Записки Ленинградского горного института.
Т. 128. СПб , 1991

УДК 622.232.72

Э.А.ЗАГРИВНЫЙ, Ю.Н.СМИРНОВ,
Г.Г.ЛЕВИН

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ "КОМБАЙН – ЗАБОЙ" НА ЭВМ

Расчетная модель динамической системы "комбайн – забой" с некорректированной и корректированной системами подачи может быть представлена следующими системами уравнений[x]:

с некорректированной системой подачи

$$\begin{cases} m s_i'' + f(v_п - s_i') + c_э s_i = R_{iэ}, \\ s_i = s_{i-1} - k R_{iэ}, \\ P_{i+1} = c_э s_i \dfrac{P_н}{F_н}; \end{cases} \qquad (1)$$

с корректированной системой подачи

$$\begin{cases} \mu x_i' + (c_э + c_{ак}) x_0 = \mu s_i' + c_{ак} s_i, \\ m s_i'' + f(v_п - s_i') + (s_i - x_i) c_{ак} + x_i c_э + \mu(s_i' - x_i') = R_{iэ}, \\ s_i = s_{i-1} - k R_{iэ}, \\ P_{i+1} = c_{ак}(s_i - x_i) \dfrac{P_н}{F_н}, \end{cases} \qquad (2)$$

где m – масса комбайна; s_i – координата положения центра масс комбайна; $v_п$ – скорость подачи комбайна; $c_э$ – эквивалентный коэффициент жесткости

[x] Загривный Э.А., Смирнов Ю.Н. Математическая модель очистного комбайна с разрушаемым забоем // Зап. ЛГИ. 1988. Т. 108.

Смирнов Ю.Н. Исследование динамических процессов и выбор параметров устройства для снижения неравномерности нагрузок в гидроприводе механизма подачи очистного комбайна: Автореф. канд. дис. / Ленинградский горный ин-т. Л., 1987.

упругого элемента системы подачи; $R_{iз}$ - динамическая составляющая силы реакции забоя; k - коэффициент, характеризующий физико-механические свойства разрушаемого массива; P_i - давление рабочей жидкости в гидроприводе механизма подачи комбайна в различные моменты времени t; $P_н$ - номинальное давление рабочей жидкости в гидроприводе механизма подачи комбайна;

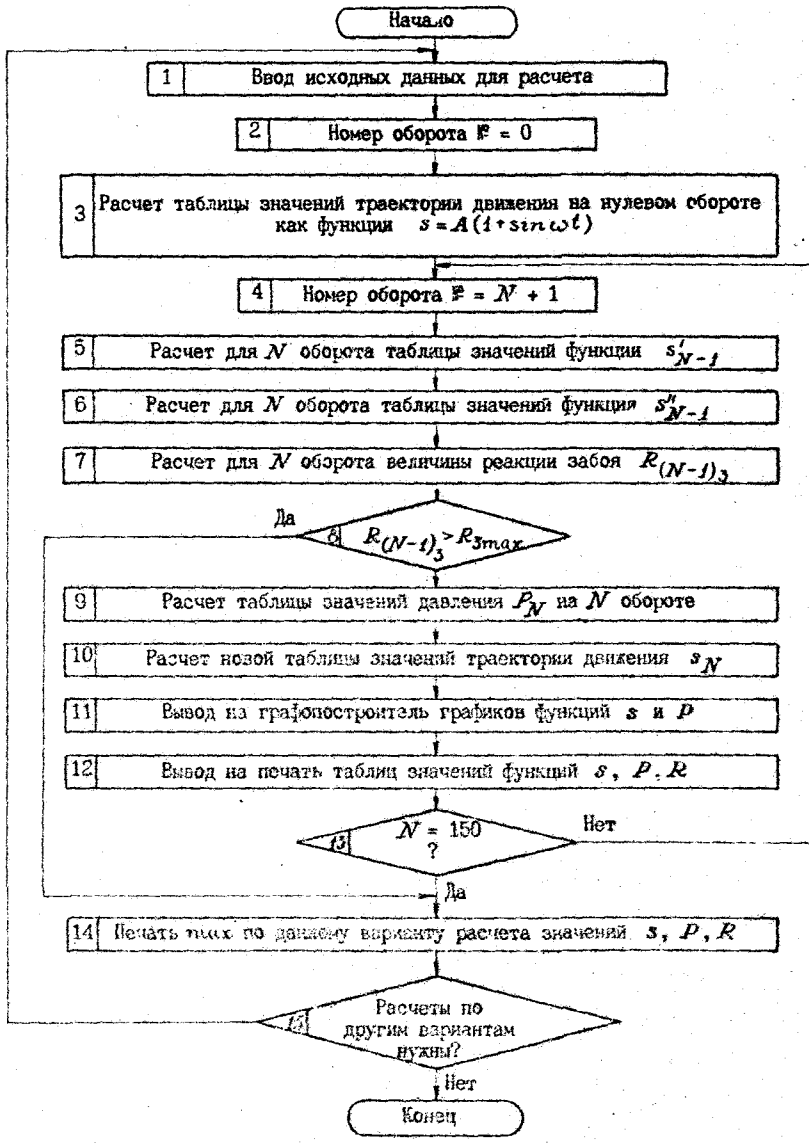


Рис.1. Блок-схема алгоритма расчета модели движения очистного комбайна с некорректированной системой подачи

