

UOT 627.841; 628.15; 626.82

## ŞAXƏLƏNMİŞ SU TƏCHİZATI SİSTEMİNİN OPTİMAL İDARƏEDİLMƏ MƏSƏLƏSİ

<sup>1</sup>İSGƏNDƏROV ƏLƏSGƏR ƏLƏKBƏR oğlu

<sup>2</sup>MAHMUDOV RASİM REYMUD oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-professor, 2-magistrant

[elesger\\_54@mail.ru](mailto:elesger_54@mail.ru)

*Açar sözlər:* su təchizati, magistral xətt, paylaşdırıcı xətt, suyun sərfi, tələbat məntəqəsi, su təchizati sistemi, su tənzimləyici qurğu, suyun qiyməti, optimal idarəetmə, optimallaşdırma meyarı.

*Məqalədə bir mənbədən su götürən, magistral və ondan şaxələnmiş paylaşdırıcı xətlər vasitəsilə çoxlu sayda tələbat məntəqələrini təmin edən su təchizati sistemə baxılır. Hər bir xəttin sonunda sistemdə toplanan artıq suyu kənara axıtmaq üçün qəza suburaxıcı qurğuları qoyulmuşdur. Sistemdə istifadə olunan suyun sərfi stoxastik şəkildə dəyişir. Belə sistemdə su təchizatını idarə etmək üçün optimal idarəetmə məsələsi qoyulmuş və məsələnin həllinə aid misal verilmişdir.*

İşdə bir mənbədən su götürüb, magistral xətt (MX) və ondan şaxələnən paylaşdırıcı xətlər (PX) vasitəsilə çoxlu sayda tələbat məntəqələrini (TM) təmin edən su təchizati sistemə baxılır. Bu xətlər sutənzimləyici qurğular (STQ) vasitəsilə ardıcıl yerləşmiş hissələrə bölünmüşdür. Sistemdə toplanmış artıq suyu kənara axıtmaq üçün hər bir xəttin sonunda qəza suburaxıcı qurğusu (QQ) qoyulmuşdur. Sistemdə su tələbatı məntəqələrinin sifarişləri, elektrik enerjisinin verilməsi, sutənzimləyici qurğuların sərfləri, təmir vaxtları tez-tez və təsadüfi olaraq dəyişir. Bu səbəblərə görə tələbat məntəqələrinin sifarişləri vaxtında yerinə yetirilə bilmir, sistemin normal iş rejimi və səmərəli fəaliyyəti pozulur. Bunun aradan qaldırılması üçün suyun mənbədən optimal götürülməsi və tələbatçıları arasında paylanması məsələsi qoyulmalı və həll edilməlidir.

Mövcud elmi ədəbiyyatda şaxələnmiş su təchizati sistemlərinin idarə edilməsinə aid çoxlu sayda işlər vardır. Məsələn, [1]-də binaların, ayrı-ayrı obyektlərin və yaşayış məntəqələrinin su təchizati və suyun kənara axıtılması sistemlərinin qurulması və istismarı məsələləri verilir. Bu işlərin yerinə yetirilməsi üçün metodik vəsait təqdim edilir. [2]-də su təchizati və suyun kənarlaşdırılması işlərinin sərbəst yerinə yetirilməsi qaydaları verilir, mühəndis şəbəkələrinin qeyri-qənaətbəxş işləməsi və bu halların aradan qaldırılması qaydaları izah edilir. [3]-də qrupşəkilli su təchizati sisteminin vəziyyətinin analizi, bu sahədə görülən işlərin optimallaşdırılması məsələlərinin qoyuluşu, struktur-sxem və parametrik-sxem qaydaları ilə optimallaşdırılması üsulları haqqında məlumat verilir. [4]-də mürəkkəb su təchizati sistemlərinin idarəedilmə məsələlərinin kompüterin köməyi ilə həlli üçün onların optimal layihələndirilməsi, hidravlik zəncir nəzəriyyəsi şəklində baxılması yolları izah edilir. [5]-də paylanmış su nəqli şəbəkələrində suyun götürülməsi və tələbatçıları arasında paylanması prosesinin optimallaşdırılması məsələləri verilmişdir.

