

**NIEZAWODNOŚĆ SYSTEMÓW NAWODNIEN KROPOWYCH
W RÓŻNYCH WARUNKACH ŚRODOWISKOWYCH**

Jerzy Jeznach

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

1. Podstawy niezawodności systemów nawodnień kropowych.

Niezawodność systemu nawodnień kropowych jest to zdolność danego systemu do poprawnego spełniania zadanych funkcji w wyznaczonym czasie i określonych warunkach eksploatacji.

Na warunki eksploatacji składa się łańcuch funkcjonowania systemu wraz z otoczeniem zewnętrznym modyfikującym kierunki funkcjonowania.

Wielkością charakteryzującą zdolność do spełniania wymagań może być prawdopodobieństwo ich spełnienia. W tym przypadku niezawodność można zdefiniować w następujący sposób: niezawodność systemu nawodnień kropowych jest to prawdopodobieństwo spełnienia przez ten system stawianych mu wymagań.

Warunkiem powodzenia jest to, żeby system był zdalny (sprawny) w określonym czasie, co oznacza, że wartości parametrów określających istotne właściwości systemu nie przekroczą w danym okresie dopuszczalnych granic.

Niezawodność systemu nawodnień kropowych należy rozpatrywać łącznie z zasadami ekonomiki. Aktualny poziom techniki nawadniania pozwala na uzyskanie dowolnie wysokiej niezawodności systemu poprzez wielokrotnione rezerwowanie elementów, zwiększenie ich trwałości i poprawę jakości itp. Jednak takie działanie nie zawsze jest ekonomicznie uzasadnione i potrzebne.

Dobór metod obliczeniowych, w celu określenia niezawodności systemów nawodnień kropowych, wymaga dużej

znajomości problematyki funkcjonowania tych systemów oraz podstaw teorii niezawodności.

Dla wielu zadań możliwe jest korzystanie ze znanych już rozwiązań i szczególnie przydatne są opracowania dotyczące niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę.

Niezawodność systemów nawodnień kropłowych, czyli ich zdolność do dostarczania roślinom określonej ilości wody o odpowiedniej jakości, przy wymaganej równomierności nawadniania w każdym momencie czasu i określonych warunkach eksploatacyjnych, jest określana w sposób wymierny. Wymierną charakterystyką zdolności systemu nawodnień kropłowych do spełnienia wymagań jest prawdopodobieństwo zajścia określonych zdarzeń. Może to być prawdopodobieństwo tego, że system będzie pracował w określonym czasie bez uszkodzeń, że dostarczy określoną ilość wody i po zaistnieniu awarii, zostanie ona w żądanym czasie usunięta, że w określonym czasie zajdzie nie więcej niż k awarii.

W systemach nawodnień kropłowych występują strumienie uszkodzeń i odnowy. Badania statystyczne systemów zaopatrzenia w wodę, o podobnych charakterystykach funkcjonalnych i strukturalnych, wykazały, że średni czas pracy pomiędzy uszkodzeniami elementów jest znacznie większy od czasu odnowy. Stwierdzenie to pozwala na przyjęcie tezy, że intensywność uszkodzeń z odnową i intensywność uszkodzeń bez odnowy są porównywalne.

Chociaż systemy nawodnień kropłowych są odnawialne, to dla określania ich niezawodności można stosować prostsze metody odnoszące się do systemów nieodnawialnych. Przy wyborze metody obliczeniowej kierujemy się wieloma czynnikami m.in. liczbą jednostek rezerwowych oraz zmian wydajności elementów w czasie eksploatacji systemu.

2. Wskaźniki niezawodności systemów nawodnień kropłowych

Problem doboru wskaźników niezawodności systemów nawodnień kropłowych nie był dotychczas przedmiotem rozważań. Do

rozwiązania tych zagadnień skorzystac można z bogatej literatury dotyczącej niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę. Na jej podstawie i w nawiązaniu do obowiązujących w Polsce norm [1,2] zaproponowano następujące wskaźniki niezawodności:

- wskaźnik gotowości K_g :

$$K_g = \frac{T_s}{T_s + T_n}$$

gdzie:

K_g - wskaźnik gotowości, wielkość bezwymiarowa,

T_s - średni czas poprawnej pracy, między uszkodzeniami [h],

T_n - średni czas trwania niesprawności [h].

