

dr inż. Krzysztof Wierzbicki
IBMER - Warszawa

METODY WYZNACZANIA I OCENY
CHARAKTERYSTYK KROPLOWNIKÓW

Wraz z rozwojem produkcji kroplowników w Polsce wynikła potrzeba przeprowadzenia badań tego typu urządzeń nawadniających.

Z tego też względu przy wykorzystaniu doświadczeń Oddziału Nawodnień CEMAGREF Groupement D'AIX - EN - PROVENCE zostały opracowane następujące metody badań kroplowników.

1. Określenie stabilności wydajności kroplowników przy ustalonym ciśnieniu wody

Powszechnie uznano, że każdy kroplownik w zależności od konstrukcji i przeznaczenia ma odpowiednią wydajność przy ciśnieniu zwanym nominalnym, określanym w m.sł. wody i generalnie wynoszącym 10 m. Wydajność ta zwana również nominalną, wyrażana jest w l/h i wynosi zazwyczaj 2, 4, 6, 8, 10 l/h.

Dotychczas nie jest opracowana na świecie norma określająca strefę tolerancji, wewnątrz której powinna znajdować się nominalna wydajność. Stąd też dość powszechnie stosowane jest określenie wydajność rzeczywista /w zamian nominalnej/, zgodnej ze specyfikacją fabryczną danego typu kroplownika. W celu określenia zgodności badanego wyrobu ze specyfikacją fabryczną z serii kroplowników wynoszącej minimum 500 sztuk wybieramy w sposób losowy minimum 20 sztuk, a maksymalnie 50 sztuk.

Pomiary wydajności przeprowadzamy na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku.

Wybrane do badań kroplowniki montujemy po 10 sztuk na odcinkach przewodów, przy zachowaniu wzajemnych odstępów 0,2 m.

20 cm odstępów

Potrzebną wysokość ciśnienia zabezpiecza zainstalowany na stanowisku agregat pompowy o wydajności nominalnej około 300 l/h przy wysokości podnoszenia około 2 KPa. Agregat ten czerpie wodę ze zbiornika o minimalnej objętości 500 l.

W celu zabezpieczenia kroplowników przed zanieczyszczeniami przewidzieć należy na rurociągu tłocznym filtr siatkowy o oczkach 80 μ m. Ciśnienie w trakcie badań powinno być kontrolowane manometrem rtęciowym o zakresie od 0 do 1600 mm Hg i powinno być ustalone na 10 m sł. wody za pośrednictwem zaworów regulacyjnych. Manometr powinien być wyposażony w urządzenie pozwalające na pomiar 1/5 mm sł. Hg /ok. 2,7 mm sł. H₂O/. Odbiór ciśnienia do manometru należy umieścić w połowie odcinka przewodu z kroplownikami.

Pomiar wydajności każdego egzemplarza kroplownika powinien być przeprowadzany dwukrotnie /kolejno/, przy użyciu menzurki.

Do odpowiednio przygotowanej tabeli należy wpisać następujące dane z badań:

- 1 - nazwę i typ kroplownika oraz inne dane fabryczne wg uznania badającego,
- 2 - liczbę kroplowników wybranych z serii do badań N, szt.,
- 3 - ciśnienie podczas badań, generalnie przyjmuje się 10 m sł. wody,
- 4 - średnią wydajność kroplownika Q_m w l/h obliczoną z zależności $Q_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i$, gdzie: Q_i - wydajność średnia poszczególnych kroplowników ustalona na podstawie dwóch serii pomiarów,
- 5 - odchylenie standardowe wydajności kroplownika $/Q/$ określone z zależności:

$$/Q/ = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N /Q_m - Q_i/2}}{N - 1}$$

6 - współczynnik wariacji CV, określany z zależności:

$$CV = \frac{\sigma/Q}{Q_m} \cdot 100$$

Współczynnik CV pozwala na wzajemne porównanie poszczególnych typów kroplowników o tej samej "nominalnej" wydajności, jak również w sposób obiektywny pozwala ocenić jakość wykonania kroplowników.

7 i 8 - podajemy wartości ekstremalne, minimalną i maksymalną wydajność dla danego typu kroplowników.

9 - Podajemy procent kroplowników, których wydajność rzeczywista mieści się w granicach 0,95 Q_m oraz 1,05 Q_m . Wartość ta pozwala na ocenę jednolitości badanej partii kroplowników. Ustalona wartość tego przedziału $\pm 5\%$ wydajności średniej jest analogiczna do reguły Christiansena, powszechnie stosowanej przy badaniach zraszaczy.

