

УДК 628.3 (575.4-25):514.182

Палій О.С., студентка групи 601-РВ,  
Керівники: Усенко В.Г. к.т.н., доцент,  
Россоха І.В. к.т.н., доцент, Усенко І.С. к.т.н., доцент,  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

## МОДЕЛЮВАННЯ УМОВИ РІВНОМІРНОСТІ ЖИВЛЕННЯ КІЛЬЦЕВОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Розглянуто варіант реалізації умови рівномірності живлення від трубопроводу кільцевої водопровідної мережі для населених місць. Акцентовано увагу на тому, що структура мережі має істотне значення в досягненні високої та стійкої якості живлення споживачів водою. Нерівномірність мережі трубопроводів визначає умови недостатнього живлення користувачів.

**Ключові слова:** водопровідна мережа, водопостачання, рівномірність живлення користувачів.

**Вступ.** Якість водопостачання залежить від розвитку та функціонування водопровідної мережі, умов живлення кожної частини міста. Очевидно, що найбільша якість досягається тоді, коли мережа трубопроводів буде розміщена так, що кожний із споживачів забезпечуватиметься достатньо водою, і в той же час будуть мінімізовані непродуктивні витрати ресурсів.

Таким чином, у системі кільцевої водопровідної мережі забезпечення рівномірного живлення користувачів займає провідне місце. При цьому реалізується головна мета – закласти структурну основу для забезпечення якості водопостачання в конкретних умовах міста шляхом заданого та рівномірного розподілу продукту транспортування для створення однакових умов життєдіяльності.

**Методика досліджень.** Для збереження ресурсів необхідно дотримуватися умови економічності водопостачання. Тому ділянки кільцевої водопровідної мережі повинні живити користувачів з двох сторін рівномірно та на певній відстані від зовнішнього контура населеного місця. Величина цієї відстані дорівнює половині ширини лінії живлення. Таким чином, між сусідніми ділянками мережі відстань дорівнює ширині лінії живлення (позначимо її як  $S$ ). Від крайніх ділянок мережі до зовнішнього контура населеного місця відстань складає половину ширини лінії живлення, відстань від ділянок мережі до зовнішнього контура населеного місця –  $0,5 S$ .

Основа перпендикуляра – точка  $A_k(x, y)$  – лежить на заданій лінії, через інший кінець – точку  $A_l(X, Y)$  – проходить шукана віддаль. Якщо лінія задається у явному вигляді  $y = f(x)$ , то рівняння нормалі до кривої лінії має вигляд:

$$x'(X - x) = -y'(Y - y). \quad (1)$$

Віддалення описується

$$X = x - y'(Y - y)/x'; \quad D = ((X - x)^2 + (Y - y)^2)^{1/2} \quad (2)$$

де  $X, Y$  – поточні координати точки на нормалі;

$x, y$  – координати основи нормалі;

$S$  – зміщення віддалення.

Припустимо, що зовнішній контур населеного міста являє собою ламану лінію

$$y = y_0 + (y_i - y_{i-1})(x - x_0)/(x_i - x_{i-1}); \quad x \in [x_{i-1}; x_i]; \quad y \in [y_{i-1}; y_i]; \quad (3)$$

де  $x_0$  та  $y_0$  – координати вершин ламаної;

$i$  – номери вершин;

$x$  та  $y$  – поточні координати.

Координати вершин віддалених відрізків визначаються за формулами:

$$y_l = y_i + (y_0 - y_{i-1})(x - x_0)/(x_0 - x_{i-1}) \pm S(x_0 - x_{i-1})/((y_i - y_{i-1})^2 + (x_0 - x_{i-1})^2)^{1/2}; \quad (4)$$

$$x_l = x \pm S(y_i - y_{i-1})/((y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2)^{1/2}; \quad (5)$$

де  $S$  – зміщення віддалення;  $x, y$  – координати вершин зовнішнього контура;

$x_0, y_0$  – поточної;  $x_{i-1}, y_{i-1}$  – попередньої;  $x_{i+1}, y_{i+1}$  – наступної;

$x_l, y_l$  – координати вершин віддалення ламаної.