W odniesieniu do elementów liniowych np. przewody korzystac można ze wskaźników w funkcji długości elementu:

$$K_{gl} = \frac{1}{1 + \omega_o T_n l}$$

gdzie:

ω_o - jednostkowy parametr strumienia uszkodzeń jako liczba uszkodzeń w jednostce czasu odniesiona do jednostki długości elementu,

T_n - średni czas niezdatności,

l - długość danego elementu.

- częstotliwość uszkodzeń:

$$C_n = \frac{N}{\Delta t}$$

gdzie:

C_n - średnia częstota występowania niesprawności [a^{-1}],

N - liczba wszystkich wystąpień niesprawności stwierdzonych w badanym czasie,

Δt - długość przedziału czasu kalendarzowego, w którym prowadzono obserwacje [a].

- parametr strumienia uszkodzeń:

$$\omega = \frac{N}{\Delta t_s}$$

gdzie:

ω - parametr strumienia uszkodzeń, czyli średnia częstość uszkodzeń [a^{-1}],

Δt_s - długość przedziału czasu poprawnej pracy w ciągu badanego okresu [a].

- współczynnik wykorzystania czasu sprawności

$$\eta_1 = \frac{t_s - t'_s}{t_s}$$

gdzie:

η_1 - współczynnik wykorzystania czasu sprawności, wielkość bezwymiarowa,

t_s - suma czasów trwania stanu sprawności w badanym okresie czasu [h],

t'_s - suma czasów trwania wyłącznie w stanie sprawności w badanym okresie, wynikających z zewnętrznych uwarunkowań eksploatacji [h].

Do zewnętrznych uwarunkowań eksploatacji zalicza się m.in. przerwy w dostawie energii elektrycznej.

3. Kryteria oceny niezawodności systemów nawodnień kroplowych Podział systemu nawodnień kroplowych na podsystemy

Systemy nawodnień kroplowych posiadają swoją specyfikę, co ma bardzo istotny wpływ na określenie ich niezawodności. Biorąc za podstawę spełniane funkcje system nawodnień kroplowych można podzielić na podstawowe podsystemy:

- podsystem ujęcia wody, obejmujący ujęcie wody (głównie podziemnej) i pompownie. Miarą fizyczną tego podsystemu jest wydajność źródła, jakość wody, parametry pomp,
- podsystem dozowania nawozów, obejmuje zespół dozowników nawozów wraz z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi. Miarą fizyczną tego podsystemu jest wydajność dozowników, wysokość stężeń i częstotliwość ich podawania,
- podsystem filtrowania, obejmuje zespół filtrów z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi. Miarą fizyczną są parametry filtrów,
- podsystem przesyłu wody, obejmuje sieć przewodów głównych i doprowadzających wraz z urządzeniami regulującymi i sterującymi (zasuwki, regulatory ciśnienia, studzienki odwadniające). Miarą fizyczną tego podsystemu są parametry przewodów i uzbrojenie,
- podsystem nawadniania, obejmuje szczegółowe urządzenia nawadniające tj. przewody nawadniające i emitery. Miarami fizycznymi tego podsystemu są parametry techniczne i technologiczne.

Na niektórych obiektach system nawodnień kropiowych jest bardziej rozbudowany i może składać się z następujących podsystemów uzupełniających:

- podsystem magazynowania wody, obejmuje zbiornik wody zamknięty lub otwarty,
- podsystem pompowania, obejmujący ujęcie wody ze zbiornika i urządzenie

W szczególnych przypadkach mogą być rozbudowane podstawowe podsystemy jak podsystem filtrowania wyposażony w urządzenie uzdatniające głównie odżelaziacze i podsystem nawadniający wyposażony w urządzenia do sterowania nawodnieniami.

Kategorie niezawodności

Problematyka niezawodności systemów nawodnień kropłowych nie była dotychczas rozpatrywana. Ogólnie można przyjąć następujące założenia:

- kryteria niezawodności nawodnienia należy zróżnicować według poziomu pokrycia niedoborów wody. Tak więc postulaty niezawodności nawadniania upraw pod osłonami powinny być zdecydowanie wyższe niż upraw polowych,
- im większa jest powierzchnia obiektu nawadnianego tym wyższe powinny być postulaty niezawodności,
- niezawodność nawadniania kwatery może być mniejsza niż niezawodność nawadniania obiektu,
- niezawodność nawadniania poszczególnych kwater na obiekcie może być mniej lub bardziej zróżnicowana.

