

площади полива число и диаметры сопел по мере удаления от неподвижной опоры увеличивались (рис. 3). Для сохранения радиуса захвата в консольной части машины был установлен дождевальная аппарат ДМ-07.140. Настройка всех аппаратов на напор 25 м осуществлялась с помощью дождемеров, расставленных через 2 м вдоль водопроводящего пояса машины. Основные агротехнические и эксплуатационно-технологические показатели модернизированной машины приведены в таблице.

#### ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЗКОНАПОРНОЙ ДМ «ФРЕГАТ»

Число тележек	13
Длина машины, м	364,7
Напор, м:	
на входе в машину	38,5
в конце машины	28,0
у дождевальных аппаратов	25,0
Максимально допустимый общий уклон поля на длине машины	+0,017 -0,030
Общий расход, л/с	61,25
В том числе:	
по дождевальным аппаратам	56,55
на гидропривод	4,70
Радиус полива, м	390
Площадь, орошаемая с одной позиции, га	48,0
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,21
Минимальное время одного оборота машины, ч	53,5
Минимальная поливная норма, м <sup>3</sup> /га	228
Коэффициенты распределения слоя дождя по длине машины (при скорости ветра 1,48 м/с):	
эффективного	0,735
недостаточного	0,135
избыточного	0,130
Средний диаметр капель, мм	1,41
Производительность за час основного времени при поливной норме 300 м <sup>3</sup> /га, га	0,682
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:	
технологического обслуживания	0,991
надежности технологического процесса	0,990
использования сменного времени	0,991
использования эксплуатационного времени	0,940
Коэффициент готовности	0,994
Число дождевальных аппаратов	56
В том числе:	
ДМ-07.030	22
ДМ-07.050	33
ДМ-07.140	1

Установлено, что снижение напора на входе в машину за счет предложенного технического решения практически не оказало влияния на такие параметры, как радиус полива, площадь захвата, средняя интенсивность дождя, средний диаметр капель, коэффициент эффективного полива. То есть эксплуатационно-технологические коэффициенты низконапорной ДМ «Фрегат» достаточно высокие, машина устойчиво и надежно выполняет технологический процесс.

УДК 631.347

### ИМПУЛЬСНЫЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫЙ АППАРАТ

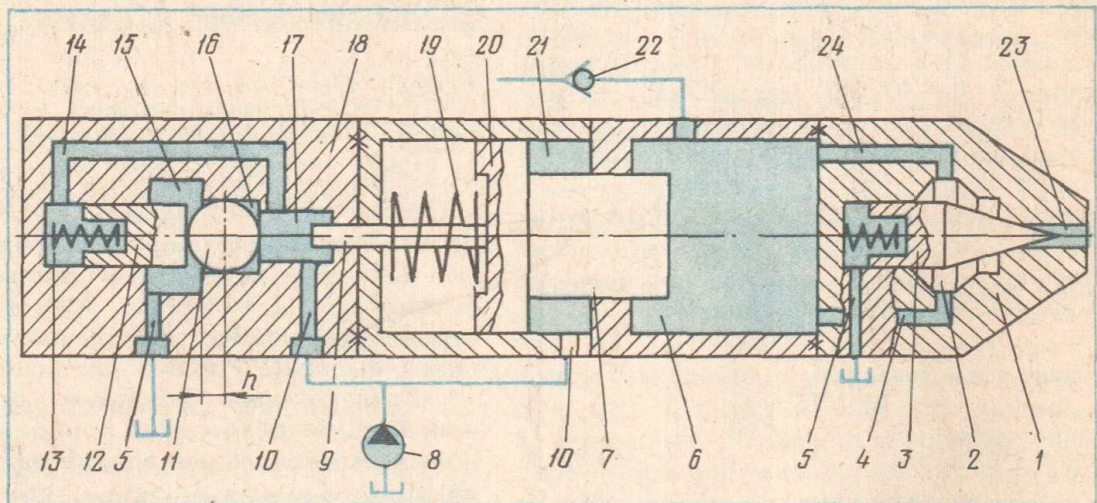
А. Ф. ПОНОМАРЧУК, д-р техн. наук;  
Г. С. РАТУШНЯК, канд. техн. наук;  
И. В. КОЦ (Винницкий политехнический институт)

Одним из направлений ускорения научно-технического прогресса в орошении является внедрение в производство высокопроизводительных энерго- и ресурсосберегающих дождевальных машин с высокими технико-экономическими показателями. Создание таких машин требует разработки принципиально новых дождевальных аппаратов, позволяющих рационально использовать водноземельные ресурсы, механизировать и автоматизировать водораспределение. В полной мере этому соответствуют импульсные дождевальные аппараты. С их помощью выполняются поливы малыми нормами с небольшой интенсивностью дождя, появляется возможность регулирования микроклимата приземного слоя воздуха при незначительной энергоемкости и металлоемкости [1, 2, 3].