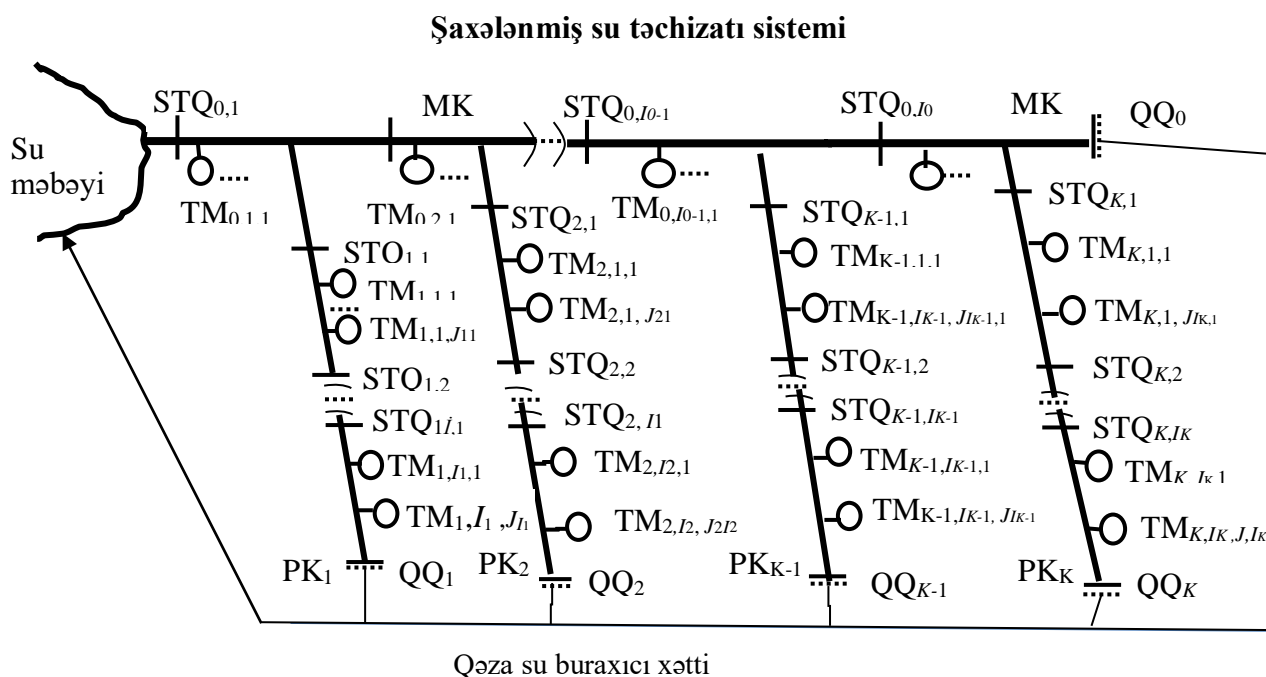
Lakin yuxarıda göstərilən və digər işlərdə belə sistemlərin su təchizatının optimal idarəedilmə problemi hələ tam yerinə yetirilməmişdir. Bu çatışmazlığın aradan qaldırılması üçün məqalənin müəllifləri tərəfindən paylanmış su təchizati sistemlərinin optimal idarə edilməsi məsələsi təklif edilmişdir.

Məsələdə baxılan sistem üçün sərflərin optimal qrafiklərinin tərtib edilməsi məsələsinin riyazi qoyuluşu və həlli verilmişdir. Buna uyğun məsələ Ə.Ə.İsgəndərov tərəfindən şaxələnmiş sistemlərdə maye məhsullarının paylanması üçün yazılmış işdə verilmişdir [6]. Lakin burada məsələnin həlli və optimal iş rejimlərinin tapılması üçün riyazi proqramlaşdırma üsullarından istifadə edilməmişdir.

İndi təqdim edilən işdə məsələnin yeni variantı verilir. Burada məqsəd funksiyası və məhdudiyyətlər baxılan obyektlər üçün dəqiqləşdirilmiş və məsələnin həlli üçün Matlab riyazi proqramlaşdırma paketindən istifadə edilmişdir [7].

**Şaxələnmiş su təchizatı sisteminin optimal idarəedilmə məsələsinin qoyuluşu.** Fərz edək ki, su təchizatı mənbəyi, magistral xətt (MX), ondan şaxələnmiş  $K$  sayda paylaşımcı xətt (PX) vasitəsilə təmin olunan su təchizatı sisteminə baxılır. MX və PX-lərin hər biri su sərfini tənzimləyən qurğular (STQ) vasitəsilə  $I_k, k = \overline{0, K}$  sayda ardıcıl yerləşmiş hissələrə bölünmüşdür. Hər bir hissə üzərində  $J_{k,i}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}$  sayda tələbat məntəqəsi (TM) yerləşmişdir və hər bir kanalın sonunda sistemdə toplanmış artıq suyun kənara axıdılması üçün qəza su buraxıcı qurğular (QQ) qoyulmuşdur. Sistemdə suyun həcmi və sərfini idarə etmək üçün onun uyğun qurğularında sərf və səviyyəölçənlər, həmçinin avtomatlaşdırılmış sərf tənzimləyiciləri qoyulmuşdur.

