

ного дросселя получена осциллограмма, показанная на рис. 2. Участок I соответствует разгону поршня, участок II — торможению. Полученный импульс ускорения имеет очевидное искажение фронта — он слишком пологий в начальной своей части, что вызвано малой крутизной характеристики  $f_{др}(y)$  в области сливных окон.

Наиболее характерной точкой импульса ускорения при запуске функции  $a = s^2 y_3(t)$  является точка 1. Предположим, запустили заданную функцию  $s^2 y_3(t)$  в точке 1 (рис. 2). В этом случае искажение фронта не будет исправлено вплоть до точки 3, так как для этого требуется большая крутизна характеристики  $f_{др}(y)$  в области сливных окон, ограничиваемая условием (1). Из рисунка видно, что существует определенный уровень  $a_1$  точек 2 и 2', на котором крутизна функций  $s^2 y_m(t)$  и  $s^2 y_3(t)$  совпадает. Причем, начиная с этого уровня, крутизна функции  $s^2 y_3(t)$  падает, а  $s^2 y_m(t)$  увеличивается (вследствие этого и происходит их встреча в точке 3). Очевидно, что для получения оптимального решения, функцию  $s^2 y_3(t)$  следует запустить в некоторой точке  $t_3$ , в которой точки 2 и 2' совпадают.

Для решения этой задачи разработан алгоритм (рис. 3), позволяющий определить с высокой точностью время запуска заданной функции.

**Описание алгоритма.** 1. Определение времени  $t$ , при котором  $s^2 y_m(t) = 0$ . Для повышения точности определения  $t_1$  запоминается массив  $\{MP_e\}$ , содержащий решение математической модели в точке, предшествующей  $t_1$  (блок 9). С появлением решения, при котором  $s^2 y_m(t) \leq 0$ , через массив  $\{MP_e\}$  восстанавливается предыдущая точка, в которой  $s^2 y_m(t) > 0$  (блок 7), при этом шаг печати  $h$  уменьшается в  $n$  раз. При таком уменьшенном шаге момент изменения функции  $s^2 y_m(t)$  знака фиксируется с заданной введением коэффициента  $n$  точностью (блоки 8, 10, 11). Здесь же вычисляется амплитуда  $a_3$  заданной функции

2. Предварительный запуск  $s^2 y_3(t)$  в точке  $t_1$  (блок 12). После запуска функции  $s^2 y_3(t) = a_3 \sin \pi (t - t_1)/t_3$  каждая вычисленная точка заданной функции записывается в массив  $\{MY_{3i}\}$  с соответствующим массивом времени  $\{MT_i\}$ . Для того, чтобы определить крутизну функции  $s^2 y_m(t)$ , необходимо иметь две ее точки, поэтому в памяти хранится каждое предшествующее решение (блок 19) в виде параметра  $z$ . Для экономии машинного времени вначале вычисляется не менее четырех точек без проверки функций  $s^2 y_m(t)$  и  $s^2 y_3(t)$  на крутизну (блок 14).

3. Выбор из массива  $\{MY_{3i}\}$  значения  $s^2 y_3(t)_k$ , равного или близкого к  $s^2 y_m(t)_i$  (блоки 15, 16). В блоке 17 определяется индекс  $m$ .

4. Проверка  $s^2 y_m(t)$  и  $s^2 y_3(t)$  на крутизну (блок 18). В блоке 18 записано условие  $|(s^2 y_3(t))_k - (s^2 y_m(t))_m| \leq |(s^2 y_m(t))_j - (s^2 y_m(t))_{j-1}|$ . Если это условие не выполняется, решение продолжается. Если же условие выполняется, то вычисляется время запуска  $t_3$  (блок 20):  $t_3 = t + t_1 - t_k$ , где  $t$  — текущее время;  $t_k$  — элемент массива  $\{MT_i\}$ . При этом дальнейшее решение прекращается, восстанавливаются значения производных в точке, где  $s^2 y_m(t) > 0$  (через массив  $\{MP_e\}$ ), а также восстанавливается время  $t$  и шаг печати  $h$  (блок 20). В дальнейшем алгоритм отключается (блок 3) и решение математической модели продолжается обычным способом. В точке 3, когда пересекутся  $s^2 y_m(t)$  и  $s^2 y_3(t)$ , ограничение (1) не будет препятствовать работе обратной связи, выраженной в виде  $f_{др}(t) = k [s^2 y_m(t) - s^2 y_3(t)]$ , где  $k$  — коэффициент усиления. Поэтому кривые  $s^2 y_m(t)$  и  $s^2 y_3(t)$  в дальнейшем совпадают, а на выходе будет получена требуемая функция  $f_{др}(t)$ .