Перспективное направление совершенствования импульсных дождевальных аппаратов — использование гидропривода для автоматического управления исполнительным органом импульсного механизма выброса заданного объема воды. Импульсные дождевальные аппараты с гидроприводным устройством агрегируются с гидрофицированным самоходным шасси. Конструктивно такой аппарат состоит из накопительного резервуара воды 6, ствола с запорным устройством 1, импульсного механизма выброса воды 7 и гидроприводного блока автоматического управления импульсным выбросом 18 (рис. 1). Подача воды в накопительный резервуар 6 осуществляется через обратный клапан 22 из низконапорной проводящей оросительной сети. Дополнительный напор для обеспечения расчетного радиуса полива создается импульсным механизмом выброса воды 7. Устройство блока автоматического управления импульсным выбросом 18 может быть выполнено в виде трехступенчатого клапана, содержащего подпружиненный плунжер 12 и шарик 11, установленные с образованием трех полостей. Запорное устройство 1 содержит выпускной импульсный клапан 3, рабочая полость 2 которого



## Импульсный дождевальный аппарат



соединена с накопительным резервуаром воды 6.

Импульсный дождевальный аппарат работает следующим образом. В исходном положении накопительный резервуар 6 наполнен водой, запорное устройство 1 закрыто. При включении гидронасоса 8 начинается холостой ход импульсного механизма выброса воды. Рабочая жидкость по напорным магистралям 10 под давлением поступает в штоковую полость 21, затем в подклапанную полость 17 и по каналу 14 в надклапанную полость 13 гидроуправляющего устройства. Так как на первой ступени площадь герметизирующей поверхности шарика 11, прижатого со стороны подклапанной полости, меньше площади плунжера 12 со стороны надклапанной полости 13, то шарик под действием разности давлений будет прижат к уплотняющей фаске. При этом рабочая жидкость в штоковой полости 21 воздействует на поршень 20, перемещает его со штоком импульсного механизма выброса воды 7 в левое положение и сжимает силовую пружину 19. В результате шток механизма выброса воды 7 займет крайнее левое положение и освободит объем в накопительном резервуаре 6, который заполнится очередной порцией воды. Перемещение поршня 20 передается жестко скрепленному с ним упору 9, конец его отжимает шарик 11 от уплотняющей фаски, и начинается рабочий ход импульсного механизма выброса воды. Площадь шарика, на которую воздействует давление рабочей жидкости со стороны подклапанной полости 17, увеличится и образует вто-

рую ступень, равную всей площади поперечного сечения шарика. Отжав подпружиненный плунжер 12, шарик переместится влево, подклапанная полость 17 соединится со сливной расточкой 15, и рабочая жидкость пойдет на слив 5. Давление в напорных магистралях блока автоматического управления упадет до сливного, в подклапанной полости 17 плунжер 12 переместит шарик 11 вправо и прижмет его к уплотняющей фаске. Слив рабочей жидкости через центральную полость 16 и сливную расточку 15 прекратится. Одновременно поршень 20 со штоком импульсного механизма выброса воды 7 под воздействием силовой пружины 19 сместятся вправо, а рабочая жидкость из штоковой полости 21 пойдет на слив. В результате перемещения штока в накопительном резервуаре 6, заполненном водой, создается давление, на которое настроен импульсный клапан 3 запирающего устройства 1. Под действием возрастающего давления со стороны рабочей полости 2, связанной каналами 4 и 24 с накопительным резервуаром 6, выпускной импульсный клапан 3 отрывается от седла и отжимается в крайнее левое положение. При этом накопительный резервуар 6 сообщается с соплом 23, через которое происходит импульсный выброс воды на орошаемую поверхность. По мере снижения давления воды в накопительном резервуаре 6 выпускной импульсный клапан 3 закрывается. Далее весь цикл работы дождевального аппарата повторяется в автоматическом режиме.

Путем настройки давлений срабаты-



вания трехступенчатого клапана гидроуправляющего устройства блока автоматического управления 18 и выпускного импульсного клапана 3 запирающего устройства 1, а также регулировки подачи гидронасоса 8 и диаметра сопла можно изменять дальность и объем выброса, размеры капель, интенсивность дождя и частоту импульсов.

Для составления дифференциальных уравнений, описывающих динамику перемещения подвижной инерционной массы, нами были рассмотрены две основные фазы работы импульсного дождевального аппарата — холостой и рабочий ход. При составлении дифференциальных уравнений приняты следующие условия и допущения: расход воды в проводящей оросительной сети и подача гидронасоса 8 постоянны, давления рабочей жидкости в сливной магистрали гидроприводного автоматического блока управления 18 и воды на выходе из сопла 23 постоянны, гидроприводный автоматический блок управления 18 и запорное устройство 1 срабатывают релейно, коэффициенты сжатия рабочей жидкости и воды постоянны.

