

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАЛОИНТЕНСИВНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Алиев З.Г.

*Институт Эрозия и Орошения НАН Азербайджанской Республики, Баку,
e-mail: zakirakademik@mail.ru*

В последние годы как в республике, так и в СНГ и дальнем зарубежье ведется разработка стационарных систем малоинтенсивного орошения, состоящих из микродождевания, импульсного дождевания автоколебательного действия, аэрозольного орошения, микродождевание комбинированное, капельное, импульсно-капельное и ряда других. Это обусловлено тем, что система малоинтенсивного орошения имеет ряд существенных достоинств перед другими способами орошения. Особенно перспективно создание автоматизированных систем дождевания импульсными аппаратами, микрождевателями комбинированными, шаговыми микрождевателями коромыслового типа, импульсно-капельными аппаратами автоколебательного действия и т.д. Следует отметить, что эти системы позволяют уменьшить капитальные затраты на их строительство, также обеспечить принцип как «дождевания», так и «капельного орошения» при ежесуточном водопотреблении растений. То есть создать оптимальные условия для роста и развития растений в период их вегетации.

Ключевые слова: изучение, параметры, система

STUDY PARAMETERS AND RELIABILITY OF IRRIGATION LOW INTENSITY TO WORK IN CONDITIONS OF MOUNTAIN AGRICULTURE IN AZERBAIJAN

Aliev Z.G.

*Institute of Erosion and Irrigation of the Republic of Azerbaijan National Academy of Sciences,
Baku, e-mail: zakirakademik@mail.ru*

In recent years, both in the republic and in the CIS and far-abroad countries are developing low-intensity irrigation stationary systems consisting of mikrodozhdevaniya, self-oscillating pulse sprinkling action, fogging, combined mikrodozhdevanie, drip, im-pulse-drip and others. This is due to the fact that low-intensity irrigation system has a number of significant advantages over other irrigation methods. Especially promising is the development of automated systems sprinkling pulse devices, combined mikrodozhdevatelyami, stepper mikrodozhdevatelyami rocker type, pulse-drip devices self-oscillating action, etc. It should be noted that these systems can reduce the capital cost of their construction and principle as well as provide a «sprinkling» or «drip irrigation» with the daily water consumption of plants. That is to create optimal conditions for the growth and development of plants in their growing season.

Keywords: study, parameters, system

Ходы исследование

Автоматизированный полив сельхозкультур основа высоких урожаев и повышения производительности труда. Следовательно, от элементов и устройств применяемой автоматики требуется надежная и бесперебойная работа. Поэтому, начиная со стадии разработки этих устройств и кончая производством и эксплуатацией, вопросы надежности, так как проблема надежности является не только технической, но и важной экономической задачей.

Теория надежности, разработанная в последние десятилетия открывает большие возможности для качественной оценки надежности существующей техники полива, в т.ч. систем микроорошения.

Надежность – это свойство оборудования или системы выполнять заданные функции, сохранять свои эксплуатацион-

ные показатели в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.

Из числа существующей техники полива, стационарная дождевальная система состоящая из большого числа однотипных элементов, расположенных в определенном порядке на поле и необходимых для проведения полива сельскохозяйственных культур.

Определение надежности одного из этих элементов решает вопрос надежности систем. Вопросами надежности стационарных систем орошения в частности, снабженных дождевальными установками занимались многие ученые в бывшем Советском Союзе и за рубежом.

Для изучения элементов расчета по надежности систем малоинтенсивного дождевания (на примере импульсного дождевания автоколебательного действия) следует рассмотреть технологическое и технико-эко-

номическое обоснование дождевальных систем.

Оптимальные параметры системы малоинтенсивного орошения определялись нами путем поиска минимума функции удельных приведенных затрат $C_{уд}$, зависящей от площади системы S ; отношения сторон θ ; расходы системы Q ; напора H , соответствующего давлению диктующей точки; условного оросительного периода T_y , равного

$$\frac{i}{q/3600}$$

где M оросительная норма, m ; q' – максимальная ордината гидромодуля m/c).