Przyjmując te założenia można zaproponować podział systemów nawodnień kropłowych na kategorie, przypisując poszczególnym kategoriom wymagania dotyczące ich niezawodności.

Na podstawie szerokiego rozpoznania problemów związanych z funkcjonowaniem systemów nawodnień kropłowych w różnych warunkach środowiskowych kraju oraz zagadnień niezawodności proponuję wyodrębnić VI kategorii systemów zróżnicowanych pod względem wymagań dotyczących ich niezawodności.

- I - duże obiekty szklarniowe (powierzchnia powyżej 1 ha) (np. kombinaty szklarniowe),
- II - obiekty pod osłonami składające się z kilku szklarni lub tuneli,
- III - pojedyncze obiekty pod osłonami,
- IV - uprawy warzyw gruntowych, plantacje jagodowe, szkółki,
- V - duże obiekty sadownicze (powierzchnia powyżej 10 ha),
- VI - małe obiekty sadownicze.

Poziomy nawadniania (dostarczania wody do roślin) są również problemem dystrybucyjnym. Można jednak zaproponować trzy poziomy:

- 1 - całkowite pokrycie określonych potrzeb nawadniania,
- 2 - pokrycie w stopniu nie mniejszym niż 50% określonych potrzeb nawadniania,
- 3 - całkowity brak możliwości pokrycia potrzeb nawadniania, a więc przerwa w nawadnianiu.

Kryteria oceny

Określenie konkretnych wartości wskaźników niezawodności dla proponowanych kategorii systemów nawodnień kroplowych jest zagadnieniem trudnym. Zakładając, że na ten temat dopiero rozwinie się dyskusja, można przedstawić wstępne propozycje. Na początku należy przyjąć postulaty dotyczące niezawodności nawadniania poszczególnych kategorii [tab. 1].

Dla dużych obiektów szklarniowych dopuszczalny średni czas braku możliwości nawadniania nie powinien być dłuższy niż 24 godz., przy częstotliwości nie większej niż 2 razy w roku (raz na sezon szklarniowy).

Obiekty pod osłonami zakwalifikowane do II i III kategorii niezawodności wymagają odpowiednio niższych wartości wskaźników.

Spadek możliwości nawadniania poniżej 50% całkowitego zapotrzebowania nie powinien występować częściej niż 10 razy w roku (5 razy w sezonie szklarniowym). Natomiast przerwa w nawadnianiu nie częściej niż 15 razy w roku.

W niektórych przypadkach intensywnych upraw np. szklarniowe uprawy bezglebowe lub kultury przepływowe wymagane są znacznie wyższe wartości wskaźników niezawodności.

Dla upraw polowych (warzywa, plantacje jagodowe, szkółki, sady), w których nawadnianie spełnia funkcję uzupełnienia braku opadów, określono mniejsze wartości wymaganych wskaźników niezawodności.

Zaproponowane założenia są oczywiście sugestywne i wymagające analiz i dyskusji. Nie należy również traktować ich normatywnie. Z tego też względu uznano za niecelowe określenie wartości wskaźników dla różnych poziomów pokrycia potrzeb nawodnień.

Tabela 1.

Propozycje

dotyczące wymaganych wartości wskaźników niezawodności dla różnych kategorii systemów nawodnień kropłowych

Kategoria systemu nawodnień kropłowych	Wymagane wskaźniki niezawodności		
	C_n [a ⁻¹]	T_n [h]	K_g
I. Duże obiekty szklarniowe F > 1,0 ha	2	24	0,90
II. Średnie obiekty pod osłonami (kilka szklarni lub tuneli)	4	48	0,88
III. Małe obiekty pod osłonami (pojedyncze szklarnie lub tunele)	6	48	0,87
IV. Uprawy warzyw gruntowych, plantacje jagodowe, szkółki	4	48	0,90
V. Duże obiekty sadownicze F > 10,0 ha	2	48	0,88
VI. Małe obiekty sadownicze	6	72	0,87

C_n - średnia częstość występowania niesprawności na rok [1/a],

T_n - średni czas odnowy obiektu [h],

K_g - wskaźnik gotowości.

4. Metodyka i obiekty badań.

Badania niezawodności systemów nawodnień kropłowych prowadzone były na obiektach doświadczalnych i produkcyjnych położonych w różnych częściach Polski.

Podstawą do analizy stanowiły szczegółowe obserwacje czasów pracy systemu, przerw, awarii i wszelkich uszkodzeń.