Müxtəlif səbəblərdən qurğuların sərfəri tez-tez və təsadüfi vaxtlarda dəyişir. Belə hallarda sistemin normal iş rejiminin təmin edilməsi üçün suyun götürülməsi və paylanması prosesini elə yerinə yetirmək lazımdır ki, TM-lərdə tələb olunandan fərqli sərfə verilən və mümkün qədər az, QQ-lardan kənara axıdılan suyun həcmi mümkün qədər az olsun, eyni zamanda STQ və TM-lərdə suyun sərfi və xətlərin hissələrində toplanan suyun həcmi əvvəlcədən verilmiş minimal və maksimal qiymətlərdən kənara çıxmasın.



**Şəkil 1.** Şaxələnmiş su təchizatı sisteminin struktur sxemi

Məsələnin riyazi qoyuluşunu vermək üçün aşağıdakı işarələmələri qəbul edək:

- $Q_{ki}^{\min}, Q_{ki}^{\max}, Q_{ki}(t), k = \overline{0, K}, i = \overline{0, I_k}, t \in (0, T)$  – xətlərin sətənzimləyici qurğularında suyun minimal, maksimal və cari sərfəri,  $m^3/s$ ;
- $Q_k^{q\min}, Q_k^{q\max}, Q_k^q(t), k = \overline{0, K}, t \in (0, T)$  – xətlərin sonlarında olan qəza qurğularında suyun minimal, maksimal və cari sərfəri,  $m^3/s$ ;
- $q_{kij}^{\min}, q_{kij}^{\max}, q_{kij}(t), k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, j = \overline{1, J_{ki}}, t \in (0, T)$  – tələbat məntəqələrində suyun minimal, maksimal və cari sərfəri,  $m^3/s$ ;

- $\bar{q}_{kij}(t), k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, j = \overline{1, J_{ki}}, t \in (0, T)$  – tələbat məntəqələrində suyun tələb olunan sərfələri, m<sup>3</sup>/s;
- $V_{ki}^{\min}, V_{ki}^{\max}, V_{ki}(t), k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, t \in (0, T)$  – MX və PX-lərin hissələrində suyun minimal, maksimal və cari həcmələri, m<sup>3</sup>;
- $c_k, k = \overline{0, K}$  – qəza qurğularından atılan vahid həcmdə suyun qiyməti, man./m<sup>3</sup>.
- $c_{ki}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}$  – xətlərin sutənzimləyici qurğularından verilən vahid həcmdə suyun qiyməti, man./m<sup>3</sup>;
- $c_{kij}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, j = \overline{1, J_{ki}}$  – tələbat məntəqələrinə verilən vahid həcmdə suyun sərfələri, man./m<sup>3</sup>.

Burada  $k=0$  – MX-in başlanğıc qurğusunun,  $i=0$  isə – MX və PX-lərin birinci hissələrinin nömrəsinin işarələridir. Sistemin struktur sxemi Şəkil 1-də göstərilmişdir.

MX və PX-lərin sonuna yaxınlaşdıqca istismar xərcləri, filtrasiya və buxarlanma nəticəsində suyun qiyməti artır.

Optimal idarəetmə məsələsində  $Q_{k,i}(t), Q_k^q(t), q_{k,i,j}(t)$  sərfələrinin və  $V_{k,i}(t)$  həcmələrinin elə qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, TM-lərin hesablanan  $q_{k,i,j}(t)$  sərfələri tələb olunan  $\bar{q}_{k,i,j}(t)$  sərfələrindən minimal fərqlənsin,  $Q_k^q(t)$  sərfələri minimum olsun, eyni zamanda  $Q_{k,i}(t), Q_k^q(t), q_{k,i,j}(t)$  və  $V_{k,i}(t)$  kəmiyyətləri (0, T) zaman intervalı ərzində əvvəlcədən verilmiş minimal və maksimal qiymətlərdən kənara çıxmasın.

Məsələnin riyazi yazılışı belədir: Məqsəd funksiyasını aşağıdakı kimi götürək:

$$C = \int_{t=0}^T \sum_{k=0}^K \left( c_k Q_k^q(t) + \sum_{i=1}^{I_k} \sum_{j=1}^{J_{ki}} c_{k,i,j} [q_{k,j,i}(t) - \bar{q}_{k,j,i}(t)]^2 \right) dt.$$

Məsələdə elə  $Q_k^q(t)$  və  $q_{k,i,j}(t), k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, j = \overline{1, J_{k,i}}, t \in (0, T)$  qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, seçilmiş məqsəd funksiyası minimallaşsın:

$$C \rightarrow \min \quad (1)$$

və aşağıdakı şərtlər ödənilsin:

