

CADASTRU, ORGANIZAREA TERITORIULUI ȘI INGINERIA MEDIULUI

CZU 332.5(0.31)

METODICA CALCULĂRII HIDRAULICE A ȚEVILOR DE UDARE ÎN SISTEMELE DE IRIGARE PRIN PICURARE

I. GHERCIUC, T. COȘULEANU
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Abstract: In the article the analysis of existing hydraulic calculation methods of the pipelines irrigation in drip irrigation systems is made. There are also presented data from various authors regarding experimental researches on hydraulic parameters of pipelines in drip irrigation systems. A new technique of hydraulic calculation of pipelines in drip irrigation systems is developed.

Key words: Drip irrigation systems, Hydraulic calculation, Irrigation, Irrigation pipelines.

ÎNTRUDUCERE

În acest articol se analizează metodele existente de calculare hidraulică a țevilor de udare în sistemele de irigare prin picurare. Sunt prezentate date ale mai multor autori vizând investigațiile experimentale ale diversilor parametri hidraulici ai țevilor de picurare. Este elaborată metoda calculării hidraulice a țevilor de picurare.

MATERIAL ȘI METODĂ

Drept obiect al cercetărilor fost țevile (tuburile) de udare ale sistemelor de irigare prin picurare.

Termenul “țeavă (tub) de udare” în această lucrare subînțelege o țeavă (un tub) de ultima ordine în sistemul de irigare prin picurare ce are rolul de alimentare dozată cu apă și elemente nutritive a stratului radicular al plantelor. În sursele bibliografice sunt folosite diferite denumiri ale acestor țevi: “tub de picurare”, “tub capilar”, “conductă (linie) de picurare”, “panglică de picurare” ș.a. Cea mai potrivită denumire ce reflectă destinația și particularitățile constructive ale țevilor de udare de diverse modificări, considerăm termenul “tub de picurare”.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Cea mai amplă aplicare, pe care se bazează metoda calculării hidraulice a țevilor de picurare, o are formula de determinare a pierderilor de presiune (sarcină) a lui Darsi-Weisbah:

$$h = \lambda \cdot l/d \cdot v^2/2g \quad (1)$$

Formula (1) este amplu studiată referitor la calcularea țevilor de picurare de către mai mulți autori: F. Șeveliov (1986), I. Oriol (1978), A. Fedoreț (1978), E. Kuznețov (1982), P. Șugai (2005). În lucrarea lui A. Mikitiuc (2005) s-a efectuat o generalizare teoretică a lucrărilor anterior elaborate și s-a obținut următoarea relație pentru determinarea coeficientului de frecare hidraulică:

$$\lambda = A_1/a \cdot R_e^a \quad (2)$$

în care: A_1 și a – parametri hidraulici ce trebuie determinați prin experiențe pentru fiecare tip de tub de picurare concret.

F. Șeveliov (1986) a propus următoarea formulă pentru determinarea coeficientului de frecare hidraulică de-a lungul țevilor din mase plastice:

$$\lambda = 0,25/R_e^{0,266} \quad (3)$$

în care: $R_e = d \cdot v / \nu$,

Dupa unele transformări ale formulei (3), acceptînd viscozitatea apei $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6}$, m/sec. și rezolvînd ecuația (1) în raport cu panta hidraulică $i = h / l$, F.A.Șeveliov a obținut următoarea formulă de calcul:

$$i = 0,000685 / (v^{1,774} \cdot d_p^{1,226}) \quad (4)$$

Conform formulei (4) s-au elaborat tabele de calculare hidraulică, care au o amplă aplicare în practica de proiectare a țevelor de picurare.

Și totuși, această funcție a fost obținută pentru țevi din materiale plastice cu suprafață interioară netedă, fără evidența rezistențelor suplimentare ce sunt cauzate de unele elemente ale picurătoarelor, care deseori se află în interiorul tuburilor de picurare. Pentru a ține cont de astfel de rezistențe, este necesară punerea în uz a unor coeficienți suplimentari și efectuarea unui număr considerabil de cercetări experimentale pentru toate construcțiile disponibile ale tuburilor de picurare.