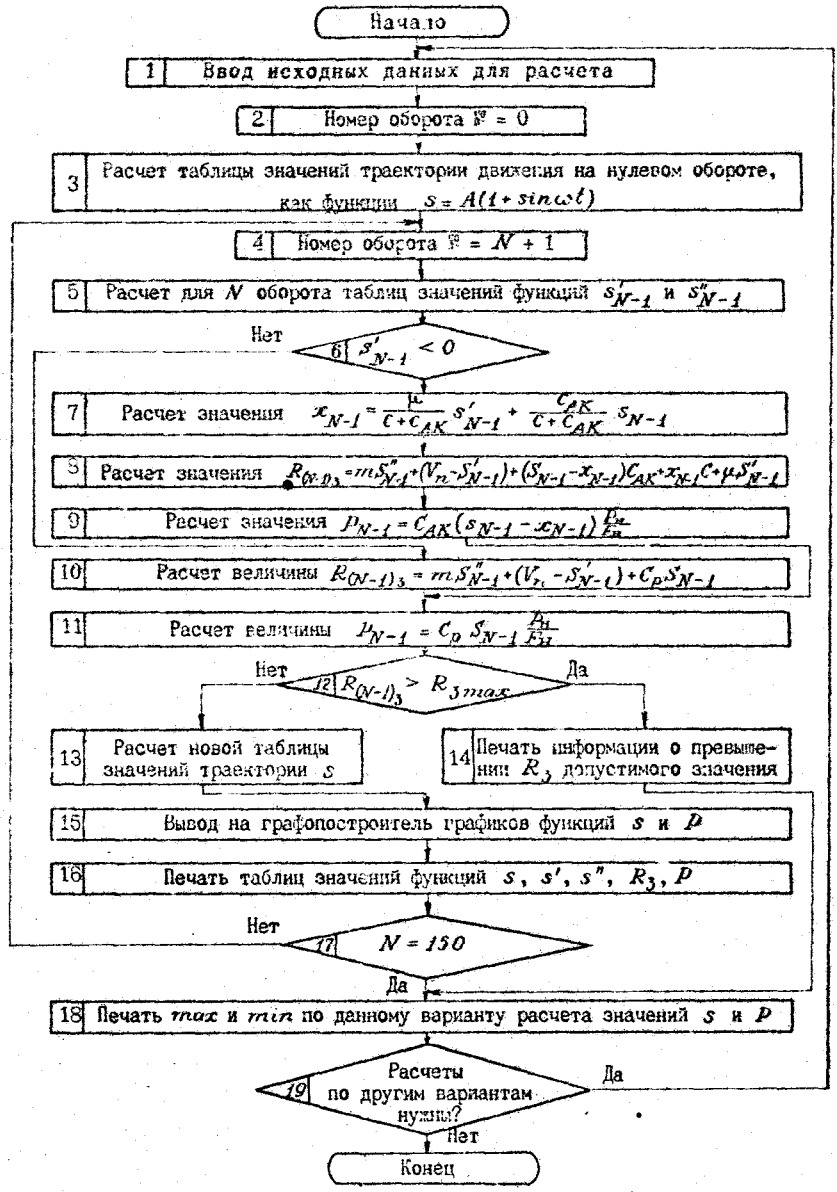


Рис.2. Блок-схема алгоритма расчета модели движения очистного комбайна с корректированной системой подачи

$F_н$ – номинальное усилие подачи комбайна; μ – коэффициент демпфирования корректированной системы подачи; x_i – координата перемещения точки присоединения демпфирующего элемента по оси x по отношению к комбайну; $c_{ак}$ – коэффициент жесткости дополнительного упругого элемента в системе подачи.

Для получения частных решений дифференциальных уравнений с учетом нелинейностей рассматриваемая математическая модель динамической системы «комбайн - забой" исследована на ЭВМ ЕС-1033.

Для реализации предложенных блок-схем (рис.1, 2) составлены программы на языке фортран-IУ, которые могут выполняться на любой ЭВМ, имеющей транслятор с данного языка.

Программа расчета модели производит печать результатов вычислений на печатающем устройстве в виде таблиц значений координат траектории перемещения резцов исполнительного органа комбайна по поверхности забоя s, давления рабочей жидкости в гидросистеме P, силы реакции забоя $P_{iз}$, а также таблиц значений функций s', s''. Одновременно с печатью результатов производится запись таблиц значений s, P на магнитную ленту для последующей визуализации их в виде графиков на графопостроителях типа ЕС-7052 и ЕС-7054. Программа позволяет за один сеанс работы произвести расчет модели по нескольким вариантам, параметры по каждому из которых воспроизводятся на перфокартах и являются исходными данными для работы программы.