- ST $Q_{k,i}$  –lərdə sərfələrə qoyulan məhdudiyətlər

$$Q_{k,i}^{\min} \leq Q_{k,i}(t) \leq Q_{k,i}^{\max}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, t \in (0, T); \quad (2)$$

- QQ $_k$  -larda sərfələrə qoyulan məhdudiyətlər

$$Q_k^{q\min} \leq Q_k^q(t) \leq Q_k^{q\max}, k = \overline{0, K}, t \in (0, T); \quad (3)$$

- TM $_{k,i,j}$  –lərdə sərfələrə qoyulan məhdudiyətlər

$$q_{k,i,j}^{\min} \leq q_{k,i,j}(t) \leq q_{k,i,j}^{\max}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, j = \overline{1, J_{k,i}}, t \in (0, T) \quad (4)$$

- MX və PX-lərin hissələrində suyun həcminə qoyulan məhdudiyətlər

$$V_{k,i}^{\min} \leq V_{k,i}(t) \leq V_{k,i}^{\max}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, t \in (0, T) \quad (5)$$

- BQ $_{k,i}$  və TM $_{k,i,j}$  -lərin sərfələri ilə H $_{k,i}$  hissələrinin həcmələri arasında əlaqələr

$$\Delta Q_{k,i}(t) - \sum_{j=1}^{J_{k,i}} \Delta q_{k,i,j}(t) - \sum_{p=1}^{P_{k,i}} \Delta Q_{k,p_i} - \Delta Q_{k,i+1}(t) = \frac{\Delta V_{k,i}(t)}{\Delta t}, k = \overline{0, K}, i = \overline{1, I_k}, t \in (0, T) \quad (6)$$

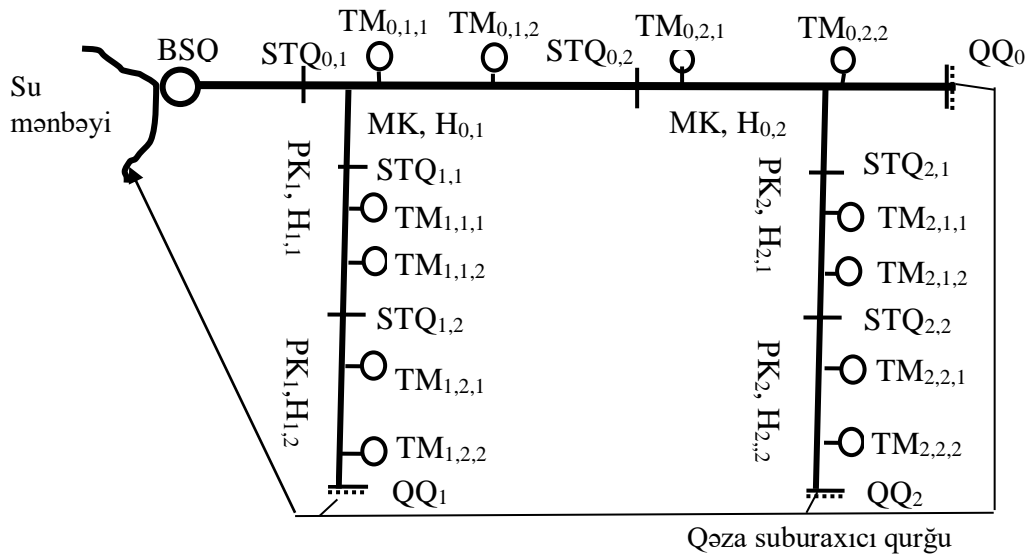
(6) düsturunda  $Q_{k,p_i}$  –  $k,i$ -ci hissədən su götürən  $k,p$ -nömrəli PX-nin başlanğıc STQ-sının sərfi,  $P_{k,i}$  – bu PX-lərin sayı,  $\Delta$  işarəsi isə uyğun parametrin zamana görə artımını göstərir.

Məsələnin həlli üçün başlanğıc şərtlər kimi BQ $_{k,i}$ -lərdə sərfin  $Q_{k,i}(0)$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ , QQ $_k$ -larda  $Q_k^q(0)$ ,  $k = \overline{0, K}$ , TM $_{k,i,j}$ -larda  $q_{k,i,j}(0)$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ ,  $j = \overline{1, J_{k,i}}$ , TM $_{k,i,j}$ -larda sərfərin  $(0, T)$  müddəti ərzində tələb olunan  $q_{k,j,i}(t)$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ ,  $j = \overline{1, J_{k,i}}$ ,  $t \in (0, T)$  qiymətləri və  $H_{k,i}$  hissələrində həcmərin  $V_{k,i}(0)$ ,  $k = \overline{0, K}$ , başlanğıc qiymətləri götürülür.

