

dr inż. Jerzy Jeznach
Katedra Melioracji Rolnych
i Leśnych SGGW-AR

ANALIZA DZIAŁANIA ZWILŻACZY W SYSTEMIE NAWODNIENI KROPOLOWYCH

Wstęp

Zwilżacze są jednym z głównych elementów systemu nawodnień kropkowych, gdyż ich działanie decyduje o efektywności, sprawności i niezawodności systemu. Wynika stąd potrzeba właściwego doboru typu i rodzaju zwilżacza, jak również dokładne określenie jego wydatku.

Ze względu na ściśle zlokalizowany punktowy sposób dostarczania wody do gleby, wydatek sekundowy zwilżacza musi być z jednej strony dostosowany do możliwości chłonnych i przewodnictwa gleby w zasięgu zwilżacza, z drugiej zaś wprowadzone dawki muszą odpowiadać dobowemu zapotrzebowaniu wody.

Przedmiotem pracy jest analiza działania poszczególnych typów zwilżaczy.

2. Podstawy obliczeń hydraulicznych zwilżaczy

Badania zwilżaczy polegają na określeniu ich charakterystyk $q-H$, tzn. wyznaczeniu zależności wydatku od ciśnienia wody. Z reguły wszystkie urządzenia patentowe są wycenowane laboratoryjnie, a do obliczeń systemu rozporządza się konkretnymi krzywymi wydatku. Przy konstrukcji nowych typów zwilżaczy, sprawdzeniu urządzeń oferowanych jak również testowaniu zwilżaczy w toku eksploatacji, zachodzi konieczność obliczeń i badań kontrolnych.

Wydatek jednostkowy zwilżaczy jako funkcję ciśnienia wody /charakterystyka zwilżaczy/ przedstawić można według następującej uogólnionej formuły:

$$q = a H^n$$

gdzie:

q - wydatek jednostkowy zwilżacza /l/h/, /m³/s/

a - współczynnik stały dla danego typu zwilżacza

n - wykładnik potęgowy, charakteryzujący rodzaj ruchu wody

H - ciśnienie /MPa/, /kPa/

Wykładnik potęgowy n charakteryzujący rodzaj ruchu powinien teoretycznie przyjmować następujące wartości:

n - 1 gdy przepływ znajduje się w strefie ruchu laminarnego

n - 0,5 gdy przepływ znajduje się w strefie ruchu burzliwego.

3. Badania własne

Badaniami objęto wszystkie dostępne obecnie w kraju typy zwilżaczy. Szczegółowe doświadczenia przeprowadzono na zwilżaczach produkowanych w Polsce: tj. SK-1 i mikrorurki kapilarne.

Badania wykonywano w laboratorium na stanowisku badawczym /Rys.1/. W czasie eksperymentu mierzono: wydatek zwilżacza, ciśnienie i temperaturę wody.

Szczególne uwagi w trakcie prowadzonych doświadczeń zwrócono na następujące cechy zwilżaczy: konstrukcja, łatwość montażu i wymiary, podatność na zatykanie, możliwość mechanicznego oczyszczania oraz koszty.

4. Wyniki badań i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań określono charakterystyki poszczególnych typów zwilżaczy, które umożliwiły ich podział ze względu na parametry hydrauliczne i zasadę działania. Podział zwilżaczy oraz ich charakterystyki przedstawiono w tabeli 1.

Działanie zwilżaczy, które objęte zostały eksperymentami szczegółowymi porównano ze sobą. Za kryterium przyjęto zmiany wydatku

zwilżacza jako funkcję zmian ciśnienia wody w przewodzie. Wyniki przedstawiono na rys. 2, gdzie każdej wartości wykładnika potęgowego n odpowiada konkretny typ zwilżacza.

Następnie dla każdego typu zwilżacza określono dopuszczalne odchylenie ciśnienia Δh_d i wielkość wykładnika potęgowego n /rys.3/

Porównanie zwilżaczy wskazało, że najważniejszym parametrem hydraulicznym zwilżacza jest wartość wykładnika potęgowego n charakteryzującego rodzaj ruchu wody w zwilżaczu. Parametr ten decyduje, czy dany zwilżacz jest czuły i w jakim stopniu na zmiany ciśnienia wody w przewodzie.

Zwilżacze o wykładniku potęgowym $n = 1$ lub zbliżonym do jedności są najbardziej wrażliwe na różnicę ciśnień. Wrażliwość ta zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem wartości wykładnika potęgowego.

Zwilżacze o wykładniku potęgowym $n < 0,4$ kompensują zmiany ciśnienia. Są to głównie zwilżacze samoregulujące się.

