

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Юбилейна приложна научно-техническа конференция  
„65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”

6–7 ноември 2014  
6–7 November 2014

International Jubilee Conference  
„65<sup>th</sup> Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15<sup>th</sup> Anniversary Hydraulic Engineering in German”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLVII <sup>ТОМ</sup>  
vol.

2014

св.  
fasc. I-B

## ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВОДАТА В НАПОРНАТА МРЕЖА НА НАПОИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ

Р. Гаджев<sup>1</sup>, Й. Герински<sup>2</sup>

*Ключови думи:* енергийна ефективност, напорни течения, напоителни системи

*Научна област:* хидромелиорации

### РЕЗЮМЕ

Енергийната ефективност при напоителните системи е от особена важност за енергийния баланс и стойност на селскостопанската продукция.

За определяне на степента на енергийна ефективност на даден тръбопровод или тръбна мрежа е необходимо дефиниране на процесите на напорните течения. Разходите на енергия при транспортирането и разпределението на водата по групови и разпределителни тръбни участъци произтичат от хидравличното съпротивление и от режимите на течението, и от други фактори. Това изисква енергийните показатели да бъдат установени и аналитично конкретизирани чрез скоростта на течението, коефициента на съпротивление, дължината на тръбопроводите при отчитане на грапавината на тръбите и др.

В разработката се разглежда и предлага аналитична зависимост за определяне на количеството на изразходваната енергия при разпределение на водата от тръбната мрежа при напояване.

### 1. Въведение

В литературата по проблематиката на разработката са извършвани изследвания за енергийните характеристики на напорната тръбна мрежа при транспортиране на

<sup>1</sup> Румен Гаджев, гл. ас., ИПАЗР – ССА, София, e-mail: hydroigr@abv.bg

<sup>2</sup> Йордан Герински, гл. ас., кат. „Хидромелиорации“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: gerinski@abv.bg

водата в напоителните системи. Разглеждани и анализирани са основните изходни показатели за определяне на изразходваната енергия при транспортиране на поливни водни количества [Гаджев [1]]. Разглеждани са предпоставките за създаване на загуби на енергия в напоителните системи и видовете тръбопроводи по предназначението си и тяхната ефективна експлоатация при транспортиране с оглед на реализирането на параметрите на теченията в тръбната мрежа. Също и относно намаляването на изразходваната енергия от транспортиращата тръбна мрежа [Гаджев [1], Давидов [3]].

При разглеждането на проблема, като се изхожда от обстоятелството, че напоителната система е много сложна, за да бъде анализирана като едно цяло, понеже по нейната верига съществуват редица елементи със собствена степен на енергийна ефективност – ЕЕ, се приема за основен елемент (съставна част) напоителната мрежа, в случая напорната тръбна мрежа.

В по-общ вид постигането на енергоефективност, т.е. реализиране на минимални разходи за строителство и оптимални разходи за експлоатация по изпълнение на изискванията на консуматорите на поливна вода (поливни площи) може да се постигне чрез по-ефективен подбор на хидравлични и стопански най-изгодни елементи на мрежата – проводящи, регулиращи, хидрометрични и др., както и най-изгодно управление на транспортирането, разпределението и подаването на водата на консуматорите.

Предмет на разглеждане в настоящата разработка е анализ и изследване на енергоразхода при транспортиране и разпределение на водата в тръбопроводите и тръбната мрежа към напоителни полета. Въз основа на разглежданията се предлагат аналитични изрази за оценка на енергийните показатели, респ. на изразходваната енергия от съответни консуматори (поливни полета) и влиянието върху енергоразхода от условията при транспортиране и разпределение на водата.

В настоящата разработка, като изходна основа, се разглежда енергоразходът за доставка на вода на едно поле и при съвместна работа на две поливни полета.

## 2. Подходи и методи

При анализиране на проблема са използвани подходи и методи, прилагачи аналитични зависимости, които изразяват и включват енергоразходни компоненти и показатели, отразяващи енергоразхода при транспортиране на водното количество за дадено поле, т.е. от водоизточника до поливното поле. В аналитичните изрази са използвани енергийни характеристики с тяхната динамика при движението и транспортиране на водата, ползвана от даден консуматор, при условията на директно и самостоятелно транспортиране от водоизточника или съвместно с водни количества на други консуматори.