Obiekty badawcze

Ursynów Poletko. System nawadniający zainstalowano w 1984 r. do nawadniania sadu i warzyw. Woda do nawodnień pobierana jest z sieci wodociągowej. Jakość wody ocenia się jako dobrą. Na obiekcie założono filtr główny z wkładem włókninowym i filtr II stopnia na przewodach nawadniających.

Ursynów Szklarnie I. Instalacja nawadniająca została założona w 1988 roku. System wykorzystywany jest do nawadniania i nawożenia sposobem grawitacyjnym. Na obiekcie zainstalowano filtry z wkładami włókninowymi I i II stopnia. Stosowane jest systematyczne przemywanie instalacji pod wyższym ciśnieniem.

Przyborowice. System nawadniający z emiterami spiralnymi założono w 1985 roku w sadzie jabłoniowym. Woda do nawodnień pobierana jest ze studni głębinowej i magazynowana w wyniesionym zbiorniku wyrównawczym. Rozprowadzanie wody przewodami odbywa się grawitacyjnie. Jakość wody podziemnej można ocenić jako dobrą, jednak na skutek korozji zbiornika w wodzie dopływającej do filtra włókninowego występuje znaczna ilość związków żelaza.

Gołębiew. System nawadniający założono w szklarni w 1985 roku. Instalacja wykorzystywana jest do podawania nawozów mineralnych. Woda do nawodnień pobierana jest ze studni głębinowej i uzdatniana przez odzależniacz. Na przewodach doprowadzających zainstalowano filtry włókninowe II stopnia.

Mogielnica. Instalację doświadczalną założono w sadzie w 1988 roku. Woda o niskiej jakości do nawodnień pobierana jest ze studni głębinowej. Zawiera zanieczyszczenia mechaniczne i duże ilości związków żelaza. Na obiekcie zainstalowano filtr główny siatkowy, a na przewodach nawadniających filtry włókninowe i ceramiczne II stopnia.

Białystok. System nawadniający założono w sadzie w 1988 roku. Woda do nawodnień o dobrej jakości pobierana jest ze studni głębinowej i gromadzona w zbiorniku otwartym. Na obiekcie zainstalowano filtry włókninowe I i II stopnia.

Włocławek. System nawadniający z emiterami kapilarnymi prostymi i spiralnymi zainstalowano w 1987 r. w sadzie jabłoniowym o powierzchni 18 ha. Woda do nawodnień, o dużej zawartości glonów, pobierana jest ze zbiornika otwartego. Na obiekcie zainstalowano filtr główny siatkowy i filtry włókninowe na poszczególnych kwaterach. Nawodnienia prowadzone są przy ciśnieniu około 0.1 MPa.

5. Wyniki badań i dyskusja.

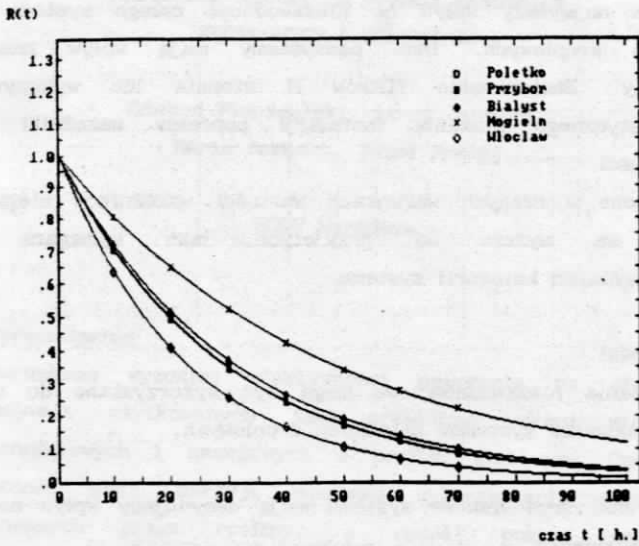
Wyniki badań wskaźnika gotowości K_g , dla różnych obiektów przedstawiono w tabeli 2. Natomiast funkcję niezawodnej pracy systemu $R(t)$, na rysunkach 1, 2.

Wyniki badań wykazały decydujący wpływ warunków środowiskowych systemu na jego niezawodność. Systemy właściwie zaprojektowane i eksploatowane mają znacznie wyższe wskaźniki niezawodności.