Искажения фронта до уровня  $a_1$  не существенны, так как уровень  $a_1$  составляет меньше 0,1  $a_3$  (для импульсов с длительностью более 0,005 с), а в этих пределах импульс ускорения не нормируется.

По приведенному алгоритму составлена программа на языке ФОРТРАН-IV и получены решения задачи синтеза  $f_{др}(y)$  на машинах ЕС-1022, СМ-4.

1. А.с. 783615 (СССР).

2. Немировский И. А. Синтез на АВМ нелинейных характеристик элементов динамических систем. — В кн.: Современные методы синтеза машин-автоматов и их систем: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Тамбов, 1981, с. 188—189.

Поступила в редколлегию 25.10.84.

УДК 621.626:626.845

А. Ф. ПОНОМАРЧУК, д-р техн. наук,  
М. Е. ИВАНОВ, Г. С. РАТУШНЯК, кандидаты техн. наук, И. В. КОЦ

### ГИДРОПРИВОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ДОЖДЕВАЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Структурная схема типового импульсного дождевального аппарата с гидроприводным автоматическим блоком управления включает источник энергии для создания напора воды и рабочей жидкости в гидросистеме, систему распределения и управления потоком воды и рабочей

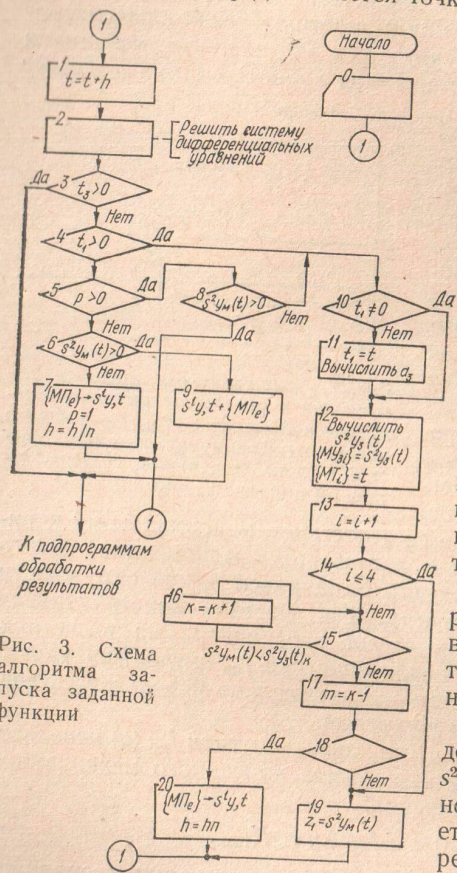
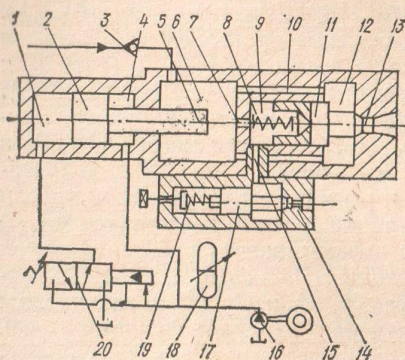


Рис. 3. Схема алгоритма запуска заданной функции

жидкости, блок создания периодического закона движения основного и вспомогательного рабочего звена и технологический объект 11, 21.

Конструктивно импульсный дождевальная аппарат с гидроуправляющим устройством представляет собой ствол дальнеструйного дождевателя, устанавливаемого на гидрофицированное самоходное шасси. Внутри ствола (см. рисунок) встроены управляемый запирающий орган и поршневой механизм выброса водных струй. Дополнительный напор создается гидроцилиндром двойного действия, работой которого управляет гидроприводный автоматический блок управления. Гидроприводный автоматический блок управления импульсным выбросом водных струй включает гидронасос 16, гидроаккумулятор 18 и гидрораспределительное устройство в виде двухступенчатого двухходового золотника 20, предназначенного для периодического сообщения напорной или сливной магистрали гидросистемы с поршневой 1 или штоковой 4 полостями импульсного механизма.



