаемости в будущем является актуальной задачей сельскохозяйственного машиностроения.