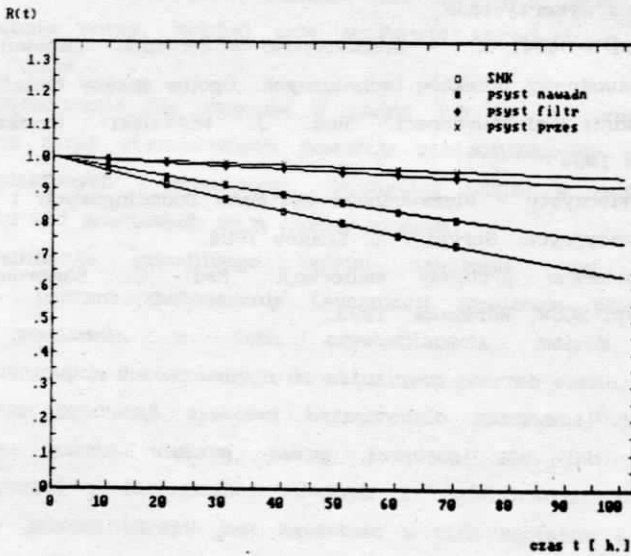
Wskaźniki dla upraw bezglebowych w szklarniach są niższe w stosunku do tradycyjnych metod uprawy.

Tabela 2.

Obiekt	Ps Ujęcie	Ps Filtrowanie	Ps Przesył	Ps Nawadnianie	SNK
S a d y					
Wrocławek	-	0,99264	0,99169	0,99680	0,98124
Białystok					
proste	-	-	-	0,9894	
proste filtr.	-	0,9939	-	0,9944	0,9883
spiralne	-	-	-	0,9913	
spiralne filtr.	-	0,9939	-	0,9913	0,9889
Mogielnica					
Netafim	-	-	-	0,9961	
Netafim filtr.					
cer.	-	0,9965	-	0,9969	0,9934
Netafim filtr.					
włók.	-	0,9965	-	0,9976	0,9941
Spiralne	-	-	-	0,9947	
Spiralne filtr.					
cer.	-	0,9965	-	0,9965	0,9930
Spiralne filtr.					
włók.	-	0,9965	-	0,9972	0,9937
Poletko					
Kapil.	-	-	-	0,9926	
Kapil. filtr.	-	0,9905	-	0,9963	0,9868
Kapil. piuk.	-	0,9937	-	0,9968	0,9905
Kapil. filtr.					
i piuk.	-	0,9842	-	0,9971	0,9813
Przyborowice					
SK	0,9400	0,9791	0,9653	0,9302	0,8264
Spiralne	0,9400	0,9791	0,9653	0,9974	0,8861
S z k l a r n i e					
Szklarnie SGGW					
up. bezgl.	0,99559	0,98726	-	0,98653	0,969668
Gołębiew	-	0,9949	-	0,9937	0,9886



Rys. 1. Niezawodność systemów nawodnień kroplowych sadów w różnych warunkach środowiskowych.



Rys. 2. Niezawodność systemu nawodnień kroplowych i jego podsystemów w sadzie - Włocławek.

Spośród wyróżnionych podsystemów, podsystem nawadniania wywiera najwyższy wpływ na niezawodność całego systemu nawodnień kroplowych. Inne podsystemy mają wpływ znacznie mniejszy. Zastosowanie filtrów II stopnia lub wykonywanie systematycznego płukania instalacji poprawia wskaźniki niezawodności.

Określone w różnych warunkach wartości wskaźników niezawodności są wyższe od przyjętych jako wymagane dla poszczególnych kategorii systemu.

6. Wnioski.

1. Badania niezawodnościowe mogą być wykorzystane do oceny funkcjonowania systemów nawodnień kroplowych.
2. Warunki środowiskowe systemu mają decydujący wpływ na jego niezawodność.
3. Zaproponowane kryteria oceny i kategorie niezawodności są trudne lecz możliwe do spełnienia.

Literatura wykorzystana

1. PN-84/N-04041/05. - Niezawodność w technice. Zapewnienie niezawodności obiektów technicznych. Ogólne zasady badań.
2. Poradnik niezawodności. Red. J. Migdalski. Warszawa, WEMA 1984
3. A. Wiczysty - Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych. Skrypt P.K. Kraków 1984.
4. Współczesne problemy melioracji. Red. C. Somorowski, Skrypt SGGW, Warszawa, 1993.