Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.ХIX, вып.1, 1975 г.

ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ ТИПА ОМТ

Е.И.БОГДАНОВ, Г.А.ТЕРЕХОВ

С помощью электронного моделирования изучалось влияние величины зазора между поршнем и стенками машины на колебательное движение жидкости, определялись максимальные избыточные давления в камерах машины при разных значениях зазора, скоростей и ускорений поршня.

Для решения на аналоговой вычислительной машине уравнению движения жидкости в проточной части отсадочной машины[x] придан безразмерный вид:

$$A\frac{d^2\eta}{d\tau^2}+mB\left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)^2+(2\pi)^2\Phi\left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)+C\left(2\pi\cos 2\pi\tau-\beta\frac{d\eta}{d\tau}\right)^2+D\eta=0\,, \qquad (1)$$

где $\eta=\frac{h_2}{r}$ – относительное перемещение уровня жидкости в решетном отделении; $\tau=\frac{\omega}{2\pi}t$ – относительное время, выраженное в долях периода движения поршня; r и ω – радиус и угловая скорость кривошипа; A, B, C, D и m – безразмерные комплексы, включающие конструктивные и режимные параметры поршневой отсадочной машины,

$$A=\alpha_a\frac{\omega^2 r}{g}\cdot\frac{(\beta L_1^*+L_2^*)}{r}\,; \qquad B=\frac{\alpha_v}{2}\frac{\omega^2 r}{g}\,;$$

$$C=\frac{1}{2}\frac{\omega^2 r}{g}\left(\frac{F_1}{\mu f}\right)^2; \qquad D=(2\pi)^2(1+\beta)\,; \qquad m=(1-\beta^2)+\zeta_{пр}\,.$$

x) См. статью "Дифференциальное уравнение движения жидкости в поршневой отсадочной машине" в настоящем сборнике. Повторяющиеся обозначения здесь не расшифровываются.

Вводя масштабные множители $a_\eta = 1{,}0$ и $a_\tau = 10$, получаем

$$H = a_\eta \eta \qquad \text{и} \qquad T = a_\tau \tau \ ,$$

где H и T – машинные переменные.

Тогда уравнение (1) принимает вид

$$P^2(H) = -m\frac{B}{A}\left[P(H)\right]^2 - \frac{0{,}4}{A}\,\Phi\left[P(H)\right] - \frac{C}{A}\left[0{,}63\cos 2\pi T - \beta P(H)\right]^2 - 0{,}01\frac{D}{A}H \ , \qquad (2)$$

где $P(H)$ – символ производной по машинному времени; $\Phi\left[P(H)\right]$ – нелинейная функция потерь напора в зернистом слое отсадочной машины.

Для реализации гармонической функции времени на модели введено вспомогательное линейное уравнение

$$P^2(Y) = -0{,}4\,Y \ , \qquad (3)$$

решение которого

$$P(Y) \cong 0{,}63\cos 2\pi T$$

задает необходимую зависимость.

Уравнение (2) вместе с уравнением (3) составляет математическую модель колебательного движения жидкости в поршневой отсадочной машине. В блок-схеме (рис. 1) изменение знака нелинейных членов уравнения $\left[P(H)\right]^2$ и $\left[P(Y) - \beta P(H)\right]^2$ в зависимости от знака $P(H)$ и $\left[P(Y) - \beta P(H)\right]$ достигается путем их набора в нелинейных бло-

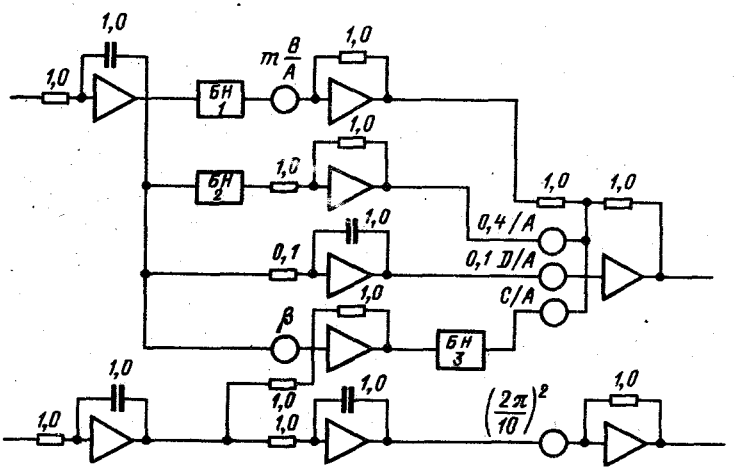


Рис. 1. Блок-схема электронной модели движения жидкости в поршневой отсадочной машине

ках БН1-БН3 модели в противоположных квадрантах.