При движението и транспортирането на водата по дължината на напорен тръбопровод, респ. по дължината на кой да е тръбопровод от тръбната мрежа, се изразходва енергия за преодоляване на съпротивления от триене и местни (локални) съпротивления. Тази енергия предопределя в голяма степен енергийната ефективност на тръбната мрежа в напоителните системи. Съобразно конкретните условия, доставката на водно количество за дадено поле  $X$  се извършва чрез транспортиране на водно количество  $Q$  от един тръбопровод, наименуван *прост тръбопровод* или чрез напоителна тръбна мрежа, като това  $Q$  преминава през определен брой тръбни участъци. Това състояние произтича от съществуващата изградена напоителна тръбна мрежа, при която параметрите на трасетата (тръбните участъци), по които преминава водното количество  $Q$  от водоизточника до даденото поливно поле, са установени. Всеки участък от

това трасе има постоянни и известни показатели, а именно – реална и приведена дължина, наклон, диаметър и характеристика за вътрешната грапавина.

От друга страна, транспортирането на  $Q$  може да бъде самостоятелно или съвместно с водни количества на други поливни полета. Общият брой на поливните полета, на които се подава вода от транспортната мрежа, може да е 2, 3 или  $N$  броя. В периода на полива на дадено поле  $X$  се подава вода и на определен брой други полета. Изразходваната за транспортиране на водата енергия за кой да е тръбен участък “ $i$ ” от трасето за конкретно поле, естествено, зависи и от общото водно количество превеждана вода от този участък. При това състояние използваната енергия за подаването  $Q_i$  за конкретно поле има относителен размер  $\alpha$  от енергията, изразходвана от общото водно количество  $Q_{об}$  при този участък “ $i$ ”, където коефициентът  $\alpha$  е относителният размер на  $Q_i$  спрямо  $Q_{об}$ . Логично всеки тръбен участък (тръбопровод) от трасето на  $Q_i$  има определено общо водно количество  $Q_{об}$ , предназначено за принадлежащите към участъка полета, както и определен за съответната поливка на даденото поле  $X$  относителен коефициент  $\alpha_x$ .

Общият разход на енергия за доставка на водно количество  $Q$  на полето  $X$  е сумата от изразходваната енергия за транспортиране на това  $Q$  по дължината на всички участъци от водоизточника до разглежданото поливно поле. Този метод дава реално изразходваната енергия за доставка на вода за кое да е поливно поле, при каква да е тръбна мрежа или тръбопровод и условия за съвместна работа.

При една и съща доставка на  $Q$  за дадено поле, но при различни състояния на съвместна работа с други поливни полета, изразходваната енергия за транспортиране на  $Q$  е различна за всяко състояние. Неотчитането на влиянието на съвместната доставка на вода на две и повече полета води до поемане от дадено поле  $X$  на част от разхода на енергия на друго поливно поле  $Y$ . Видимо това води до нереална оценка на енергоефективността на произвежданата агропродукция.

### **3. Енергийни зависимости при транспортиране на водата**

Изразходваната специфична енергия за единица време за транспортиране на дадено водно количество по дължината на кой да е тръбопровод или участък от тръбна мрежа при различни режими на течението – турбулентен от квадратичната област, турбулентен от гладката област, преходен или ламинарен се определя по зависимостта [Гаджев [2]]

$$W_E = K_i Q_i . \quad (1)$$

При конкретизиране на проблема, като се изхожда от обстоятелствата, че в напоителната система има няколко напоителни полета, се налага изискването да се установява енергийната ефективност при напояване на отделните напоителни полета. За тази цел е необходимо за всяко поливно поле да се установи изразходваната енергия за съответното водно количество за конкретно поливно поле при неговото транспортиране от водоизточника до напоителното поле.

#### **3.1. Енергийна зависимост при доставка на вода на един консуматор чрез прост тръбопровод**

Доставката на вода с прост тръбопровод представлява транспортиране на определено количество вода за даден период от време (продължителност на полива) ди-

ректно от водоизточника до полето и без включване на странични отклонения за други полета.

Изразходваната енергия за времетраенето на полива при транспортиране на водата до полето с напорен тръбопровод с постоянен по дължина диаметър се определя по зависимостта

$$W_{Eп} = K_{тр} Q_n T_n, \quad (2)$$

където  $Q_n$  е подаваното водно количество към разглежданото поливно поле;

$K_{тр}$  – енергиен показател при транспортиране на  $Q_n$  от водоизточника до поливното поле;

$W_{Eп}$  – изразходваната енергия за доставка на вода за полив с времетраене  $T_n$ .