Este evident că imposibilitatea evidenței particularităților constructive ale tuburilor de picurare constituie un neajuns esențial al metodicii susmenționate. Un alt neajuns al acestei metodicii constă în aceea că debitele de calcul ale țevelor de picurare se determină, reieșind din presupunerea debitului uniform al tuturor picurătoarelor amplasate pe lungimea țevii de picurare, acceptat drept debit nominal.

Concomitent, lucrarea lui E. Kuznețov (1982) demonstrează că debitul picurătoarelor majorității construcțiilor acestora, în mare măsură, este în funcție de presiunea apei, exceptând picurătoarele cu efect de compensare.

În laboratorul național de irigație "P.Celestre" din Italia s-au realizat numeroase investigații ale tuburilor de picurare ale brendurilor mondiale, cum sunt T-System, Netafim, Rain Bird, Siplast, Queen Gil, Toro, A.I.T., Chapin, Naan Dan, SAB, pentru care, în mod experimental, s-au stabilit următoarele relații (M.Bertolacci, www.lni.unipi.it):

1. Relația debitului unei singure picurătoare q în funcție de presiunea apei (caracteristica debit-presiune) ce se interpretează în felul următor:

$$q = K \cdot H^x, \text{ lt/oră} \cdot 1 \text{ picurătoare}; \quad (5)$$

în care:

K – coeficientul debitului picurătoarei, care se măsoară în [(lt/oră \cdot 1 picurătoare) \cdot (m) $^{-x}$];

H – presiunea apei la intrare în picurătoare, m col. apă;

x – exponentul caracteristicii debit-presiune.

De exemplu, pentru tubul de picurare SAB tape \varnothing 16 mm, 32 cm, 1.1 lt/oră a fost obținută următoarea relație experimentală a debitului unei picurătoare:

$$q = 0,2801 \cdot H^{0,7741}, \text{ lt/oră} \cdot 1 \text{ picurătoare}; \quad (6)$$

2. Relația pantei hidraulice j (pierderilor de presiune la o unitate de lungime a țevii) în funcție de debitul apei în tubul de picurare interpretată în felul următor:

$$j = K_p \cdot Q^a, \text{ m/m.lung.} \quad (7)$$

în care:

K_p – coeficientul rezistenței hidraulice ce se măsoară în [(lt/oră) $^{-a}$];

Acest coeficient ține cont atât de rezistența hidraulică la fiecare de-a lungul tubului de picurare, cât și de rezistențele locale, în special de rezistențele cauzate de picurătoare sau de elementele acestora, amplasate în interiorul tubului de picurare;

Q – debitul de apă în tubul de picurare, lt/oră;

a – exponentul dependenței ce se determină prin metodă experimentală.

De exemplu, pentru același tub de picurare SAB tape \varnothing 16 mm, 32 cm, 1.1 lt/oră a fost obținută următoarea relație experimentală pentru determinarea pantei hidraulice:

$$j = 8,39 \cdot 10^{-7} \cdot Q^{1,75}, \text{ m/m.lung.} \quad (8)$$

M. Bertolacci (www.lni.unipi.it) a obținut relații analogice: pentru majoritatea tipurilor de tuburi de picurare ale brendurilor mondiale susmenționate, ceea ce servește drept condiție favorabilă pentru elaborarea de către autori a metodicii de calculare hidraulică, folosind relațiile acestui savant.

Urmează examinarea algoritmului concis al metodicii propuse, luînd ca exemplu o marcă a tubului de picurare SAB tape (tab. 1).