Траектория перемещения резцов на нулевом обороте задается в виде функции $s = A(1 + \sin\omega t)$. Программа допускает задание траектории на нулевом обороте в виде любой другой функции. Для заданной функции s строится таблица значений, при этом аргумент t изменяется от 0 до 2 с шагом 0,0055 с. В модели комбайна с некорректированной системой подачи величина силы реакции забоя $P_э$ определяется из уравнения

$$P_{(n-1)э} = m s''_{n-1} + f(v_п - s'_{n-1}) + c_э s_{n-1} . \qquad (3)$$

Для отыскания значений функций s' и s'' в программе используется подпрограмма $DETS$, которая вычисляет вектор значений производной для функции, заданной таблицей значений в равноотстоящих точках. Вычисление таблицы значений производной выполняется по формуле Лагранжа с пятью узлами.

Таблица значений функции P вычисляется по формуле

$$P_n = c_э s_{n-1} \frac{P_н}{F_н} . \qquad (4)$$

В модели комбайна с корректированной системой подачи величина силы реакции забоя и давления определяется в зависимости от значения s'. Если $s' > 0$, когда комбайн под действием силы реакции забоя перемещается от забоя, то

$$P_{(n-1)э} = m s''_{n-1} + f(v_п - s'_{n-1}) + c_р s_{n-1} , \qquad (5)$$

где $c_р$ - результирующий коэффициент жесткости корректированной системы подачи,

$$c_р = \frac{c_э c_{ак}}{c_э + c_{ак}} ;$$

$$P_{n-1} = c_p s_{n-1} \frac{p_н}{F_н} . \qquad (6)$$

Если $s' < 0$, когда комбайн перемещается на забой, то

$$R_{(n-1)э} = m s''_{n-1} + f(v_п - s'_{n-1}) + (s_{n-1} - x_{n-1}) c_{ак} + x_{n-1} c_э + \mu s'_{n-1}; \qquad (7)$$

$$P_{n-1} = c_{ак} (s_{n-1} - x_{n-1}) \frac{p_н}{F_н} ; \qquad (8)$$

при $S' > 0$

$$x_{n-1} = \frac{\mu}{c_э + c_{ак}} s'_{n-1} + \frac{c_{ак}}{c_э + c_{ак}} s_{n-1} . \qquad (9)$$

Затем вычисляется новая таблица значений координат траектории перемещения резцов:

$$s_n = s_{n-1} - k R_{(n-1)э} . \qquad (10)$$

При исследовании модели решалась задача получения количественной оценки влияния отдельных составляющих сил (инерционной, демпфирующей, упругой) на координаты траектории перемещения резцов по поверхности забоя и давление рабочей жидкости в гидроприводе комбайна с некорректированной и корректированной системами подачи. При этом параметры динамической системы „комбайн – забой" изменялись в широких пределах.

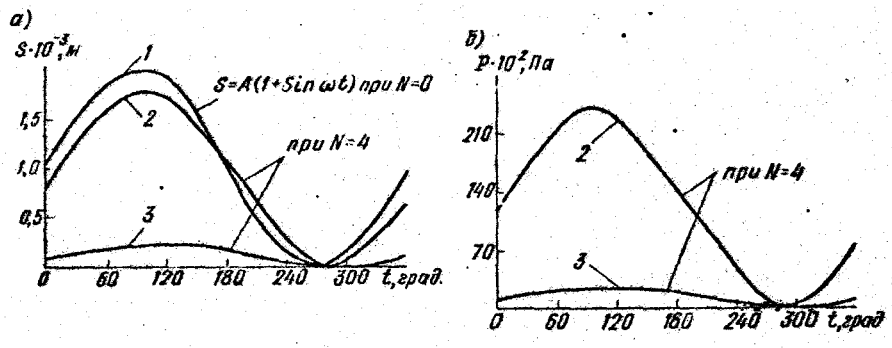


Рис.3. Зависимости $s = f(t)$ (а) и $P = f(t)$ (б) при $m_1 = 24 \cdot 10^3$ кг, $\mu = 5 \cdot 10^3$ Н·с/м, $c_э = 2 \cdot 10^7$ Н/м, $c_{ак} = 2 \cdot 10^5$ Н/м, $\omega = 3$ с$^{-1}$, $k = 2 \cdot 10^{-8}$ м/Н; 1 – заданная функция; 2 – модель с некорректированной системой подачи; 3 – модель с корректированной системой подачи

На рис.3 в качестве примера приведены результаты исследования системы с параметрами, близкими по значениям к параметрам реальной системы с очистным комбайном КШЗМ.

Исследования показали, что снижение коэффициента жесткости и введение нелинейного демпфирования в систему подачи приводит к более быстрому выравниванию поверхности забоя при значительно меньшей динамической составляющей давления.