



## НЯКОИ АСПЕКТИ НА ЕНЕРГИЙНИЯ АНАЛИЗ НА ХАРАКТЕРИСТИКАТА НА КАПКООБРАЗУВАТЕЛИТЕ

ДИМИТЪР КИРИЛОВ ГЕОРГИЕВ

### SOME ASPECTS OF ENERGY ANALYSIS OF THE DRIPPER CHARACTERISTICS

DIMITAR KIRILOV GEORGIEV

#### **Abstract**

The dripper is a relatively power consuming hydraulic element and the energy consumption as well as the investment per unit area of drip irrigation system largely depends on it. Decisive factor for this is the exponent in the equation of dripper key curve. For this reason, the relationship between this index and the acceptable loss of pressure in the irrigation taps, the degree of reduction of energy consumption with increasing the number of nozzles of a tree as well as by change of operating parameters of the dripper has been established. This allows solving optimization problems in the design process.

**Key words:** Dripper, Drip irrigation system, Exponent in the equation of dripper key curve

Капкообразувателят е основен работен и краен елемент в системите за капково напояване, в който се погасява останалата, последна част от използваната от системите за капково напояване енергия. Най-широко приложение засега са намерили дългопътните капкообразуватели тип „Лабиринт”, които по своята същност представляват едно хидравлично съпротивление, състоящо се от един своеобразно конфигуриран и сравнително дълъг работен канал с диаметър – 0,6-1,2 мм. По трасето на този канал следват едно след друго местни съпротивления с различен характер (криви участъци, внезапни разширения и стеснения, промяна на формата на канала и др.), вследствие на които става пълно погасяване на напора в дюзата, респективно реализиране на разход на енергия в нея. Комбинацията от хидравлични съпротивления е такава, че не може да бъде приложен принципът на суперпониране на хидравличните загуби поради взаимното им влияние, поради което определянето на хидравличната характеристика е възможно единствено само по експериментален път. Тъй като движението на водния поток в тях в някои видове има ламинарен характер, в други преходен, доквадратичен и квадратичен режим, то уравнението на ключовата крива има вида

$$Q = KH^\alpha, \quad (1)$$

където  $\alpha$  представлява степенен показател и се изменя в границите от 0,5 до 1.0 в зависимост от режима на движение на водата в капкообразувателя;

$K$  - коефициент на пропорционалност;

$Q$  - дебит на капкообразувателя.

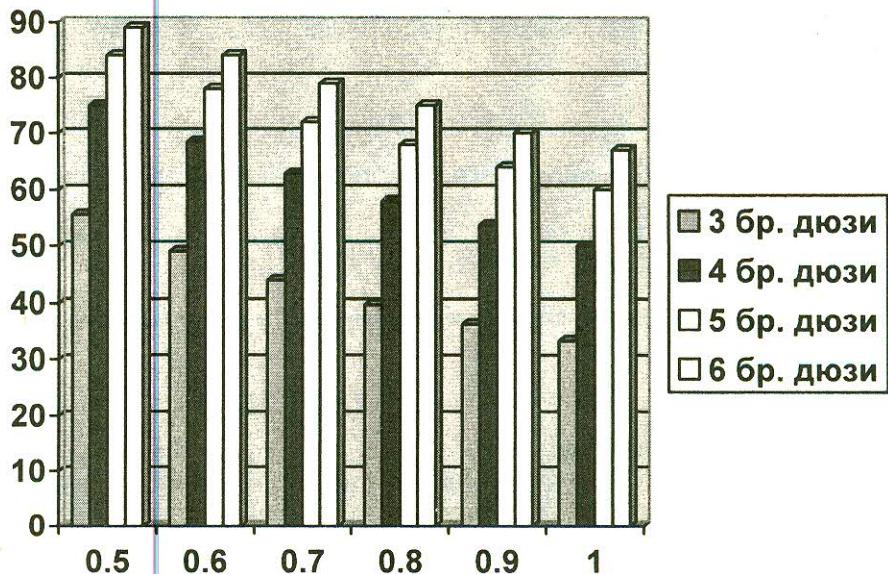
Ако от организационни и технологични съображения при капковото напояване на дадена култура, при дадени конкретни почвени, климатични и растителни условия приемем определени параметри на поливния режим – големината на поливната норма  $m$ , респективно междуполивен период, и време за полив в деновонощето  $t_n$ , то нека проследим влиянието на степенния показател  $\alpha$  върху разхода на енергия конкретно в капковата батерия, абстрагирайки се от всички останали загуби на енергия в системата – във филтри, торосмесители, проводяща мрежа, шибъри и др. арматура. В случая нека разгледаме капково напояване на овощни насаждения, където при прекъсната схема на навлажняване и растения с вече напълно развита и обособена коренова система се прилага напояване с повече от два броя капкообразуватели на дърво – тип „Свинска опашница“ или по два броя поливни крила на ред и др. подобни схеми. Ако при горните условия означим с  $H_2$  напора при два броя дюзи на дърво а с  $H_n$  напора при  $n$  броя, то може да се напише отношението

$$H_2/H_n = (n/2)^{1/\alpha}, \quad (2)$$

но тъй като поливната норма и двата случая е една и съща, то за степента на намаляване на разхода на енергия при втория случай спрямо първия се получава:

$$\Delta E = \left[ 1 - \left( \frac{2}{n} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \right] \cdot 100, \text{ \%}. \quad (3)$$

Графичното изразяване на  $\Delta E$  при различни значения на  $\alpha$  и  $n$  е представена на фиг.1, от която се вижда, че с увеличаването на броя на дюзите на едно дърво и използването на модел дюзи с по – малка стойност на степенния показател  $\alpha$ , то степента на намаляване на разхода на енергия  $\Delta E$  чувствително се увеличава и достига до 90 % при една поливка и съответно същата стойност за целия поливен сезон.