1. Se stabilesc datele inițiale:

– marca tubului de picurare: SAB tape \varnothing 16 mm, 32 cm, 1.1 lt/oră;

– distanța dintre picurătoare $l = 0,22$ m;

– debitul nominal al unei picurătoare $q_H = 1.1$ lt/oră la presiunea de 6 m;

– presiunea de regim minimă $H_{min} = 5$ m col.apă, presiune de regim maximă $H_{max} = 7$ m col.apă;

– relația debitului picurătoarei în funcție de presiunea apei în tubul de picurare conform M.Bertolacci:

$$q = 0,3728 \cdot H^{0,6181};$$

– relația pantei hidraulice (pierderile de presiune la o unitate de lungime) în funcție de debitul apei în tubul de picurare conform lui M. Bertolacci (www.lni.unipi.it): $j = 9,91 \cdot e^{-07} \cdot Q^i$ și 1,75.

Primele patru poziții ale datelor inițiale reprezintă caracteristici tehnice ale mărcii examinate a tubului de picurare, care, de regulă, sunt indicate pe ambalaj.

2. Țeava de picurare se împarte în tronsoane de calcul.

Tronson de calcul în această situație se consideră porțiunea tubului de picurare între picurătoarele vecine.

În exemplul dat acesta este egal cu depărtarea dintre două picurătoare $l = 0,22$ m. Numărul de ordine al tronsonului de calcul, începând cu 0, se înscrie în colonița 1, iar depărtarea între picurătoare în colonița 6 a tabelului de calcul hidraulic (tab. 1). Numerotarea tronsoanelor de calcul se efectuează începând cu terminația țevii de picurare.

3. Se fixează presiunea de regim minimă a tubului de picurare H_{\min} .

Menționăm că presiunea de regim minimă și maximă, în mod obligatoriu, se indică, fie pe ambalaj, fie în instrucțiunea societății producătorilor de tub de picurare. Presiunea de regim minimă, de obicei, se acceptă la nivelul limitei inferioare, la care funcționarea picurătoarei încă este stabil. Astfel de limită se determină în mod experimental. Condiția principală de determinare a presiunii maxime de regim constă în rezistența tubului de picurare la rupere. În acest exemplu, cum este stipulat și în datele inițiale, presiunea minimă de regim $H_{\min} = 5$ m col.apă. Înscriem acest indice în colonița 10, rîndul 0 al tabelului de calcul hidraulic (tab. 1).

4. Se determină debitul picurătoarei ordinare.

În datele inițiale, referitoare la exemplul în cauză, este indicată relația debitului picurătoarei, în funcție de presiunea apei pe tronsonul examinat al țevii de picurare, conform M. Bertolacci (www.lni.unipi.it). Această relație poate fi interpretată întrucîtva în formă modificată:

$$q_i = 0,3728 \cdot H_k^{0,6181}, \quad (9)$$

în care:

q_i – debitul picurătoarei pe tronsonul ordinar de calcul, $i = 1, 2, 3, \dots, n, \dots, N$;

N – numărul total al tronsoanelor de calcul pe țeava de picurare;

n – numărul de ordine al tronsonului intermediar de calcul, ce se examinează;

H_k – presiunea apei în picurătoarea ordinară, unde $k = i - 1$.

Deci, pentru calcularea debitului picurătoarei pe primul tronson $q_{i=1}$ presiunea de calcul se acceptă egală cu H_{\min} , iar pentru calcularea debitului picurătoarei a doua și următoarelor picurătoare drept presiune de calcul se acceptă presiunea tronsonului precedent $H_k = i - 1$. Datele de calcul al debitului picurătoarelor se înscriu în colonița 2 a tabelului de calculare hidraulică (tab. 1).