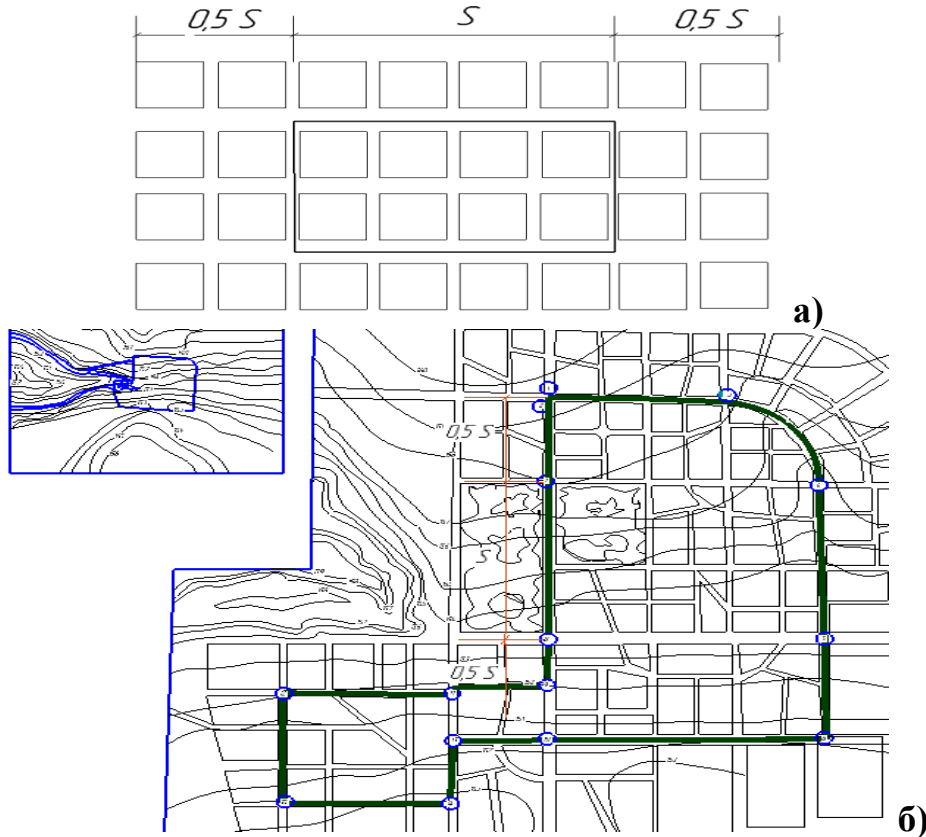


Рис. 1 – Принципи рівномірності розташування і двостороннього живлення магістральної водопровідної мережі: а) простий приклад; б) довільне планування міста

Якщо відрізок зовнішнього контура  $[o; o+1]$  вертикальний, то

$$y_e = x + S; \quad (6)$$

Координати точок перетину відрізків віддалення мають такий вигляд:

$$x_e = x_{i_e-1} + (x_{i_{e1}} - x_{i_e-1}) \times b; \quad (7)$$

$$y_e = y_{i_e-1} + (y_{i_{e1}} - y_{i_e-1}) \times b; \quad (8)$$

$$b = \frac{(x_{i_{e2}} - x_{i_e-1})(y_{i_{e2}} - y_{i_e+1}) - (y_{i_{e2}} - y_{i_e-1})(x_{i_{e2}} - x_{i_e+1})}{(x_{i_{e1}} - x_{i_e-1})(y_{i_{e2}} - y_{i_e+1}) - (y_{i_{e1}} - y_{i_e-1})(x_{i_{e2}} - x_{i_e+1})}; \quad (9)$$

Множину вершин віддалення  $K = \{A_{11}, \dots, A_{1r}\}$  визначаємо з використанням пар точок  $A_1, A_2$  та  $A_3, A_4$ . Візьмемо відрізок  $[A_1 A_2]$  і відносно нього визначимо відрізок віддалення  $[A_{11}, A_{12}]$ . Позначимо координати точок відповідно  $A_3 \equiv A_1, A_4 \equiv A_2, A_{13} \equiv A_{11}, A_{14} \equiv A_{12}$ , а потім змістимо точки  $A_1, A_2$  на одну ланку за годинниковою стрілкою. За рівняннями (4), (5) визначимо знову відрізок  $[A_{11} A_{12}]$ , а потім перетнемо відрізки  $[A_{13} A_{14}]$  та  $[A_{11} A_{12}]$  згідно з формулами (7) – (9). Точка їх перетину  $P_{1s}$  – шукана з множини  $K$  – є вершиною майбутнього віддалення.

Коли як контур використовуються ламані лінії, то означенню віддалення, як лінії, рівновіддаленої від іншої лінії, строго не відповідає ламана, вершини якої знаходяться за формулами (4) – (9). На рис. 2. видно, що відрізки  $[B C_3]$  і  $[C_3 D]$  віддалені від ламаної  $[K_1 \dots K_4]$  на відстань, більшу ніж  $S$ , тому що  $S^* > S$ .  $BK_3$  і  $DK_3$  – це перпендикуляри, проведені з точки  $K_3$  відповідно до відрізків  $[C_2 C_3]$  і  $[C_3 C_4]$ . Тому цю ламану правильно називати «перпендикулярною віддаллю». Однак для спрощення, а також з урахуванням незначної похибки відстані  $S$  від вершин прообразу  $[C_1 \dots C_n]$  до вершин образу  $K_1 \dots K_m$  будемо називати «перпендикулярне віддалення» далі  $[K_1 \dots K_4]$  також віддаллю.