10- Tolerancja zaobserwowana, określana jest z zależności:

$$\pm \frac{1}{2} \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_m} \cdot 100, \%$$

i uwzględnia ona tylko wartości ekstremalne, stąd też jej wartość może zmieniać się w zależności od wielkości partii.

11- Tolerancja obliczeniowa, określana jest z zależności:

$$\pm \frac{3\sigma/Q}{Q_m} \cdot 100 = \pm 3 CV$$

i charakteryzuje ona bardziej stabilność wydajności badanej serii kroplowników.

W ten sposób opracowane wyniki pomiarów pozwalają na porównanie badanego wyrobu z innymi badanymi wykonanymi przez inne jednostki badawcze na świecie.

2. Określenie charakterystyki kroplownika Q/H/

Charakterystyka kroplownika wiążąca dwa parametry tj. wydajność Q i ciśnienie H może być zapisana zależnością:

$$Q = KH^x$$

gdzie: K i x stanowią dwie stałe charakteryzujące rodzaj kształtów geometrycznych, przez które przepływa woda.

Zależność tę możemy również zapisać następująco:

$$\log Q = \log K + x \log H;$$

a po zastosowaniu metody najmniejszych kwadratów uzyskujemy dwie zależności umożliwiające obliczenie wartości liczbowych dla stałych K i x;

$$\log K = \frac{\sum \log Q_i \sum \log H_i / 2 - \sum \log Q_i \log H_i / \sum \log H_i}{m \sum \log H_i / 2 - \sum \log H_i / 2}$$

$$x = \frac{m \sum \log Q_i \log H_i / - \sum \log Q_i \sum \log H_i}{m \sum \log H_i / 2 - \sum \log H_i / 2}$$

gdzie: m - jest liczbą par pomiarów Q_i i H_i .

Do pomiarów określających Q/H/ kroplowników wybieramy 5 sztuk które wykazały największą stabilność wydajności przy zadanej jednej wartości ciśnienia. Następnie montujemy je na jednym odgałęzieniu przewodu w odległości co 0,2 m i przeprowadzamy pomiar wydajności w sposób identyczny jak to opisano uprzednio, stosując jednak następujące wartości ciśnień:

0,31; 0,62; 1,25; 2,5; 5,0; 10; 15; 20 m sł. wody oraz dokonując jak uprzednio po dwa kolejne pomiary przy danej wartości ciśnienia.

Każdą parę mierzonych parametrów Q_1 i H_1 nanosimy na papier dwu-logarytmiczny z oznaczonymi osiami - wydajność Q i ciśnienie H . Obliczamy również z podanych uprzednio zależności wartości dla stałych tj. K i x .

3. Określenie odporności kroplowników na zmiany wydajności pod wpływem zanieczyszczeń

Ze względu na małe natężenie przepływu wody w korpusie kroplowników a jednocześnie małe przekroje kanałów przepływowych ich możliwość na zmianę wydajności lub też całkowite zablokowanie przepływu jest od dawna znane konstruktorom oraz eksploatacjom systemów nawodnień kroplowych.

Bardzo duża różnorodność konstrukcji kroplowników potwierdza potrzebę poszukiwania rozwiązania, które miałyby zminimalizowaną możliwość zmiany wydajności pod wpływem zanieczyszczeń. Praktyczne rozwiązanie tego problemu jest trudne, gdyż wymaga pogodzenia dwóch przeciwstawnych sobie wymagań, jakie stawiamy kroplownikowi, a mianowicie:

- uzyskanie małego natężenia wypływu zapewniającego powolne wsiąkanie w glebę, mające szczególnie istotne znaczenie przy glebach ciężkich, prowadzi do projektowania małych przekrojów kanałów przepływowych,
- wymagana niezawodność funkcjonowania kroplownika w długim okresie czasu /przyjmuje się na świecie 15 lat/, przy zmiennych warunkach zasilania pod względem ciśnienia i stopnia czystości wody zmusza do przyjmowania dużych przekrojów kanałów przepływowych w kroplowniku.

Wobec powyższego, zarówno konstruowanie kroplowników, jak i sprawdzenie ich odporności na zanieczyszczenia zawarte w wodzie jest bardzo trudne.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń zagranicznych można wyróżnić trzy podstawowe przyczyny zatykania się kroplowników:

A. Zatykanie pod wpływem cząstek stałych.

Zatykanie to następuje pod wpływem cząstek stałych pochodzenia mineralnego /piasek, cząstki gliny, iłu, itp./ lub też organicznego płynące wraz z wodą.