Енергийният показател се предопределя от режима на течението, хидравличните характеристики и показатели на същото, размера и характеристиките на тръбопровода и др. и е предмет на други разработки.

За една селскостопанска година общо изразходваната енергия за “m” броя поливи се определя по балансовото уравнение:

$$(W_{Eп})_{год} = \sum_{j=1}^m (K_{тр} Q_n T_n)_j, \quad (3)$$

където  $j$  е индекс за броя на поливките от  $j = 1$  до  $j = m$ . За всеки конкретен полив величините  $K_{тр}$ ,  $Q_n$  и  $T_n$  могат да имат различни стойности.

### 3.2. Енергийна зависимост при доставка на вода на два консуматора

Разглежда се случай, срещан в практиката, на доставка на вода на две поливни полета от един водоизточник с един общ тръбопровод. Общото водно количество се транспортира от водоизточника до разпределително съоръжение, което разпределя водата за поливни полета  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ .

#### Характеристики за поливно поле 1.

- използван дебит –  $Q_{п1}$ ;
- страничен тръбопровод – дълж.  $L_{стр1}$ , диаметър  $d_1$ ;
- продължителност на полива –  $T_1$ .

#### Характеристики за поливно поле 2.

- използван дебит –  $Q_{п2}$ ;
- страничен тръбопровод – дълж.  $L_{стр2}$ , диаметър  $d_2$ ;
- продължителност на полива –  $T_2$ .

При тази схема на транспортиране и разпределение на водата са възможни различни варианти.

**Случай 1.** Един тръбопровод подава вода на два консуматора с показатели:

$$Q_1 = Q_2, \quad T_1 = T_2, \quad L_{стр1} = L_{стр2} = L_{стр}.$$

При този случай хидравличните и други характеристики при доставката и използването на водата на двете полета са еднакви и тяхната изразходвана енергия се определя по зависимостта

$$W_{Eп1} = W_{Eп2} = K_{тр,об} Q T + K_{стр} Q T, \quad (4)$$

където  $K_{тр\ об}$  е енергийният показател на довеждащия тръбопровод от водоизточника до разпределителния елемент (възел). Същият се определя за общото водно количество, представляващо сумата ( $Q_1 + Q_2$ );

$K_{стр}$  – енергиен показател на страничния тръбопровод от разпределителния елемент до поле 1, респ. до поле 2.

От изходните условия следва, че  $K_{стр} = K_{стр1} = K_{стр2}$ .

**Случай 2.** Един тръбопровод подава вода на два консуматора при показатели:

$$Q_1 \neq Q_2, \quad L_{стр1} \neq L_{стр2}, \quad T_1 = T_2.$$

При това състояние, при всяко поливно поле се изразходва енергия за доставка на вода съобразно големината на неговия дебит за полива и съобразно дължината и другите показатели на прилежащия му страничен тръбопровод.

Общата изразходвана енергия за транспортирането на  $(Q_1 + Q_2) = Q_{об}$  от водоизточника до разпределителния елемент (като с приведена дължина се изразява (включва) и изразходваната енергия за разпределение на водата) се определя по зависимостта

$$W_{Е\ об} = K_{об} Q_{об} T, \quad (5)$$

където  $T = T_1 = T_2$ .

Тази обща енергия трябва да се съотнесе към поле 1. и поле 2. съобразно относителния дял на техните водни количества (водни обеми) към общото  $Q_{об}$ . Поливното поле  $\Pi_1$  поема  $Q_1/Q_{об} = \alpha_1$  от общия разход, а поле  $\Pi_2 - Q_2/Q_{об} = \alpha_2$  от общия разход на енергия.

Логично, изразходваната енергия при транспортиране на водата от страничните тръбопроводи изцяло се поема от прилежащото поливно поле.

При тази основа изразходваната енергия за доставка на вода на разглежданите поливни полета се определя по зависимостите:

За поливно поле 1:

$$W_{Е\ 1} = K_{об} \alpha_1 Q_{об} T + K_{стр1} Q_1 T. \quad (6)$$

За поливно поле 2:

$$W_{Е\ 2} = K_{об} \alpha_2 Q_{об} T + K_{стр2} Q_2 T. \quad (7)$$

### 3.3. Енергийна зависимост при доставка на вода на един консуматор чрез тръбна мрежа

При това състояние са възможни различни варианти. От водоизточника до дадено поливно поле  $X$  водното количество преминава и се транспортира чрез определен брой тръбни участъци съвместно (заедно) с водните количества на други поливни полета.