Məsələnin həlli nəticəsində  $(0, T)$  vaxt intervalı ərzində sərfərin TM-lərdə  $q_{k,i,j}^{op}$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ ,  $j = \overline{1, J_{k,i}}$ , STQ-lərdə  $Q_{k,i}(t)$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ , QQ-larda  $Q_k^{op}(t)$ ,  $k = \overline{0, K}$  qiymətləri, su təchizatı xətlərinin hissələrində isə həcmərin  $V_{k,i}^{op}(t)$ ,  $k = \overline{0, K}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$  qiymətləri hesablanır.

(1) – (6) məsələsinin həllini asanlaşdırmaq üçün  $(0, T)$  zaman intervalını, suyun qurğulardakı sərfələri və həcmələri təqribən sabit qalan, kiçik  $(t_{p-1}, t_p)$ ,  $p = \overline{1, P}$  hissələrinə bölərək, bu hissələrin hər birində optimal idarəetmə məsələsini ardıcıl olaraq riyazi proqramlaşdırma üsulu ilə həll etmək olar.

**Məsələnin həllinə aid nümunə.** Fərz edək ki, su mənbəyindən baş sugötürücü qurğu (BSQ) vasitəsilə su götürən, bir MX və iki PX-dən ibarət su təchizatı sistemi verilmişdir. MX və PX-lərin hər biri STQ-lar vasitəsi ilə iki H hissələrinə ayrılmışdır. Hissələrin hər birində 2 tələbat məntəqəsi vardır və xətlər QQ-larla qurtarır (Şəkil 2).



Şəkil 2. MX və iki PX-dən ibarət 12 tələbat məntəqəli su təchizatı sistemi.

BQ, QQ-lar və TM-lərdə suyun minimal, maksimal və başlanğıc sərfələri, H-lərdə suyun minimal, maksimal və başlanğıc həcmələri,  $1 \text{ m}^3$  suyun qiyməti, həmçinin optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri 1, 2 və 3 cədvəllərində verilmişdir.

**Cədvəl 1.**

*BQ və QQ-larda suyun minimal, maksimal və başlanğıc sərfləri, 1 m<sup>3</sup>suyun qiyməti və optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri*

Sərflər(m <sup>3</sup> /s), suyun qiyməti (man/m <sup>3</sup> ) və parametrlər	MX			PX <sub>1</sub>			PX <sub>2</sub>		
	TM <sub>0,1</sub>	TM <sub>0,2</sub>	QQ <sub>0</sub>	TM <sub>1,1</sub>	TM <sub>1,2</sub>	QQ <sub>1</sub>	TM <sub>2,1</sub>	TM <sub>2,2</sub>	QQ <sub>2</sub>
Minimal sərflər	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maksimal sərflər	10.0	7.0	2.0	5.0	3.0	2.0	5.0	3.0	2.0
Başlanğıc sərflər	6.0	4.0	0.5	1.5	1.0	0.5	3.5	1.5	0.5
1m <sup>3</sup> suyun qiyməti	10.0	11.5	13.0.	13.5	15.0	16.5	17.0	18.5	20.0
Parametrlər	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>

**Cədvəl 2.**

*TM-lərdə suyun minimal, maksimal və başlanğıc sərfləri, 1 m<sup>3</sup>suyun qiyməti və optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri*

Sərflər(m <sup>3</sup> /s), suyun qiyməti (man/m <sup>3</sup> ) və parametrlər	MK, H <sub>0,1</sub>		MK, H <sub>0,2</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,1</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,2</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,1</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,2</sub>	
	TM <sub>0,1,1</sub>	TM <sub>0,1,2</sub>	TM <sub>0,2,1</sub>	TM <sub>0,2,2</sub>	TM <sub>1,1,1</sub>	TM <sub>1,1,2</sub>	TM <sub>1,2,1</sub>	TM <sub>1,2,2</sub>	TM <sub>2,1,1</sub>	TM <sub>2,1,2</sub>	TM <sub>2,2,1</sub>	TM <sub>2,2,2</sub>
Minimal sərflər	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maksimal sərflər	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Başlanğıc sərflər	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1m <sup>3</sup> suyun qiyməti	10.5	11.0	12.0	12.5	14.0	14.5	15.5	16.0	17.5	18.0	19.0	19.5
Parametrlər	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>

**Cədvəl 3.**

*Su təchizatı xətlərinin hissələrində suyun minimal, maksimal və başlanğıc həcmələri və optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri*