Фаза холостого хода импульсного механизма выброса воды 7 описывается уравнениями:

$$M\ddot{x} = P_{ж}(F_n - F_y) - \alpha\dot{x} - c(x_n - x) - R_T \operatorname{Sgn}(\dot{x}) + p_{в} F_{ш}; \quad (1)$$

$$Q_{ж} = \frac{dp_{ж}}{dt} [W_r + (F_n - F_y)x] \beta_{ж} + (F_n - F_y)\dot{x} + \varphi p_{ж}; \quad (2)$$

$$Q_{в} = \frac{dp_{в}}{dt} (W_{в} + F_{ш}x) \beta_{в} + F_{ш}\dot{x}, \quad (3)$$

а фаза рабочего хода — уравнениями

$$M\ddot{x} = c[(x_0 + x_n) - x] - p_{ж}(F_n - F_y) - p_{в} F_{ш} - \alpha\dot{x} - R_T \operatorname{Sgn}(\dot{x}); \quad (4)$$

$$Q_{ж} + \frac{dp_{ж}}{dt} [W_r - (F_n - F_y)x] \beta_{ж} + (F_n - F_y)\dot{x} = \mu_{ж} \pi D_{ш} h \times \sqrt{p_{ж} - p_{сл}} - \varphi p_{ж}; \quad (5)$$

$$Q_{в} = \frac{dp_{в}}{dt} (W_{в} - F_{ш}x) \beta_{в} - F_{ш}\dot{x} - \mu_{в} f_{к} \times \sqrt{p_{в} - p_0}, \quad (6)$$

где  $t$  — текущее время;  $M = m + m_{в} + m_{ж}$  — приведенная инерционная масса ( $m$ ,  $m_{в}$ ,  $m_{ж}$  — соответственно масса подвижных элементов импульсного механизма выброса воды 7, сосредоточен-

ного объема воды в накопительном резервуаре 6 и рабочей жидкости);  $Q_{в}$  и  $Q_{ж}$  — расход воды в проводящей оросительной сети и рабочей жидкости в гидроприводном автоматическом блоке управления 18;  $F_n$ ,  $F_y$ ,  $F_{ш}$  — соответственно рабочие площади со стороны действия рабочей жидкости на поршень 20, упор 9 и шток 7;  $P_{ж}$  и  $P_{в}$  — давления рабочей жидкости в гидроприводном автоматическом блоке управления 18 и воды в накопительном резервуаре 6;  $\alpha$  — коэффициент вязкого сопротивления рабочей жидкости;  $W_r$ ,  $W_{в}$  — рабочие объемы гидроприводного автоматического блока управления 18 и накопительного резервуара 6,  $C$  — коэффициент жесткости силовой пружины 19;  $x_n$ ,  $x_0$  — значения предварительной и максимальной в конце холостого хода деформации силовой пружины 19;  $R_T$  — сила сухого трения подвижной инерционной массы по направляющим поверхностям;  $\beta_{ж}$ ,  $\beta_{в}$  — коэффициенты сжимаемости рабочей жидкости и воды;  $\varphi$  — коэффициент утечек рабочей жидкости;  $x$ ,  $\dot{x}$ ,  $\ddot{x}$  — соответственно текущие перемещение, скорость и ускорение подвижной приведенной инерционной массы;  $p_{сл}$ ,  $p_0$  — давления рабочей жидкости в сливной магистрали гидроприводного автоматического блока управления и воды на выходе из сопла 23;  $h$  — величина перекрытия сливной расточки максимальным диаметром  $D_{ш}$  шарика 11;  $f$  — площадь открытия выпускного импульсного клапана 3;  $\mu_{ж}$ ,  $\mu_{в}$  — коэффициенты расхода рабочей жидкости и воды.

Решение дифференциальных уравнений (1) — (6) проводилось численным методом. Результаты математического моделирования свидетельствуют о том, что при расходе аппарата 3...5 л/с и дальности полета струи 70...90 м обеспечивается интенсивность дождя 0,03...0,04 мм/мин, а время выброса составляет 3...4 с.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Носенко В. Ф. Техника импульсного дождевания. — М.: Колос, 1973.
- Пономарчук А. Ф., Ратушняк Г. С., Иванов М. Е., Коц И. В. Гидроуправляющее устройство импульсного дождевального аппарата. — Сб.: Гидропривод и гидропневмоавтоматика, вып. 21. — Киев: Техніка, 1985.
- Ратушняк Г. С., Коц И. В. Конструирование и расчет технологических параметров импульсных дождевальных аппаратов. — В сб.: Вопросы мелиорации и сельского строительства на Дальнем Востоке. — Уссурийск, изд. Приморского СХИ, 1984.