Фиг. 1. Намаляване на разхода на енергия при 3, 4 , 5 и 6 бр..капкообр. на дърво в проценти относно два броя, в зависимост от степенния показател  $\alpha$

В литературата много често се препоръчва използване на номинален свободен напор 1 atm за работа на капкообразувателите и съответният номинален дебит, който дебит често пъти влиза в означенията (абревиатурата) на капкообразувателите. Но дали това е оптималния работен напор от гледна точка на разхода на енергия и инвестиции за цялата тръбна мрежа. За да се провери това нека проследим изменението на консумираната енергия от даден тип капкообразувател със степенен показател  $\alpha$  при промяна на работния напор и същевременно проследим влиянието на този показател в изменението на разхода на енергия. За целта нека приемем, че имаме да подадем определен обем вода при една поливка  $m$  и разполагаме с капкообразувател с уравнение на ключовата крива

$q = KH^{\alpha}$ . Набелязали сме един начален работен напор  $H_1$  с дебит  $q_1$  и съответната консумирана от дюзата енергия  $E_1$ , която енергия ще вземем като база за сравнение с енергията в други работни точки (напори), различни от приетата. В случая

$$E_1 = H_1 \cdot q_1 \cdot t_1, \quad (4)$$

$$t_1 = m / q_1, \quad (5)$$

където  $t_1$  е времето за полив при дебит  $q_1$ .

Нека вземем друга работна точка с напор  $H_2$  и дебит  $q_2$ , с време на полив  $t_2$ . Тогава

$$E_2 = H_2 \cdot q_2 \cdot t_2, \quad (6)$$

а за съотношението между двете енергии след замествания в (1) и (2) ще получим

$$E_2/E_1 = H_2/H_1 \cdot (H_2/H_1)^{\alpha} \cdot t_1/t_2. \quad (7)$$

От това, че и в двета случая се подава една и съща поливна норма  $m$  то следва отношението

$$t_1/t_2 = m/K \cdot H_2^{\alpha} / m/K \cdot H_1^{\alpha}, \quad (8)$$

откъдето за  $t_2$  ще получим

$$t_2 = t_1 \cdot (H_1/H_2)^{\alpha} \quad \text{и} \quad (9)$$

и замествайки (9) в (7) за отношението между двете енергии се получава

$$E_2/E_1 = H_2/H_1, \quad \text{т.с.} \quad (10)$$

$$E_2 = E_1 \cdot H_2/H_1.$$

За удобство на сравнение нека означим отношението  $H_2/H_1 = C$ , където  $C$  може да бъде по – малък или по – голям от единица в зависимост от това дали новата изследвана работна точка е съответно вляво или вдясно от приетата като база за сравнение. Тогава за разхода на енергия в новата точка може да се запише равенството

$$E_2 = C \cdot E_1, \quad (11)$$

от което може да се направят следните основни изводи:

- Степенният показател  $\alpha$  и коефициентът на пропорционалност  $K$  в уравнението на ключовата крива не оказват никакво влияние върху консумираната енергия от даден тип капкообразуватели при промяна на работния напор на дюзите.
- С увеличаването или намаляването на работния напор се съответно пропорционално увеличава или намалява разхода на енергия от един капкообразувател.
- Степенният показател  $\alpha$  влияе в случая единствено върху големината на времето за полив в денонощието при промяна на работния напор (9).

От друга страна следва да се отбележи, че изменението на работния напор в дюзите води и до промяните загуби на напор в

поливните батерии  $\Delta H_{\text{пБдоп.}}$ , а оттам и до големината на поливните батерии, която големина е свързана с разхода за инвестиции за цялата капковата система. Ако приемем коефициентът на неравномерност на разпределение на водното количество в системата  $C_n = 10\%$ , т.е. 5 % вляво и 5 % вдясно от приетия работен дебит на дюзите, то допустимите загуби на напор могат да се изразят чрез формулата

$$\Delta H_{\text{пБдоп.}} = (1.05^{1/\alpha} - 0.95^{1/\alpha}) \cdot H_k,$$

от която се вижда, че с намаляването на работния напор  $H_k$ , респективно намаляване на разхода на енергия от капкообразувателите съгласно изложеното по – гре, пропорционално се намаляват и допустимите загуби на напор в батерийте. Това води до ограничаване на тяхната големина и съответно повишаване на разходите за инвестиции за системата. Също така намаляването на работния напор, респективно дебита на дюзите, води до съответна промяна общия дебит, скоростите и напорните загуби в провеждащата мрежа с което се понижава и разхода на енергия извън поливните батерии.

В такъв случай възниква въпросът как да се намери оптималния работен напор. Решението се дава с решаването на една оптимизационна задача за получаване на минимална сума от разходи за инвестиции и разходи за енергия конкретно за разглежданата капкова система.