Suyun həcmi (m <sup>3</sup> ) və uyğun parametrlər	MK, H <sub>0,1</sub>	MK, H <sub>0,2</sub>	PK <sub>1</sub> , H <sub>1,1</sub>	PK <sub>1</sub> , H <sub>1,2</sub>	PK <sub>2</sub> , H <sub>2,1</sub>	PK <sub>2</sub> , H <sub>2,2</sub>
Minimal həcmələr	16000	16000	11000	13000	12000	15000
Maksimal həcmələr	35000	35000	31000	33000	32000	35000
Başlanğıc həcmələr	25000	26000	21000	23000	22000	25000
Parametrlər	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>26</sub>	X <sub>27</sub>

Məsələdə TM<sub>k,i,j</sub>, k=0, 1,2, i=1, 2, j=1, 2-ların tələblərinin (00.00 -24.00) intervalı ərzində ödənilməsi üçün optimal sərflərin tapılması tələb edilir.

Fərz edək ki, texnoloji prosesi elə (00.00, 08.00), (08.00, 16.00), (16.00, 24.00) zaman intervallarına bölmək olar ki, onların hər birində texnoloji parametrlərin qiymətləri sabit qalır və cədvəl 4-də verilən kimidir.

**Cədvəl 4.**

*TM-lərdə başlanğıc anda olan və (00.00 -24.00) vaxtı ərzində tələb edilən sərflər.*

TM sərflərinin sabitlik intervalları	MK, H <sub>0,1</sub>		MK, H <sub>0,2</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,1</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,2</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,1</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,2</sub>	
	TM <sub>0,1,1</sub>	TM <sub>0,1,2</sub>	TM <sub>0,2,1</sub>	TM <sub>0,2,2</sub>	TM <sub>1,1,1</sub>	TM <sub>1,1,2</sub>	TM <sub>1,2,1</sub>	TM <sub>1,2,2</sub>	TM <sub>2,1,1</sub>	TM <sub>2,1,2</sub>	TM <sub>2,2,1</sub>	TM <sub>2,2,2</sub>
Başlanğıc	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
(00.00 – 08.00)	0.5	0.7	0.8	0.0	0.0	0.5	0.5	0.8	0.5	0.0	0.7	0.6
(08.00 – 16.00)	0.7	1.0	0.0	0.8	0.7	0.8	0.0	0.8	0.0	0.7	0.7	0.6
(16.00 – 24.00)	0.7	0.7	0.0	0.8	0.7	0.5	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0	0.5

(1)-(6) şərtlərinə görə cədvəl 1,2,3 və 4-dəki qiymətləri nəzərə almaqla parametrlərin birinci sabitlik intervalı üçün məsələnin qoyuluşu aşağıdakı şəkildə olar:

$$C=13.0 \cdot X_3+16.5 \cdot X_6+20.0 \cdot X_9+10,5 \cdot (X_{10}-1.0)^2+11.0 \cdot (X_{11}-1.0)^2+12.0 \cdot (X_{12}-1.0)^2+12.5 \cdot (X_{13}-1.0)^2+14.0 \cdot (X_{14}-0.5)^2+14.5 \cdot (X_{14}-1.0)^2+15.5 \cdot (X_{16}-1.0)^2+16.0 \cdot (X_{17}-1.0)^2+17.5 \cdot (X_{18}-1.0)+18.0 \cdot (X_{19}-1.0)+19.0 \cdot (X_{20}-1.0)+19.5 \cdot (X_{21}-1.0) \rightarrow \min; \quad (7)$$

$$1.0 \leq X_1 \leq 10.0; 0.5 \leq X_2 \leq 7.0; 0.5 \leq X_4 \leq 4.0; \quad (8)$$

$$0.0 \leq X_4 \leq 3.0; 0.5 \leq X_7 \leq 4.0; 1.0 \leq X_8 \leq 3.0; \quad (8)$$

$$0.0 \leq X_3 \leq 2.0; 0.0 \leq X_6 \leq 2.0; 0.0 \leq X_9 \leq 2.0; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} 0.0 \leq X_{10} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{11} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{12} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{13} \leq 1.0; \\ 0.0 \leq X_{14} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{15} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{16} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{17} \leq 1.0; \\ 0.0 \leq X_{18} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{19} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{20} \leq 1.0; 0.0 \leq X_{21} \leq 1.0; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} 16000 \leq X_{22} \leq 35000; 16000 \leq X_{23} \leq 35000; 16000 \leq X_{24} \leq 35000; \\ 16000 \leq X_{25} \leq 35000; 16000 \leq X_{26} \leq 35000; 16000 \leq X_{27} \leq 35000; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} (X_1 - 6.0) - (X_{10} - 0.5) - (X_{11} - 1.0) - (X_2 - 4.0) - (X_4 - 1.5) &= (X_{22} - 25000)/28800; \\ (X_2 - 4.0) - (X_{12} - 0.5) - (X_{13} - 1.0) - (X_3 - 0.5) - (X_5 - 1.0) &= (X_{23} - 25000)/28800; \\ (X_4 - 1.5) - (X_{10} - 0.5) - (X_{11} - 1.0) - (X_5 - 1.0) &= (X_{24} - 21000)/28800; \\ (X_5 - 1.0) - (X_{16} - 0.5) - (X_{19} - 0.5) - (X_6 - 0.5) &= (X_{25} - 24000)/28800; \\ (X_7 - 3.5) - (X_{18} - 0.5) - (X_{19} - 0.5) - (X_8 - 1.5) &= (X_{26} - 22000)/28800; \\ (X_8 - 1.5) - (X_{20} - 0.5) - (X_{21} - 0.5) - (X_2 - 4.0) - (X_9 - 0.5) &= (X_{27} - 25000)/28800. \end{aligned} \quad (12)$$