Конструктивная схема импульсного дождевального аппарата с гидроприводным автоматическим блоком управления

При этом поршневая полость 1 посредством гидрораспределительного устройства 20 соединена со сливом. Шток 5 займет крайнее левое положение и освободит объем в рабочей камере 6. Через обратный клапан 3 вода из проводящей оросительной сети заполнит рабочую камеру 6 и через спрямляющие проходные каналы 10 полость 12 перед соплом. После того, как поршень 2 со штоком 5 сместятся в крайнее левое положение и в гидроаккумуляторе 18 давление рабочей жидкости достигнет значения, на которое настроено гидрораспределительное устройство 20, осуществляется его релейное переключение и соединение гидроаккумулятора 18 и гидронасоса 16 с поршневой полостью 1. Происходит ускоренное перемещение поршня 2 со штоком 5 в крайнее правое положение. При этом шток 5 будет осуществлять сжатие воды в рабочей камере 6 до давления, на которое настроена пружина 19 импульсного клапана 14. После этого открывается сливное отверстие с дросселем 14 импульсного клапана 17, и с надклапанной полости 9 управляемого запирающего двухступенчатого клапана 11, которая дросселем 7 связана с рабочей камерой 6, по каналу 15 через дроссель 14 происходит слив воды. Под действием перепада давления в подклапанной полости 9 и полости 12 запирающий двухступенчатый клапан 11 отжи-

мается от установочного седла, сжимая пружину 8, и через сопло 13 порция воды выбрасывается на орошаемую поверхность.

Соответствующей настройкой давлений срабатывания гидроприводного автоматического блока управления и запирающего двухступенчатого клапана 11, а также регулировкой производительности гидронасоса 16 можно в широком диапазоне изменять дальность полета водяных струй, частоту их выброса и требуемый объем выброса. Автономность обеспечения импульсного выброса водной струи повышает надежность функционирования дождевального аппарата, так как изменение давления в проводящей оросительной сети не влияет на режим его работы.

Для выявления энергетических возможностей гидроприводного автоматического блока управления рассмотрены основные фазы рабочего цикла — холостого и рабочего хода. Для этого составлены и решены численными методами нелинейные дифференциальные уравнения. Дифференциальное уравнение рабочего хода поршня гидроцилиндра двойного действия можно представить в виде

$$Md^2s/dt^2 = R(s) - Mg \sin \alpha - P_2 F_3 - Q, \quad (1)$$

где  $M$  — приведенная масса, равная сумме масс поршня 2 со штоком 5, рабочей жидкости в поршневой 1 и штоковой 4 полостях и воды в рабочей камере 6;  $s$  — перемещение штока 5 в гидроцилиндре двойного действия;  $g$  — ускорение свободного падения;  $\alpha$  — угол наклона ствола импульсного дождевального аппарата;  $P_2$  — сила действия воды в рабочей камере 6 на шток 5;  $F_3$  — площадь штока 5;  $Q$  — приведенная сила трения воздействия на поршень 1 и шток 5;  $R(s)$  — усилие воздействия давления рабочей жидкости, поступающей от разряжающегося гидроаккумулятора 18 на поршень 2 гидроцилиндра двойного действия, представленное как упругая составляющая  $R(s) = P_1(F_1 - F_2)$ , где  $P_1$  — сила воздействия рабочей жидкости на поршень 2 со стороны штоковой полости 4;  $F_1$  и  $F_2$  — эффективная площадь соответственно со стороны поршневой 1 и штоковой 4 полостей.

При турбулентном движении жидкости сила воздействия воды в рабочей камере 6 на шток 5 определится по формуле  $P_2 = (F_3^2 \rho_w / 2\mu^2 f_c^2) \times (ds/dt)^2$ , где  $\rho_w$  — плотность воды;  $\mu$  — коэффициент гидравлического сопротивления;  $f_c$  — площадь сопла 13.

Обозначив  $A = F_3^2 \rho_w / (2\mu^2 f_c^2 M)$ ;  $B = 1/M$ ;  $D = (Mg \sin \alpha + Q)/M$  и подставив в формулу (1), получим нелинейное уравнение

$$d^2s/dt^2 + A(ds/dt)^2 + BR(s) = D, \quad (2)$$

где  $R(s) = c_a(s_0 - s)$ ;  $s_0$  — начальная деформация рабочей жидкости в гидроаккумуляторе;  $c_a$  — приведенная жесткость гидроаккумулятора 18 с учетом жесткости гидросистемы по линии гидроаккумулятор — импульсный клапан — исполнительный гидроцилиндр,  $c_a = F_a i / (W_a \beta)$ , где  $F_a$  и  $W_a$  — соответственно эффективная рабочая площадь и объем гидроаккумулятора;  $i$  — коэффициент приведения рабочих площадей,