Testy laboratoryjne zwilżaczy oraz ich analiza wykazały, że nie należy charakteryzować zwilżaczy, nawet najprostszych obliczać według ogólnych wzorów z hydrauliki. Każdy typ zwilżacza musi być fabrycznie testowany z podaniem współczynnika zmienności powodowanej technologią wykonania. Jedynie zwilżacze - mikrorurki kapilarne proste, można projektować bez doświadczeń kontrolnych, korzystając z prawa Hagena - Poiseuille'a.

Szczegółowe badania jak również wyniki cytowane przez różnych autorów wskazały na dużą różnicę między przyjmowanymi charakterystykami zwilżaczy w obrębie określonego typu katalogowego. Różnice te, istotne dla projektanta, świadczą o konieczności wykonania testów kontrolnych przed obliczeniem instalacji, jak również w toku eksploatacji w związku z deformacją przekroju /zamulenie itp./

Następnie badano wpływ temperatury wody na wydatek zwilżaczy.

Zwilżacze są najczęściej koloru czarnego, co zwiększa ich przydatność na działanie promieni słonecznych.

Podniesienie temperatury powoduje obniżenie lepkości wody, na skutek tego następuje podwyższenie wydatku zwilżaczy.

Na rysunku 4 przedstawiono wpływ podwyższenia temperatury wody na wydatek trzech typów zwilżaczy. Wpływ ten jest największy przy zwilżaczach o wykładniku potęgowym $n = 1$, gdyż zwilżacze te pracują w warunkach ruchu laminarnego. Natomiast zwilżacze o wykładniku $n = 0,8$ są mniej podatne na różnice temperatur wody. Zwilżacze pracujące w warunkach ruchu burzliwego ($n = 0,5$) nie reagują na podniesienie temperatury, gdyż wydatek w tym ruchu nie zależy od lepkości.

5. Wnioski

Wyniki badań oraz ich analiza pozwalają sformułować następujące wnioski:

1. Najważniejszym parametrem charakteryzującym pracę zwilżaczy jest wykładnik potęgowy n . Parametr ten decyduje o działaniu, równomierności i niezawodności nawodnienia wzdłuż przewodu oraz możliwości zastosowania danego typu zwilżacza.
2. Wartość wykładnika n waha się w granicach od 0 do 1. Gdy $n = 1$, to wydatek zwilżacza jest bardzo wrażliwy na różnicę ciśnień. Wrażliwość ta zmniejsza się, gdy n maleje. Zwilżacze o wykładniku n mniejszym od 0,4 praktycznie biorąc tylko nieznacznie reagują na zmiany ciśnienia wody, dlatego mają szerokie zastosowanie w terenach o urozmaiconym spadku.
3. Występują duże różnice między charakterystykami zwilżaczy w obrębie określonego typu katalogowego. Różnice te, istotne dla projektanta, świadczą o konieczności wykonania testów kontrolnych przed obliczeniem instalacji, jak również w toku eksploata-

cji w związku z deformacją przekrojów /zamulanie itp./.

Jedynie zwilżacze mikrorurki kapilarne proste można projektować bez doświadczeń kontrolnych.

4. Różnice temperatur zewnętrznych i wody w przewodzie powodują zwiększenie wydatku zwilżaczy. Zwiększenie to zależy głównie od charakteru przepływu. Przy przepływie laminarnym jest ono najbardziej widoczne. W miarę wzrostu liczby Reynoldsa wpływ temperatury maleje i w warunkach ruchu burzliwego całkowicie zanika. Podwyższenie wydatku zwilżaczy pod wpływem temperatury wody działa pozytywnie na sprawność całego systemu nawodnień kropłowych, gdyż w pewnym stopniu rekompensuje zmniejszenie wydatku na skutek spadku ciśnienia wody w przewodach.
5. Szczegółowe badania dotyczące zwilżacza SK-1, produkcji krajowej, wskazują na pilną potrzebę jego udoskonalenia, do czego niezbędne są dalsze eksperymenty laboratoryjne i polowe.

Na podstawie badań własnych oraz przeglądu i ogólnej charakterystyki zwilżaczy, sformułować można następujące warunki, które spełniać powinny zwilżacze:

- minimalnie reagować na zmiany ciśnienia wody,
- dawać wydatek stały i równomierny,
- eliminować problem zatykania się,
- składać się możliwie z małej ilości części /nie więcej niż jedna, dwie/,
- posiadać stosunkowo małe wymiary,
- nie posiadać części ruchomych,
- posiadać możliwie dużą średnicę otworu,
- nie ograniczać przekroju przewodu,
- umożliwiać łatwy montaż i wymianę,
- umożliwiać samooczyszczanie się pod wpływem ciśnienia wody,
- umożliwiać czyszczenie mechaniczne.