5. Se determină abaterile de debit al picurătoarelor de-a lungul țevii Δq .

Calcularea acestui parametru permite a verifica, la etapa proiectării, corespunderea uniformității distribuirii apei de-a lungul țevii de picurare anumitor standarde. Pentru necesitățile irigației se consideră suficientă uniformitatea distribuirii apei, la care abaterea debitelor picurătoarelor nu depășește $\pm 10\%$ din valoarea nominală q_i . În metodică propusă Δq se va determina cu formula:

$$\Delta q = 100\% \cdot (q_i - q_i) / q_i, \% \quad (10)$$

6. Se determina debitul sumar de-a lungul țevii de picurare Q_i .

Curgerea apei în tubul de picurare reprezintă un curent cu debit variabil. Debitul de apă, în orice secțiune examinată a țevii, este în funcție de numărul picurătoarelor instalate în avalul secțiunii. Acesta se calculează drept total succesiv al debitelor picurătoarelor, începând cu terminația țevii pînă la secțiunea examinată, cu formula:

$$Q_i = \sum q_i, \quad (11)$$

în care: $\sum q_i$ – totalul succesiv q_i de la $i = 1$ pînă la $i = n$.

7. Se determină panta hidraulică pe tronsonul de calcul, j_i .

Panta hidraulică sau pierderile specifice la o unitate de lungime a tubului de picurare în acest exemplu se calculează cu relația:

$$j_i = 9,91 \cdot e^{-07} \cdot Q_i^{1,75}. \quad (12)$$

8. Se determină pierderile de presiune pe tronson h_i .

Pierderile de presiune pe tronsonul țevii de picurare se calculează ca produs între panta hidraulică și lungimea tronsonului cu formula:

$$h_i = j_i \cdot l, m \tag{13}$$

9. Se determină pierderile sumare pe lungimea țevii, Σh_i .

Acestea se calculează drept total succesiv al pierderilor de presiune pe tronsoane aparte, începînd cu terminația țevii și pînă la secțiunea examinată.

10. Se determină presiunea apei pe tronsonul de calcul al țevii de picurare, H_i .

Presiunea apei pe tronsonul de calcul este în funcție de valoarea presiunii de regim minime H_{min} , stabilită pentru marca concretă a tubului de picurare, de pierderile sumare, de presiune de-a lungul țevii Σh_i și de sarcina geodezică h ce se determină ca diferență dintre cotele geodezice ale punctului examinat și terminației țevii. Exemplul dat respectiv presupune suprafața fără pantă în direcția de amplasare a țevii de picurare, adică $h_r = 0$.

Presiunea apei pe tronsonul de calcul se determină prin formula:

$$H_i = H_{min} + \Sigma h_i - h_g, \tag{14}$$

Dacă se acceptă respectarea condiției $H_i \geq H_{max}$, atunci conform valorii presiunii apei pe tronsonul de calcul este posibilă verificarea numărului admisibil al picurătoarelor cu funcționare simultană și, în mod corespunzător, lungimii maxime admisibile a tubului de picurare pe o țavă de udare, L_{max} .

Presiunea apei pe tronsonul de calcul H_i , la fel ca și valoarea abaterilor debitului picurătoarelor de-a lungul țevii Δq , se consideră parametri extrem de importanți pentru acceptarea soluțiilor tehnice argumentate la proiectarea sistemelor de irigare prin picurare.