Числа распределительных трубопроводов N ; расстояния между поливной техникой (дождевальным установкам) l ; коэффициента X , равного при расстановке аппаратов по квадратам $0,2$; длины i -го трубопровода системы l_i его диаметра D_i

$$C_{уд}^n = \frac{1}{S} [E_0 \sum (a + bD_i^\alpha) l + (C + \sum C_g) + BQ(H + \sum KO_i^\beta D_i^{-m} l_i) + \varepsilon_n]$$

Исследования показали, что наиболее экономичным является вариант одновременной работы всех дождевальных аппаратов системы, т.е., когда на системе производится предельное рассредоточение поливного тока. Функция (2) для этого случая имеет минимум в точках, определяемых выражениями:

$$N = \frac{n2^{Hn}}{1-n} \quad S = \frac{Q}{l} \frac{1+n}{2} \frac{1-n}{2} \quad (3)$$

$$L = \left[\frac{\gamma\lambda(1-n)^{1+n}}{xB(n^{2n})^n} (q')^{n-1} \left(\frac{S}{\theta} \right) \frac{n^2}{2} \right]^{(n2-2n+2)^{-1}}$$

где

$$n = \frac{\alpha(\beta+1)}{\alpha+m}$$

$$\lambda = (m+\alpha) \left(\frac{B\kappa}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+m}} \left(\frac{E_o b}{m} \right)^{\frac{m}{\alpha+m}}$$

$$\gamma = 1 - \frac{n}{2} - \frac{n(1-n)}{6} \quad B = \frac{1000}{102\eta} \psi K_n \quad (4)$$

Подставляя в формулы (3) и (4) коэффициенты, соответствующие стальным трубопроводам ($d = 1,4$; $m = 5,1$; $\beta = 1,8$;

и расхода Q_i ; коэффициентов k , m , β зависящих от шероховатости внутренней поверхности труб; стоимостей поливной техники (дождевальных аппаратов и др.). C_g и напоробразующего узла C_n ; стоимости одного кВт/ч электроэнергии; ψ , коэффициента полезного действия насосного агрегата η , равного $0,7$ коэффициента неравномерности расхода

$$K_n = \frac{2r l_n p}{(p-1)(r+1)} \quad (1)$$

где r – отношение давления начала выплеска P_2 к давлению конца выплеска P_1), равного $1,02 - 1,25$; коэффициента $E_0 = E_1 + E_2$ (E_1, E_2 – нормативные коэффициенты эффективности капитальных вложений и ежегодных отчислений на амортизацию и ремонт); коэффициентов b, d зависящих от материала и стоимости укладки труб и эксплуатационных затрат на содержание обслуживающего персонала системы ε_n :

$K = 0,00107$; $B = 50$; $E_0 = 0,2$; $K_n = 1,1$), получаем расчетные формулы для определения и которые для удобства их использования, представлены номограммами (рисунок).

Аналогичные номограммы построены и для труб, изготовленных из пластмасс и других материалов.

Оптимальные диаметры трубопроводов $D_{опт}$, количество поливных трубопроводов X , подвешенных к распределительному трубопроводу, количество дождевальных аппаратов на поливном трубопроводе y определяют по следующим соотношениям:

$$D_{опт} = \left(\frac{BKm}{E_o \alpha b} \right)^{\frac{1}{\alpha+m}} Q^{\frac{\beta+1}{\alpha+m}}$$

$$\chi = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{S}{\theta}} \quad y = \frac{2\sqrt{S\theta}}{Nl} \quad (5)$$

При изменении исходных параметров S, q', θ, M в пределах:

$30 \leq S \leq 300$ га,

$0,3 \cdot 10^{-7} \leq q' \leq 1,0 \cdot 10^{-7}$ м/с,

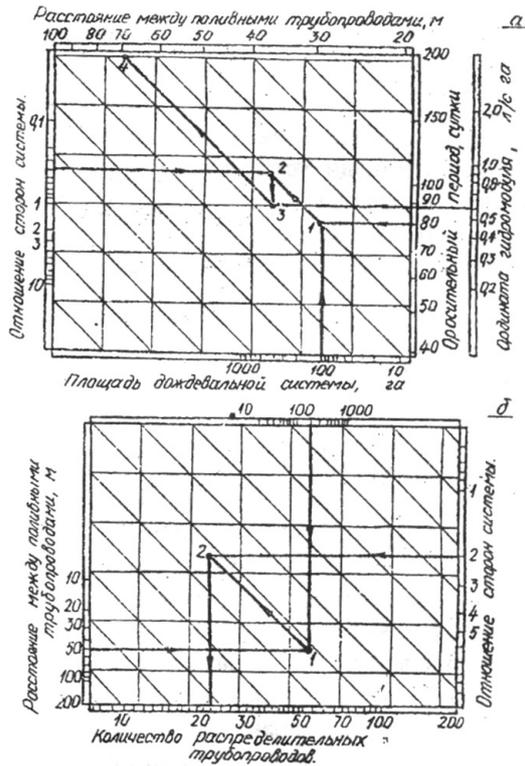
$0,25 \leq \theta \leq 4, 0,3 \leq M \leq 1,0$ м

1000 м³/га, оптимальные параметры системы изменяются в пределах:

$35 \leq l \leq 135$ м; $3 \leq N \leq 65$;

$1 \leq x \leq 50$; и $1 \leq y \leq 33$.