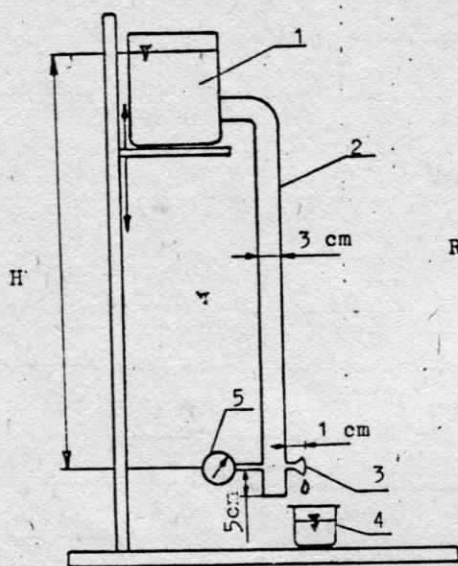
Literatura wykorzystana

- Bukowski J. 1976: Mechanika płynów. PWN.
- Czetwertyński E., Utrysko B. 1960: Hydraulika i hydromechanika. PWN.
- Gilad Y., Marco A. 1977: Tropfbewässerung, ~~Erklärung~~ Erläuterungen zur Bemessung von Tropfern und Tropfleitungen. Zeit. für Bewässerungswirtschaft No 2 1977 S. 25-65.
- Jeznach J. 1977: Wpływ ciśnienia na wydatek przystawki kapilarnej jako zwilżacza w systemie nawodnień kroplowych. Z.N. SGGW-AR Melioracje Rolne Nr 16, 1977 str.21-29.
- Jeznach J. 1981: Analiza metod obliczeń hydraulicznych w systemach nawodnień kroplowych. Maszynopis SGGW.
- Karmeli D. 1977: Classification and flow regime analysis of drippers. J. Agricult. Eng. Reser. 1977 v. 22 No 2.

Charakterystyki poszczególnych typów zwilżaczy

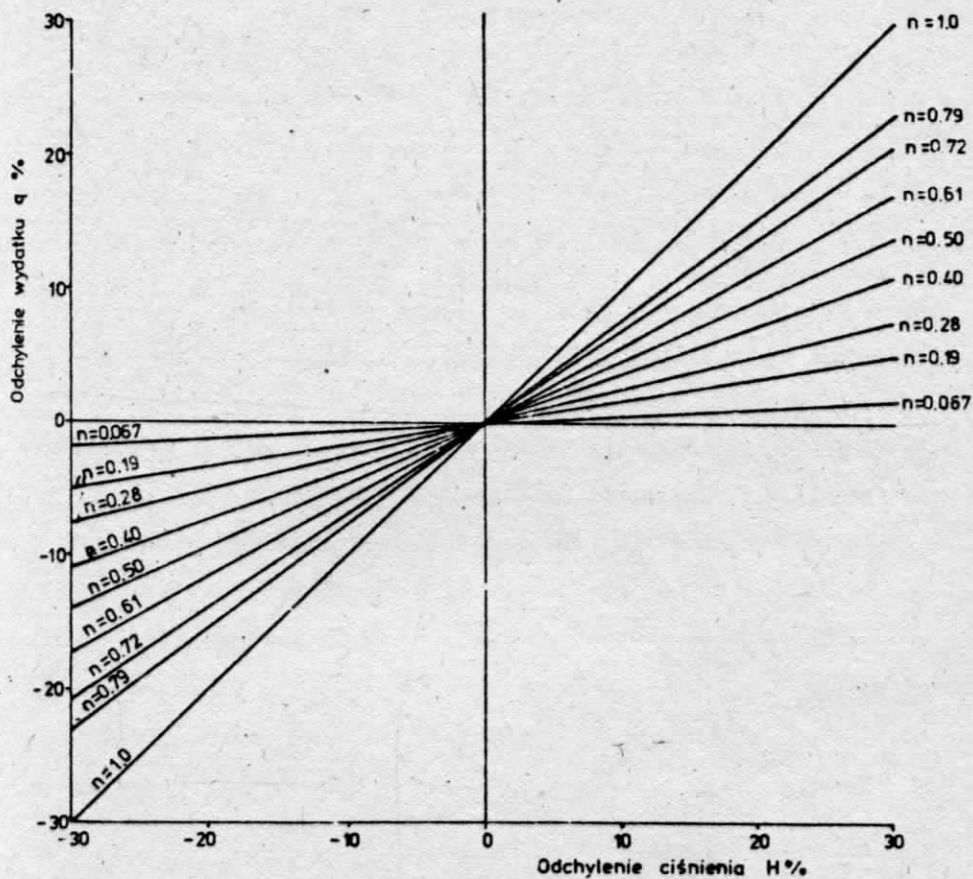
Lp.	Typ zwilżacza	Rodzaj zwilżacza	Charakterystyki zwilżaczy $q = m^3/s; H = MPa$
1.	Mikropory	Ständer /RFN/	$q = 4,6507 \times 10^{-7} H$
2.	Otwory	Średnica 1,45 mm	$q = 1,4549 \times 10^{-5} H^{0,28}$
		Średnica 0,90 mm	$q = 1,2889 \times 10^{-5} H^{0,40}$
3.	Przystawki kapilarne	Średnica 0,50 mm	$q = 6,0823 \times 10^{-6} H^{0,61}$
		Średnica 1,00 mm	$q = 2,6414 \times 10^{-5} H^{0,60}$
		Średnica 2,00 mm	$q = 1,0566 \times 10^{-4} H^{0,51}$
4.	Mikrorurki kapilarne	Proste /Polska/	$q = 2,3900 \times 10^{-5} H$
		Spiralne /Węgry/	$q = 4,1313 \times 10^{-6} H^{0,72}$
5.	Nasadkowe	P - 34 /Włochy/	$q = 8,0000 \times 10^{-6} H^{0,50}$
		Stalax /Włochy/	$q = 4,6832 \times 10^{-6} H^{0,50}$
		RIS - 1 /Włochy/	$q = 6,0740 \times 10^{-6} H^{0,78}$
		RIS - 2 /Włochy/	$q = 5,2444 \times 10^{-6} H^{0,59}$
		Key-Clip /Australia/	$q = 5,5175 \times 10^{-6} H^{0,70}$
6.	"W linię"	KL-120 /Bułgaria/	$q = 1,6532 \times 10^{-6} H^{0,78}$
		Netafim /Izrael/	$q = 5,1168 \times 10^{-6} H^{0,61}$
7.	Samoregulujące	Eternomatic /Austria/	$q = 2,2000 \times 10^{-6} H^{0,667}$
		Key-Emitter /Australia/	$q = 1,6158 \times 10^{-6} H^{0,19}$
8.	Przewody z podwójną ścianą	Agro-drip /RFN/	$q = 8,1840 \times 10^{-6} H$ /przy $H \leq 0,113 MPa$ / $q = 2,3898 \times 10^{-6} H^{0,50}$ /przy $H > 0,113 MPa$ /