Cząstki o dużych wymiarach powodują nagłe zatkanie kanału przepływowego, zaś cząstki o małych wymiarach osadzają się w miarę upływu czasu na ściankach kanałów przepływowych, co powoduje zmiany w wydajności kroplownika, aż do całkowitego wstrzymania wypływu. Zjawisko to często w literaturze nazywane jest zamulaniem.

B. Zatkania z przyczyn zachodzących reakcji chemicznych.

Zatkania te są uwarunkowane zasadniczo przez osady wapniowe lub magnezowe tworzące się w samym przewodzie lub najczęściej u wylotu kroplownika, jeżeli ulega zmianie równowaga kwaśnego węglanu sodowego i węglanu sodowego w wodzie. Zmiana ta może być wywołana przez wzrost temperatury wody w układzie lub przez spadek ciśnienia w kroplowniku /przeważnie od 10 m do zera/. Przy stosowaniu nawodnienia nawożącego, przy którym rozpuszczamy nawozy organiczne czy też mineralne w wodzie, możemy wywołać różnego rodzaju reakcje, w wyniku których wytrącony zostaje osad. Np. z chwilą wprowadzenia nawozów fosforowych do wody zawierającej dużą ilość wapnia. Również w niektórych przypadkach żelazo zawarte w wodzie jest przyczyną powstawania osadów tzw. ochry.

C. Zatkania tzw. biologiczne.

Zatkania te są powodowane rozwijaniem się w wodzie stosowanej do nawodnień organizmów żywych, które mogą dostawać się w postaci maleńkich jajek, sporów, itp. Doświadczalnie zostało

stwierdzone, że ze względu na nieprzezroczystość przewodów i korpusów kroplowników zatkania spowodowane rozwojem alg nie występują. Niemniej w pewnych dogodnych warunkach mogą się rozwijać wewnątrz sieci kolonie bakterii, grzybów lub pierwotniaków, tworząc zagrożenia zatkania kanałów przepływowych w kroplownikach. Stwierdzono również, że znacznie intensywniej życie biologiczne rozwija się w rurach wykonanych z PCV niż to ma miejsce w rurach z PE. Zatkania wywołane oddziaływaniem biologicznym stanowią bardzo rozległy problem badawczy, praktycznie nie rozpoznany bliżej na świecie. Wobec powyższego pozostaje do przyjęcia jedynie droga stopniowego, doświadczalnego poznawania przyczyn i zmian wywołanych czynnikami biologicznymi w instalacjach nawodnień kroplowych.

Z przedstawionego przeglądu podstawowych przyczyn zatkania kroplowników łatwo zauważyć, że jedynie zatkania cząstkami stałymi można stosunkowo łatwo zdefiniować oraz stworzyć odpowiednie warunki do przeprowadzenia badań doświadczalnych.

Do pomiarów tych wybieramy w sposób losowy minimum 5 sztuk kroplowników z partii przesłanej do badań. Następnie montujemy je w odstępach co 0,2 m na przewodach stanowiska badawczego. W celu niedopuszczenia do gromadzenia się osadów w tych przewodach na ich końcach należy zainstalować zawory, które są częściowo otwarte. Wówczas prędkość przepływu jest większa, co zapobiega osadzaniu się cząstek stałych. Pierwszą serię pomiarów rozpoczynamy na stanowisku z filtrem siatkowym o oczkach 80µm i wodą czystą. Przeprowadzamy pomiar rzeczywistej /nominalnej/ wydajności kroplowników przy ciśnieniu 10 m sł. wody. Wydajność ta będzie później wykorzystywana jako punkt odniesienia do oceny

wszelkiego rodzaju zmian wydajności kroploowników. Następnie należy przeprowadzić 4 dalsze etapy badań, z których każdy powinien trwać 40 rbh pracy instalacji. W tym czasie należy stosować następujący cykl: - 8 godzin pracy, 16 godzin postoju instalacji.

W poszczególnych etapach badań zwiększona jest zawartość i wielkość cząstek stałych, i tak:

- w etapie II dodajemy 125 mg na litr cząstek o wielkości do 80 μm ,
- w etapie III dodajemy dalsze 125 mg na litr cząstek o wielkości od 80 do 100 μm ,
- w etapie IV dodajemy dalsze 125 mg na litr cząstek o wielkości 100 do 200 μm ,
- w etapie V dodajemy dalsze 125 mg na litr cząstek o wielkości od 200 do 500 μm .