(7) – (12) məsələsini (00.00, 08.00) intervalı üçün həll etdikdə başlanğıc şərtləri kimi əsas məsələnin qoyuluşunda olan başlanğıc şərtlər, (08.00, 16.00) intervalı üçün həll etdikdə (00.00, 08.00) intervalında alınmış optimal həllər, (16.00, 24.00) – intervalı üçün həll etdikdə isə (08.00, 16.00) intervalında alınmış optimal həllər götürülür. Beləliklə, bütün (00.00, 24.00) periodu üçün BQ, QQ və TM-lər üçün hesablanmış optimal sərflər, həmçinin su nəqli xətlərinin optimal həcmi tapılır. Bu qiymətlər 5, 6 və 7 cədvəllərində verilmişdir.

Cədvəl 5.

BQ və QQ-larda optimal sərflər ( $m^3/s$ )

Parametrlərin sabitlik intervalları	MK			PK <sub>1</sub>			PK <sub>2</sub>		
	TM <sub>0,1</sub>	TM <sub>0,2</sub>	QQ <sub>0</sub>	TM <sub>1,1</sub>	TM <sub>1,2</sub>	QQ <sub>1</sub>	TM <sub>2,1</sub>	TM <sub>2,2</sub>	QQ <sub>2</sub>
(00.00 – 08.00)	5.029	2.644	0.000	1.793	1.291	0.000	1.824	1.303	0.000
(08.00 – 16.00)	11.195	6.122	0.000	3.023	2.004	0.000	4.082	2.050	0.000
(16.00 – 24.00)	5.086	2.509	0.000	1.061	1.002	0.000	2.009	0.998	0.000

Cədvəl 6.

TM-lərdə sərflərin optimal ( $q_{k,i,j}^{op}$ ) və tələb edilən ( $\bar{q}_{k,i,j}$ ) qiymətləri ( $m^3/s$ )

Sabitlik intervalları, onlarda optimal və tələb edilən sərflər		MK, H <sub>0,1</sub>		MK, H <sub>0,2</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,1</sub>		PK <sub>1</sub> , H <sub>1,2</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,1</sub>		PK <sub>2</sub> , H <sub>2,2</sub>	
		TM <sub>0,1,1</sub>	TM <sub>0,1,2</sub>	TM <sub>0,2,1</sub>	TM <sub>0,2,2</sub>	TM <sub>1,1,1</sub>	TM <sub>1,1,2</sub>	TM <sub>1,2,1</sub>	TM <sub>1,2,2</sub>	TM <sub>2,1,1</sub>	TM <sub>2,1,2</sub>	TM <sub>2,2,1</sub>	TM <sub>2,2,2</sub>
(00.00 – 08.00)	$q_{k,i,j}^{op}$	0.502	0.090	0.820	0.000	0.000	0.502	0.500	0.791	0.521	0.000	0.702	0.601
	$\bar{q}_{k,i,j}$	0.500	0.100	0.800	0.000	0.000	0.500	0.500	0.800	0.500	0.000	0.700	0.600
(08.00 – 16.00)	$q_{k,i,j}^{op}$	1.000	1.050	1.040	1.000	0.021	0.998	0.989	1.015	1.031	1.000	1.020	1.030
	$\bar{q}_{k,i,j}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(16.00 – 24.00)	$q_{k,i,j}^{op}$	0.503	1.010	0.500	0.000	0.049	0.010	0.502	0.500	0.499	0.512	0.500	0.498
	$\bar{q}_{k,i,j}$	0.500	1.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

Cədvəl 7.