Tabelul 1

Calculul hidraulic al țevii de picurare

Numărul de ordine al tronsonului de calcul, i	Debitul picurătoarei $q_{i,b}$ l/oră	Abaterile debitului picurătoarelor de-a lungul țevii, Δq , %	Debitul sumat de-a lungul țevii de picurare, Q_i l/oră	Panta hidraulică j_i , m/m. lung	Distanța dintre picurători, l_i m	Pierderile de presiune pe tronson, h_i , m c.a.	Pierderile sumare de presiune de-a lungul țevii de picurare Σh_i , m c.a.	Sarcina geodezică, h_g , m	Presiunea apei pe tronsonul țevii de picurare h_i , m c.a.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0									5.000
1	1.008	-8.35	1.01	0.0000	0.22	0.0000	0.000	0.000	5.000
2	1.008	-8.35	2.02	0.0000	0.22	0.0000	0.000	0.000	5.000
3	1.008	-8.35	3.02	0.0000	0.22	0.0000	0.000	0.000	5.000
.....									
344	1.100	-0.03	352.14	0.0284	0.22	0.0062	0.761	0.000	5.761
345	1.100	0.03	353.24	0.0285	0.22	0.0063	0.767	0.000	5.767
346	1.101	0.10	354.35	0.0287	0.22	0.0063	0.774	0.000	5.774
.....									
456	1.207	9.73	480.89	0.0489	0.22	0.0108	1.702	0.000	6.702
457	1.208	9.84	482.10	0.0492	0.22	0.0108	1.713	0.000	6.713
458	1.209	9.95	483.30	0.0494	0.22	0.0109	1.724	0.000	6.724
					$\Sigma l = 100$				

CONCLUZII

1. Aplicînd concepțiile existente la calcularea hidraulică a țevilor de picurare, este posibilă evidența rezistențelor, cauzate de unele elemente ale picurătoarelor, ce se află în interiorul tubului de picurare, prin folosirea coeficienților rezistențelor locale, care pot fi obținuți numai prin metode experimentale. Însă investigații suficiente în acest sens nu au fost realizate.

2. În literatura de specialitate sunt cunoscute datele investigațiilor și sunt evidențiați coeficienții integrali (sumari) ai rezistențelor pentru tuburile de picurare ale majorității breedurilor mondiale.

3. Bazîndu-ne pe relațiile experimentale, obținute de M. Bertolacci (www.lni.unipi.it), am elaborat metodica calculării hidraulice a țevilor de picurare, care permite deja la etapa de proiectare să fie determinat nivelul necesar de uniformitate a distribuției apei de-a lungul țevii și stabilită lungimea maximă admisibilă a acestei țevi.

BIBLIOGRAFIE

1. Orel, I.P. Gidravličeskij rasčet polivnyh truboprovodov sistem kapel'nogo orošeniâ / I.P.Orel, Iu.N.Velikanov // Gidrotehnika i melioraciâ. Nr. 7, 1978, S. 52–55.
2. Fedoreț, A. A. Gidravličeskie issledovaniâ polivnyh truboprovodov sistem kapel'nogo orošeniâ. – V kn.: Novoe v teh. i tehnol. poliva / A. A. Fedoreț // Sb. nauč. tr. VNPO “Raduga”. 1978, Vip. 2, s. 115–120.
3. Kuznețov, E. V. Rashodnye karakteristiki kapel'nic -vodovypuskov / E. V. Kuznețov, Iu. A. Scobelițin // Tr. Kuban. SHI. Krasnodar, 1982, Vip. 198, s.73–79.
4. Mikitiuk, A.V. Gidravličeskij rasčet polivnogo polietilenovogo truboprovoda sistemy kapel'nogo orošeniâ / Mikitiuk A.V., Kojarov V.M., Shugai P.Iu. / Naučnyj elektronnyj žurnal Kub.GAU. N 05(13), 2005.
5. Șeveliov, F.A. Tablicy dlâ gidravličeskogo rasčeta stal'nyh, čugunnyh, asbestocementnyh i plastmassovyh trub. - M.: Strojizdat, 1986, 114 s.
6. Șugai, P.Iu. Vliânie temperatury vody na gidravličeskie parametry polietilenovyh truboprovodov sistem kapel'nogo orošeniâ / Șugai P.Iu., Kojanov V.M., Mikitiuk A.V. / Naučnyj elektronnyj žurnal Kub.GAU. Nr. 05(13), 2005.
7. Bertolacci, M. Tests on samples of integral drip lines: working characteristics and practical instructions to support the design / National Irrigation Laboratory “P.Celestre”/www.lni.unipi.it.

Data prezentării articolului - **30.11.2010**