Электронное моделирование включало переходный режим и установившиеся колебания массы жидкости в машине. Для этого задавались произвольные начальные условия интегрирования, что приводило к различным по длительности переходным процессам. Окончательно при регистрации принимались начальные значения $[P(Y)]_0$ и $[P(H)]_0$, близкие или равные по своим значениям. При этом переходный режим в модели имел небольшую длительность (1–1,5 цикла), после чего движение жидкости становилось устойчиво периодичным.

Динамические процессы в отсадочной машине моделировались на электронной модели МН-7 с использованием комплекта нелинейных блоков. Результаты моделирования регистрировались при помощи шлейфного осциллографа (рис. 2). Одновременно регистрировалось до 5 переменных величин.

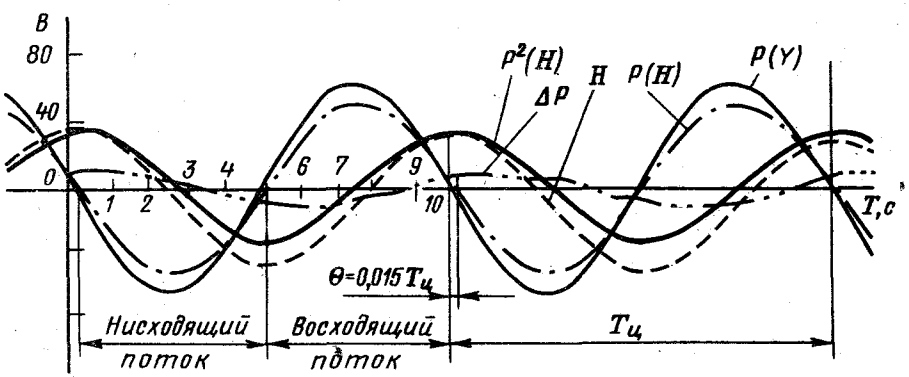


Рис. 2. Осциллограмма колебательного движения жидкости в решетном отделении отсадочной машины при относительном зазоре f = 0,25 (по результатам электронного моделирования) и режиме работы n = 90 об/мин: r = 0,07 м: f/f_{max} = 0,25

Максимальные и минимальные избыточные давления в проточной части машины и результирующее давление на поршень определялось при разных значениях кинематических параметров цикла – радиуса кривошипа r и его угловой скорости ω. Величина зазора f задавалась в интервале $0{,}125\,f_{max} < f < f_{max}$ (f_{max} = 0,112 м^2 – максимальный зазор при неуплотненном поршне в машине ОМТ-800). Влияние зазора определялось при постоянном режиме пульсаций (r = 0,07 м; ω = 9,5 рад/с); влияние частоты пульсаций – при постоянном ходе поршня $2r$ = 0,14 м и трех значениях частот ω, равных 12,5; 14,7 и 17,2 рад/с (см. таблицу).

Результаты электронного моделирования движения жидкости

в поршневой отсадочной машине ОМТ-800

Режим работы	f/f_{max}	h_2/r	$v_2/\omega r$	Разность давлений				Избыточное давление под поршнем			
				$\frac{\Delta P}{\gamma r}$		м		$\frac{P_{п_2}}{\gamma r^2}$		м	
				максимальная	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
ω = 9,5 1/с; r = 0,07 м	1,0	0,74	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Тот же	0,5	0,87	0,85	23,4	-26,2	1,64	-1,83	28,8	-16,4	2,02	-1,15
" "	0,25	0,95	0,95	–	–	–	–	–	–	–	–
" "	0,13	0,98	0,98	–	–	–	–	–	–	–	–
ω = 12,5 1/с; r = 0,07 м	0,5	0,93	0,90	42,1	-42,7	2,95	-3,00	41,9	-27,6	2,93	-1,93
ω = 14,7 1/с; r = 0,07 м	0,5	0,88	0,86	55,0	- 55,0	3,85	-3,85	53,0	-40,0	3,72	-2,80
ω = 17,2 1/с; r = 0,07 м	0,5	0,90	0,90	71,2	- 75,6	5,00	-5,30	66,0	-56,8	4,62	-3,98

Выводы

1. При моделировании движения воды в поршневой отсадочной машине ОМТ-800 зазор между поршнем и стенками поршневого отделения машины не должен превышать $f = 0{,}5\, f_{max}$ (0,02 площади поршня). При этих значениях зазора колебания уровня и скорости воды в решетном отделении составляют около 85% их значений при полностью уплотненном поршне.

2. Возможность возникновения под поршнем машины кавитации и гидравлических ударов исключена во всем диапазоне исследованных режимов, так как минимальное абсолютное давление под поршнем значительно превышает критическое давление парообразования в условиях эксплуатации отсадочной машины.