Привязываясь к площадям закрепленным конкретным природнохозяйственным условиям, определим параметры систем малоинтенсивного орошения на примере импульсного дождевания.



Номограмма для определения параметров импульсного аппарата

Считаем эти площади установлены и равны 150 – 400 га и характеризуются в среднем оптимальным отношением сторон 1-3, а природно-хозяйственные условия оросительной нормой 0,35 – 0,75 м и максимальной ординатой гидромодуля $0,6 \times 10^{-7} - 1,0 \times 10^{-7}$ м/с.

Осредненным исходным данным $S = 200$ га, $\theta = 2$; $M = 0,55$ м, $q' = 0,8 \times 10^{-7}$ м/с, соответствуют следующие оптимальные параметры системы $l = 50$ м, $N = 22$, $x = 10$, $y = 8$ полученные с помощью ранее приведенной программы и формул (4.5). Для других возделываемых культур и природно-хозяйственных условий эти параметры определяются аналогично.

Полученные значения $N, l, x, y, D_{\text{опт.1}}$ – позволяют определить основные конструктивные и технологические параметры поливной техники (импульсных дождевателей аппаратов автоколебательного действия): как напор H_2 , соответствующей давлению начала выплеска P_2 , напор H_1 , соответствующий давлению конца выплеска P_1 ; кон-

структивный объем пневмогидроаккумулятора W_0 и диаметр сопла D .

Основываясь на материалах ряда работ ученых Мира, и результатов проведенных в Институте Эрозия и Орошения НАНА исследований посвященных определению некоторых параметров поливной техники в т.ч. дождевательных аппаратов обычного типа, аппаратов импульсного действия и др., по которым нами предлагаются следующие характеристические управления для определения основных параметров у импульсных аппаратов в зависимости от напора. Но, соответствующего начальному давлению в пневмоаккумуляторе P_0 и на соответствующего атмосферному давлению P_a , площадей поперечного сечения подводящего трубопровода ω_2 , коэффициентов расхода на входе пневмогидроаккумулятора μ_1 и сопла μ_2 , ресурсов пневмогидроаккумулятора T^* , дождевательного аппарата N^* , коэффициентов, зависящих от стоимости дождевательного аппарата d_1 и d_2 ,

$$\frac{H_0 W_0 (H_2 - H_1)}{H_1 H_2 (T_1 + T_2)} = k_1 q' l^2 \quad (6)$$

$$W_0 = R^2 = \sqrt{\frac{a_1 p M H_1 H_2 T^*}{H_0 (H_2 - H_1) a_2 N^*}} \quad (7)$$

$$D = \left[\frac{H_1^{0.43}}{6.6} \cdot \frac{H_2 / H_1 - 1}{(H_2 / H_1)^{0.57} - 1} \right]^{7.15} \cdot 10^{-2} \quad (8)$$

Следует отметить, что уравнение (6) приводит в соответствие водоподачу и водопотребление растений, а уравнение (7) и (8) характеризуют, соответственно, оптимальные размеры дождевательных аппаратов и агротехнические требования и качества дождя (количество дождевательных капель с диаметром более 1,0-1,5 мм в общем потоке дождевательной струи должно быть менее 10%).

