

УДК 658.386.3.633.33

**ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА» ПРИ ПОСТРОЕНИИ
ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА**

Милосердов Е.Е.

Научный руководитель – профессор Минеев А.В.

Сибирский Федеральный университет

В практике создания техники непрерывного действия (роторных экскаваторов) было несколько попыток создания надежных автоматических систем управления процессом экскавации.

Однако в силу работы роторных экскаваторов в сложноструктурных забоях (каким, например, раньше являлся Экибастуз), до настоящего времени, основной системой управления остается ручное управление экскаватором.

В этом случае построение алгоритмического уровня системы может быть выполнено на основании двух методов.

Один из них строится на основе имитации реального объекта управления уравнениями движения дискретных n -масс с упругими связями, а другой на основе разности кинематических параметров и избыточных силовых нагрузочных характеристик относительно какого-либо заданного номинального режима нагружения, то есть на основе рассмотрения движения всей системы в отклонениях от заданного режима работы.

Второй метод, исключая статическую нагруженность, рассматривает только чистую динамику системы «человек-машина». В этом случае в задачу оператора входит удержание системы в нулевом или минимально возможном отклонении кинематических показателей. В реальных условиях оператор машины участвует в системе управления, ориентируясь на показания приборов, стремясь удержать их показания в пределах дозванного максимального значения контролируемой величины, не допуская превышения этого уровня.

В то же время качество управления системой «человек-машина» зависит от индивидуальных особенностей оператора, принимающего решение и формирующего силовые факторы, воздействующие на машину, через систему динамического управления.

В зависимости от психофизиологических особенностей человека управление машиной может выполняться в достаточно спокойном режиме, мало отклоняющемся от допустимого, либо со значительной амплитудой отклонений. Этот факт позволяет создать такую оценочную характеристику деятельности оператора, принимающего решения по управлению машиной, которая обеспечит оценку не только профессиональной пригодности оператора, но и позволит сделать психофизиологический анализ его деятельности. Кроме того, оценка психофизиологического состояния оператора в процессе его операторской деятельности в течение заданного цикла работы, позволяет оператору отработать определенный профессионализм, развить ему необходимые чувства на внешние информационные раздражители и соответствующий качественный отклик на их воздействие через все существующие приборы управления на рабочем месте.

Для получения оценочных характеристик операторской деятельности на всю совокупность случайных воздействий на динамическую систему (модель) была отработана общая математическая модель системы «человек-машина» с выходом на систему оценочных показателей.

Система алгоритмического обеспечения в рассмотренной математической постановке базируется на двух основных видах оценки психофизиологической деятельно-

сти оператора, которые можно, в общем определить через оценку работоспособности оператора и его утомляемости в процессе исполнения оператором своих профессиональных обязанностей.

Рассмотрим такую общую математическую модель системы «человек-машина».

Как было отмечено ранее выше, динамическая система роторного экскаватора представляет собой сложную механическую систему со многими степенями свободы.

Поэтому совокупность обобщенных координат и обобщенных скоростей обозначим как вектор фазовых координат размерности n .

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^* = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

Размерность n определяется той или иной принципиальной механической схемой, которая выбирается для представления рассматриваемой динамической системы с конечным числом степеней свободы. Математическая модель такой системы записывается в общей форме как система уравнений вида

$$\dot{x}_i = F_i(t, X), \quad X_i = X_i(t) \quad (2)$$

где: $F(t, X)$ - в общем виде нелинейная вектор – функция вида

$$F_i(t, X) = \begin{pmatrix} F_1(t)1...x_n \\ F_2(t)1...x_n \\ \dots \\ F_n(t)1...x_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Функции F_i зависят явным образом от текущего временного фактора t и от вектора фазовых координат X .

Часто вместо нелинейных уравнений системы (2) рассматривают линеаризованную форму уравнений в виде системы уравнений типа

$$\dot{X}_i = A_i(t)X + F_i(t) \quad (4)$$

где:

$$A_i = A_i(t) = \begin{pmatrix} \alpha_{11}(t), \dots, \alpha_{1n}(t) \\ \dots \\ \alpha_{n1}(t), \dots, \alpha_{nn}(t) \end{pmatrix}, \quad f_i(t) = \begin{pmatrix} f_1(t) \\ \dots \\ f_n(t) \end{pmatrix}$$

- матрица A_i и вектор f_i , являющиеся переменными матрицей-функцией и вектор-функцией.

Системы (2) или (4) являются математическим описанием механической части системы роторного экскаватора.

Дополнительно следует добавить, что такая система работает при постоянно действующих случайных возмущениях, которые возникают естественно при реальной работе.

Если обозначим ξ_t как вектор случайных возмущений, то матрица A системы уравнений (4) и вектор внешних возмущений f зависят явно от вектора случайных возмущений ξ_t . Это записывается следующим образом

$$A = A(t, \xi_t), \quad f = f(t, \xi_t), \quad \xi_t = \begin{pmatrix} \xi_t^{(1)} \\ \dots \\ \xi_t^{(S)} \end{pmatrix} = \xi_t^{(i)} \quad (5)$$

Вектор случайных возмущений ξ_t , представляет собой совокупность случайных процессов природы, относящихся к возмущениям в разных частях механической системы.

Роль оператора (машиниста) в этом случае проявляется в том, что система становится управляемой.

Математическую модель управляемой системы представляем в виде системы уравнений

$$\dot{X} = AX + BU + f, \quad (6)$$

В данных уравнениях матрица коэффициентов системы A и вектор внешних возмущений f уже определены, а матрица B характеризует структуру управления системы, U - вектор управляющих воздействий (рычагов управления и воздействий). Размерность вектора U зависит от количества имеющихся управляющих воздействий (рычагов управления, кнопок аварийной сигнализации и других датчиков, определяющих поведение оператора), которые обеспечивает сам оператор.

В практике возможны наблюдения не за самим вектором U , а за преобразованным вектором

$$V = GU + g, \quad (7)$$

где: матрица связи G и вектор g могут быть как известными, так и неизвестными. Если обозначим m -размерность вектора V , то матрица G имеет размерность $n \times m$.