Hissələrdə suyun optimal həcmələri ( $V_{k,i}^{op}$ ,  $m^3$ )

Sabitlik intervalları	MK		PK <sub>1</sub>		PK <sub>2</sub>	
	H <sub>0,1</sub>	H <sub>0,2</sub>	H <sub>1,1</sub>	H <sub>1,2</sub>	H <sub>2,1</sub>	H <sub>2,2</sub>
(00.00 – 08.00)	16123	17400	12400	13900	12670	15890
(08.00 – 16.00)	20300	23800	20900	13900	28350	14150
(16.00 – 24.00)	16500	16000	13900	6900	13860	6890

**Nəticə.** Tələbat məntəqələrinin sərflərinin və kanalların hissələrinin həcmələrinin hesablanmış optimal qiymətlərinin 5 -7 cədvəlində alınmış qiymətləri göstərir ki, (00.00, 08.00), (08.00, 16.00) və (16.00, 24.00) zaman intervalları ərzində TM-ləri üçün hesablanmış optimal sərflər tələb olunan sərflərlə üst-üstə düşür və ya onlara çox yaxındır, BQ-ların sərfləri və kanal hissələrində toplanmış həcmələr isə nəzərdə tutulan minimum və maksimum qiymətlərdən kənara çıxmır. Bundan əlavə, bütün zaman intervallarında QQ-ların sərfləri tamamilə sifira bərabər olur, amma TM-lərə verilən suyun vahid həcmnin qiyməti kanal hissələrində toplanan suyun qiymətindən çox olduğuna görə, sistemin normal fəaliyyəti üçün BQ-larda olan su sərfləri nəzərdə tutulduğundan fərqli alınır və kanal hissələrində suyun həcmi azalır.

Məsələ kvadratik proqramlaşdırma məsələsi kimi qoyulduğu üçün onun həlli zamanı sistemin tam ödənişli və qıtlığı hallarına ayrı-ayrılıqda baxmağa ehtiyac qalmır.

Qeyd edək ki, (12)-(17) məsələsi 27 dəyişəni və parametrlərin 3 sabitlik intervalı olan obyekt üçün həll edilmişdir, amma sistemin obyektlərinin sayı artdıqda optimal idarəetmə məsələsinin

parametrlərinin sayı da çoxalır və məsələnin həlli mürəkkəbləşir. Kompüter sınaqları göstərir ki, su paylanması optimal idarəetmə məsələsi 50-yə qədər obyektə olan sistem üçün parametrlərinin sabit götürüldüyü 3-4 zaman intervalı üçün müvəffəqiyyətlə yerinə yetirilə bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. Кондакова А. А. Водоснабжение и водоотведение : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / Новополюк: ПГУ, 2010, 232 с.
2. Журавлева И.В. Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Воронеж, 2011, 146 с.
3. Мелехов Е.С. Комплексная оптимизация источников и трубопроводных систем группового водоснабжения. Дис.на соис. уч. ст. к.т.н. по спец. 05.23.04 г. Иркутск, 2003, 209 с.
4. Сумароков С.В. Математическое моделирование систем водоснабжения. Новосибирск: Наука, 1983, 167 с.
5. Искендеров А.А., Тагиева А.Д. Оптимальное управление разветвленными системами водообеспечения. М.: Европейский фонд инновационного развития, Сборник статей Международной научно-практической конференции, 2 апреля 2019 г., с. 47-55.
7. Ануфриев И. Самоучитель Матлаб 5/3, 6.х./ СПб.: БХВ-Петербург, 2004, 736 с

### РЕЗЮМЕ

#### ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВЕТВЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Искендеров А.А., Махмудов Р.Р.*

**Ключевые слова:** Водоснабжение, магистральная линия, распределительная линия, потребление воды, пункт потребления воды, система водоснабжения, устройство регулирования воды, стоимость воды, оптимальное управление, критерии оптимизации

В статье рассматривается система водоснабжения, которая поставляет большое количество водозаборов через единый источник, магистральные и распределительные сети. В конце каждой линии устанавливаются устройства аварийного слива для отвода избыточной воды, накопленной в системе. Расход воды в системе меняется стохастически. В этой системе была поставлена задача оптимального управления водными ресурсами и приведен пример для ее решения.

### SUMMARY

#### THE PROBLEM OF OPTIMAL MANAGEMENT OF BRANCHED WATER SUPPLY SYSTEM

*Isgandarov A.A., Mahmudov R.R.*

**Key words:** water supply, main line, distribution line, water consumption, supply point, water supply system, water regulator, water cost, optimal control, optimization criteria.

The article studies the water supply system, which supplies a large number of water points through a single source, through the main and distribution networks. At the end of each line, emergency water discharge facilities are installed to drain the excess water accumulated in the system. The water consumption in the system varies stochastically. In such a system, an optimal water management problem has been put in place, and an example is given to solve the problem.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	27.11.2019
	Son variant	27.02.2020