Каждой группе M, q, S, θ соответствуют вполне определенные значения x, y, N, l параметров системы и H_2, H_1, W_0, D параметров импульсного аппарата. Принимая во внимание, что на реальной системе $T_1 \Rightarrow T_2$ и сумма гидравлических сопротивлений до наихудшего по условиям наполнения пневмогидроаккумулятора системы $\sum \xi \Rightarrow 1$, уравнение (6) можно представит в виде:

$$H_1 = \sqrt{\left(\frac{H_2^2 + 2C^2 H_2}{2C^2} \right)^2 + \frac{H_2^3 - C^2 H^2}{C^2}} - \frac{H_2^2 + 2C^2 H_2}{2C^2} \quad (9)$$

$$C = \frac{k_1 q}{\mu_1 \omega_1 \sqrt{2g}} \mu = \sqrt{\frac{(Aq^{n_1})^{1.3}}{\gamma a_1 l F(x.y.N)}}$$

$$A = \left(\frac{Bkm}{E_o \alpha b} \right)^{\frac{1}{\alpha+m}}$$

$$F(x.y.N) = y^{1-n_2} + x \frac{1-n_2}{1.3n_1} + \frac{N^{1-n_2} y^{1-1.3n_1}}{x^{1.3n_1} 2^{1.3n_1-n_2+1}}$$

$$q = q^1 l^2$$

$$\omega = 0.785 (Aq^{n_1})^2 n_1 = \frac{\beta+1}{\alpha+m} = 0.44$$

$$/n_2/ = /2 - 5,3n_1/ = 0,33$$

Q_i – коэффициент, равный для стальных труб 2,64. 10^{-3} /

Уравнения (7,8 и 9) совместно с формулой А.П. Русецкого представляют собой замкнутую систему уравнений.

Зная экономический радиус действия импульсного аппарата и параметр С системы (С = 3-5), поиск решения следует вести по соответствующим С кривым в следующем порядке по a_1, a_4, a_7, a_{10} по С = 3, по a_3, a_5, a_8, a_{11} при С = 4 и по a_3, a_6, a_9, a_{12} при С = 5.

Параметры дождевального аппарата при промежуточных значениях С определяются путем интерполяции.

Используя результаты, полученные ранее, определим конструктивные и технологические параметры импульсного аппарата для тех же природно-хозяйственных условий. При расстановке аппаратов по квадра-

там экономичный его радиус действия $R = 21 - 35$, а параметр $C = 3$.

С помощью номограммы (рисунок) и входных величин К и С получены следующие параметры импульсного аппарата:

$$P_1 = 450 \text{ кПа}, P_2 = 700 \text{ кПа}, \\ W_0 = 0,19 \text{ м}^3, D = 20 \text{ мм}.$$

Для решения комплекса мероприятий по надежности систем является безотказность элементов дождевальных систем.

Исследования показателей безотказности основных элементов стационарных дождевальных системы приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, оценена помехоустойчивость устройств телеуправления, определены параметры рассеивания оросительных норм, выпадаемых отдельными дождевателями и установлены виды и параметры распределений наработок до отказа основных элементов систем дождевания.

В моменты принятия устройством телеуправления команды «выбор объекта» в сети технологических трубопроводов возникают переходные процессы. Установлено, что давление Р при этом может принимать значения меньшей величины статистического давления перенастройки устройства телеуправления P'_0 и длительность воздействия ложного сигнала может достигать 0,15 – 1,2 сек.

Получена следующая экспериментально подтвержденная зависимость между временем обработки командного сигнала t_k , ходом штока h эффективной площадью мембраны F_3 , площадью поперечного сечения трубки, соединяющей технологический трубопровод с рабочей полостью гидропривода ω , коэффициентом жесткости возвратной пружины K_2 , удельным весом воды γ_6 и ускорением силы тяжести g :

$$t_k = \frac{F_3}{\mu \omega k_2} \sqrt{\frac{2F_3 \gamma b}{g}} \left[\sqrt{hK_2 + F_3 (P'_o - P)} \sqrt{F_3 (P'_o - P)} \right] \quad (10)$$

По формуле (10) была произведена оценка времени перенастройки устройства автоматизированного телеуправления. При мгновенном понижении давления в полости гидропривода до атмосферного от давления 340 кПа, соответствующего давлению «выбор объекта», требуется 0,34 с что в 1,5 раза больше длительности ложного сигнала.

Зависимости (10) позволяет не только оценивать время перенастройки устройства автоматизированного управления технологическим процессом орошения по каналу систем телеуправления, но и назначать его конструктивные значение параметров в со-

ответствии с требованиями помехоустойчивости элементов систем телеуправления.

Рассеивание давления начала выплеска импульсных аппаратов автоколебательного действия приводит к рассеиванию их объемов выплеска ΔW , следовательно, и слоя дождя M , так как они связаны между собой зависимостями

$$\Delta W = \frac{P_o W_o (P_2 - P_1)}{P_1 P_2} \text{ и } M = \Delta W \frac{N_o^\#}{S_1} (N_o^\# \cdot S_1)$$

(число циклов работы аппарата в году и площадь его обслуживания).