9.	Pulsacyjne	Dozator /Polska/	zmiennie, zależne od serii
10.	Regulowane ręcznie	SK-1 /Polska/	zmiennie, zależne od regulacji
11.	Samooczyszczające	Bowsmith /USA/	zmiennie, zależne od rodzaju

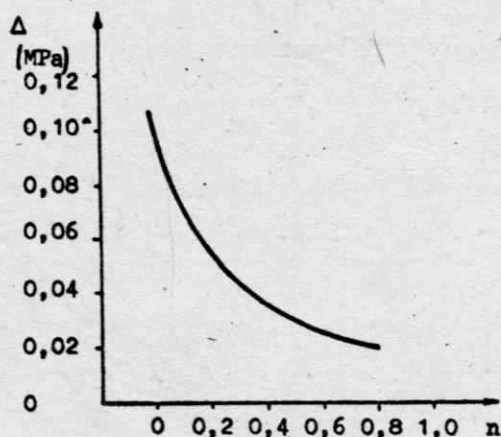


Rys.1. Schemat hydrauliczny badań.

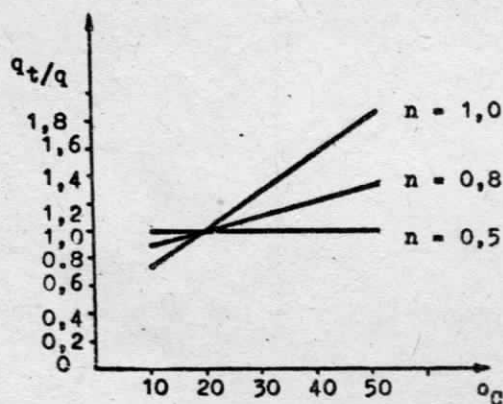
1. Zbiornik
2. Rura doprowadzająca
3. Zwilżacz
4. Naczynie pomiarowe
5. Manometr



Rys. 2 Zmiany wydatku zwiłzaczy pod wpływem zmian ciśnienia



Rys.3. Dopuszczalne odchylenie ciśnienia wody w zależności od wielkości wykładnika potęgowego n



Rys.4. Zmiany wydatku zwilżaczy o różnym wykładniku potęgowym n pod wpływem temperatury wody.