Разглежда се случай, когато тръбната мрежа провежда вода за конкретно поле  $X$  и се подава вода само на поливното поле  $X$ . При това състояние работят само участъците, свързващи водоизточника и това поливно поле. Водното количество на поле  $X$  преминава (се транспортира) през “ $n$ ” броя участъци от тръбната мрежа с различни показатели – диаметър и дължина. Всеки работещ тръбен участък “ $i$ ” транспортира  $Q_x$  за поле  $X$  с конкретен енергиен показател  $K_{тр\ i}$  и за периода на полива  $T_x$  се изразходва енергия

$$W_{Ei} = K_{tr i} Q_x T_x . \quad (8)$$

Променливата величина в (8) е  $K_{tr i}$ , като  $Q_x$  и  $T_x$  са константи.

Следва, че общата изразходвана енергия при транспортиране на  $Q_x$  от водоизточника до поле  $X$  се определя по зависимостта

$$W_{Ex} = \sum_{i=1}^n W_{Ei} = Q_x T_x \sum_{i=1}^n K_{tr i} , \quad (9)$$

където  $K_{tr i}$  се определя за всеки тръбен участък по неговите характеристики.

#### 4. Изводи

1. Предлага се метод за определяне на изразходваната енергия за доставка на вода на дадено поливно поле.

2. Изразходваната енергия се променя с течение на времето поради износване на елементи от тръбната мрежа. Това води до завишаване на енергоразхода и е необходимо периодично ремонтване или замяна на амортизираните елементи при оптимизиране на балансвите разходи.

3. Управлението на напоителния процес е свързано с оптимизиране на водоразпределението.

4. Предлагат се аналитични зависимости за енергоразхода при транспортиране на вода до напоителни полета при различни варианти.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаджев, Р.* Изходни енергоефективни характеристики на напорната мрежа при напояване. Сб. докл. междуна. конф. "Енергийна ефективност и агроинженерство", РУ "Анг. Кънчев", 17–18 май, Русе, 2013.
2. *Gadjev, R.* Water transport energy feature for pressure flows in irrigation, Vol. of intern conf. EE&AE, Russe University "Ang. Kanchev", May 17–18, Russe, 2013.
3. *Давидов, К.* Относно ефективността в напоителните системи на България. Сп. Селскостопанска техника, бр. 5–6, ССА, С., 2003.
4. *Гаджев, Р.* Диференциална енергийна зависимост на турбулентно течение в гладки тръби. Сб. докл. междуна. конф. "Енергийна ефективност и агроинженерство", РУ "Анг. Кънчев", 7–9 юни, Русе, 2006.
5. *Гаджев, Р.* Влияние на пулсационното и осреднено движение върху коефициента на съпротивление при течения в гладки тръби. Сп. Селскостопанска техника, бр. 1., София, 2008.
6. *Френкелъ, Н.* Гидравлика. Госенергоиздат, М., 1956.
7. *Lencastre, A.* Manuel d'hydraulique generale. Eurolles, Paris, 1969.

# ENERGY EFFICIENCY AT WATER DISTRIBUTION IN PRESSURE NET FOR IRRIGATION

R. Gadjev<sup>1</sup>, J. Gerinski<sup>2</sup>

*Keywords: energy efficiency, pressure flows, irrigation*

*Research area: irrigation and drainage engineering*

## ABSTRACT

The energy efficiency in irrigation systems is of basic importance for the energy balance and value of the agricultural production.

To determine the degree of energy efficiency of a given pipeline or pipenet, it is necessary to define the processes of pressure flows. Energy consumption in transporting and distributing the water by group and distributive tubular sections ensue from the hydraulic resistance and from the flow regimes as well as other factors. This requires the energy indices to be established and analytically specified by means of the flow velocity, resistance coefficient, length of pipelines while accounting for pipes roughness, etc.

The treatise considers and proposes an analytical relationship to determine the energy quantity spent in distributing water from the pipenet to the irrigation fields.

---

<sup>1</sup> Roumen Gadjev, Assist. Prof., ISSAPP, Agricult. Acad., Sofia, e-mail: hydroigr@abv.bg

<sup>2</sup> Jordan Gerinski, Assist. Prof., Dept. "Irrigation and Drainage Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: gerinski@abv.bg