Среда-вода, t° среды 15-20°C, нагрузка циклическая 200-800 кПа					
Элементы	Материал	Характеристика длины двойного хода, мм	Закон распределения	Параметры распределений	
				N _(ц) цикл – 10 ³	N _{Е,г}
1. Воротник 200 ГОСТ 6678-72	Резина 4004 МРТУ 38-5-1166-64	Абразивный износ, 140°C	Нормальный	0,76(0,14)	3,56
2. Манжета 280x320 ГОСТ 6969-74	« --- --- »	«-----»	« - »	1,25 (0,23)	2,45
3. Мембрана 50 ГОСТ 9887-78	Резина 3825 МРТУ 38-5-1166-64	Усталостный износ: 30	« - »	6,7 (1,45)	1,25
4. Храповой механизм	« --- --- »	Заклинивание	Экспоненциальный	4,2 (4,2)	0,25
5. Мембрана 50 ГОСТ 9887-78	Резина 3825 МРТУ 38-5-1166-64	Усталостный износ: 10	Нормальный	1500(500)	0,25

Испытаниями импульсных аппаратов (выборка 100) и последующей обработкой полученных данных установлено, что распределения P_2 и P_1 , подчиняются нормальному закону с коэффициентами вариации $v_{p2} = 0,04$ и $v_{p1} = 0,093$. Имея в виду, что

$$\bar{M} = \frac{\Delta W N_o^\#}{S_1} \text{ и } \delta_m = \frac{N_o^\#}{S_1} \delta_{\Delta W}$$

плотность распределения M можно представить в виде:

$$f(M) = \frac{\Delta \bar{W}}{\sqrt{2\pi} M \delta_{\Delta W}} \exp \left[-\frac{(\Delta W - \Delta \bar{W})^2}{2\delta_{\Delta W}^2} \right] \quad (11)$$

Распределение (11) может быть использовано при оценке ущерба от конструктивного несовершенства импульсных аппаратов. Очевидно, чем меньше отношение $\frac{\delta_{\Delta W}}{\Delta W}$, тем аппарат совершеннее.

Проведены исследования (таблица) по определению видов и параметров распределений наработок до отказа (\bar{N} , σ – среднее и среднее квадратическое отклонение) типичных устройств систем дождевания, включающих в себе наиболее распространенные элементы в гидроавтоматике: подземных выдвигающих гидрантов (элементы 1, 2), устройств систем автоматизированной телеуправления (элементы 3, 4), поворотных механизмов (и элемент 5) а так же импульсных дождевальных аппаратов (элементов 6, 7, 8, 9). Установлено, что распределение времени восстановления этих элементов можно характеризовать средним временем восстановления T_v .

Результаты исследования и их обсуждение

В результате специальных исследований получена следующая зависимость между средним сроком службы деталей из-

готовленных из резины или пластмасс T_{cp} , средним числом циклов работы $N_o^\#$ в году и экспериментальным значением параметра старения этих материалов в воде T_o , равного 6,8 лет:

$$T_{cp} = \frac{N_o T_o}{N_o + N_o^\# T_o} \quad (12)$$

Помимо этих мероприятий необходимо для решения оптимального уровня эксплуатационной надежности стационарных систем следует разработать организационные мероприятия. Для организационных мероприятий особое значение имеет выполнение профилактических работ и правильно проведенные сроки.

Определение сроков проведения профилактики – одно из основных проблем профилактического обслуживания, тесно связанная с содержанием профилактических работ и организацией их выполнения. Эти сроки обычно определяют при исследовании следующей целевой функции:

$$C(t) = \frac{C_1 M(n) + C_2 N(t)}{t} \quad (13)$$

Выводы

Выведенный нами показатель оценки совершенства целесообразно применять с целью выбора наиболее совершенной конструкции, так как он экономически обобщает показатели ремонтпригодности, сохраняемости и безопасности систем дождевания.

Список литературы

1. Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Орошаемое земледелие в горных и предгорных регионах Азербайджана. – Баку: Изд-во «Зийа-Нурлан», 2005. – 330 с.
2. Штепа Б.Г. Прогрессивные способы орошения. – М. Колос. 1975. – 56 с.
3. Штепа Б.Г. Технический прогресс в мелиорации. – М., Колос, 1983. – 238 с.