Wraz ze zwiększaniem wielkości cząstek wymieniać należy filtr siatkowy o oczkach proporcjonalnie dostosowanych do największej gradacji cząstek.

W celu zyskania jednolitego rozkładu cząstek stałych w wodzie do zbiornika należy wprowadzić dodatkowo mieszadło /najlepiej śmigłowe/.

W trakcie trwania każdego etapu pomiarów po upływie 16, 24, 32, 40 h pracy instalacji należy przeprowadzić pomiary wydajności kroploowników w sposób opisany uprzednio.

Przeprowadzone w ten sposób pomiary możemy porównać z analogicznymi wykonanymi w innych ośrodkach naukowo-badawczych.

4. Określenie trwałości eksploatacyjnej kroploowników w warunkach laboratoryjnych

Instalacja do nawodnień kropłowych powinna sprawnie działać przez okres 12 do 15 lat. Zakłada się, że po zastosowaniu odpo-

wiednich filtrów, wydzielony osad w kanałach kroplowników nie powinien zmniejszyć ich wydajność w sposób zasadniczy /więcej niż 20%/. W kroplownikach z przeponą elastyczną /kompensacją/ wymaga się zachowania w okresie eksploatacji "nominalnych" parametrów kroplownika. Te cechy kroplowników trudno jest zbadać w sposób nie budzący zastrzeżeń w krótkim okresie czasu. Dlatego też w wielu państwach o rozwiniętych nawodnieniach kroplowych trwają aktualnie długotrwałe badania /2-3 lat/, których celem jest określenie trwałości poszczególnych elementów instalacji.

W celu przeprowadzenia omawianych badań może być wykorzystane stanowisko opisane w punkcie 1. Rurociągi z kroplownikami powinny być jednak usytuowane w terenie otwartym nie zacienionym. Prowadzone pomiary należy rozdzielić na dwie serie, a mianowicie: Seria A - podczas pomiarów tych należy ustalić wpływ osadzania się kamienia kotłowego na ściankach kroplowników. W tym celu instalacja powinna pracować czynnie /tzn. przy włączonej pompie/ 40 min. dziennie przez okres całego roku. Ze względu na parowanie instalacja powinna być uruchamiana od 9²⁰ do 10⁰⁰. Łączny okres prowadzenia pomiarów powinien wynosić 3 lata.

W czasie przerw w pracy instalacji następuje odparowanie wody z kroplowników i wydzielenie się na ściankach osadu wapniowego i magnezowego. Odparowanie to następuje bardzo intensywnie w kroplownikach mających kanały przepływowe o małej długości.

W tej serii należy poddać badaniom 5 sztuk kroplowników wybranych w sposób losowy z partii dostarczonej do badań. Kroplowniki należy zainstalować na przewodach w odstępach co 0,2 m. Ciśnienie w instalacji powinno być ustabilizowane i wynosić 10 m sł. wody. W instalacji zasilającej kroplowniki w wodę należy za-

instalować filtr siatkowy o oczkach 100 μ m. Pomiar wydajności kroplowników prowadzić należy w sposób opisany uprzednio w odstępach co 10 dni.

Seria B - w ramach tych pomiarów należy ustalić trwałość elementów kroplowników w czasie ich eksploatacji. Do badań wybieramy w sposób losowy 5 sztuk kroplowników i montujemy je na przewodzie w odstępach co 0,2 m. Instalację zasilającą w wodę uruchamiamy na okres 23 h i 20 min. w ciągu dnia pracy. Przerwa w pracy instalacji trwa tylko 40 min. i powinna być ona zaplanowana w okresie od godz. 9²⁰ do 10⁰⁰. W ten sposób zapewniona jest ciągła praca pompy w czasie pomiarów serii A i B. Łączny czas prowadzenia pomiarów wynosić powinien 3 lata. Ciśnienie w instalacji powinno być ustabilizowane i wynosić 10 m sł. wody.

Przy wykorzystaniu opisanych powyżej metod będą w 1984 roku przeprowadzone w IBMER badania dwóch nowych typów kroplowników. Następnie przewiduje się przeprowadzenie korekty przedstawionych metod badań.

Literatura

1. Micro-irrigation, etude technologique de quelques distributeurs. CEMAGREF, 1981.
2. Wierzbiński K. Wstępna metodyka badań kroplowników. IBMER. 1983.
3. Veschabre D. Vaysse P. Memento goutte a goutte. C.T.I.F.L. INRA, 1980.