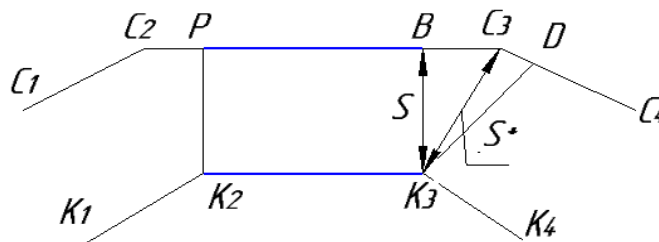


Рис. 2 – Різниця у відстані від вершини  $K_3$  до вершин  $B$  і  $C_3$

Зовнішній контур міста складається з множини ділянок замкненої ламаної та множини вершин. Множину вершин цієї ламаної позначимо  $C = \{C_0, \dots, C_r\}$ . Для вирішення задачі побудови множини  $K_f$  використаємо підмножини із шести точок:  $D_f \in C; D_f = \{A_{o-2}, A_{o-1}, A_o, A_{o+1}, A_{o+2}, A_{o+3}\}$ .

Сукупність умов, що задовольняють процедуру замкнення послідовності елементів підмножини  $D_f$  можна записати так.

$$\left\{ \begin{array}{ll} i_{p-2} = i_p - 2; & i_{p-2} < l \rightarrow i_{p-2} := m + i_{p-2}; \\ i_{p-1} = i_p - 1; & i_{p-1} < l \rightarrow i_{p-1} := m + i_{p-1}; \\ i_{p+1} = i_p + 1; & i_{p+1} > m \rightarrow i_{p+1} := i_{p+1} - m; \\ i_{p+2} = i_p + 2. & i_{p+2} > m \rightarrow i_{p+2} := i_{p+2} - m. \end{array} \right. \text{якщо} \quad (10)$$

Із збільшенням значення зміщення віддалення  $S$  відносно ламаної виникає можливість самоперетину ділянок віддалення. Це можливо тоді, коли висота  $q_h$  трикутника  $A_o, A_{o+1}, A_h$  менша за відстань  $S$ , тобто  $q_h < S$ .

У цьому випадку з ланцюга  $A_{o-1}, A_o, A_{o+1}, A_{o+2}$  видаляється ланка  $[A_o; A_{o+1}]$ , що замінюється точкою  $A_x$  – перетином  $[A_{o-1} A_o]$  та  $[A_{o+1} A_{o+2}]$ .

Координати точки перетину обчислюються за формулами:

$$m, : \left\{ \begin{array}{l} (Y_{o-1} - Y_o)X + (X_o - X_{o-1})Y + \begin{vmatrix} X_{o-1} & Y_{o-1} \\ X_o & Y_o \end{vmatrix} = 0; \\ (Y_o - Y_{o+1})X + (X_{o+1} - X_o)Y + \begin{vmatrix} X_o & Y_o \\ X_{o+1} & Y_{o+1} \end{vmatrix} = 0; \end{array} \right. \quad (11)$$

Побудуємо віддаль без фрагментів само перетину

$$\left\{ \begin{array}{l} h_b \geq D; \quad e_i = \{P_1, \dots, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, \dots, P_m\}; \\ h_b \leq D; \quad e_i = \{P_1, \dots, P_{i-1}, P_x, P_{i+2}, \dots, P_m\}; \end{array} \right. \quad (12)$$

Для кожної ділянки ламаної прообразу обчислюємо висоту трикутника  $A_o A_{o+1} A_h$  бісектрис за формулою

$$q_h = \frac{\sqrt{f(f-e)(f-h)(f-w)}}{h} \quad (13)$$

де  $f=(e+h+w)/2$ , а вершини:

$$h_b = \frac{2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{b}; \quad b = \sqrt{(x_{p_i} - x_{p_{i+1}})^2 + (y_{p_i} - y_{p_{i+1}})^2};$$

$$a = \sqrt{(x_{p_b} - x_{p_i})^2 + (y_{p_b} - y_{p_i})^2}; \quad c = \sqrt{(x_{p_b} - x_{p_{i+1}})^2 + (y_{p_b} - y_{p_{i+1}})^2};$$

Якщо висота  $q_h$  цього трикутника менша від значення зміщення  $S$ , то можливе утворення самоперетину фрагментів віддалення. Ділянки, що мають  $q_h < S$ , видаляємо з послідовності ланок ламаної.

**Висновки.** У результаті отримано список значень  $q_h$  для кожної ділянки зовнішнього контура міста. Тоді для побудови віддалення без фрагментів самоперетину  $q_h$  порівнюється із  $S$ . Якщо  $q_h > S$ , то ділянка зовнішнього контура міста включається у прообраз для побудови віддалення. Якщо  $q_h < S$ , то ділянка зовнішнього контура міста не включається у прообраз.

Розглянуто варіант реалізації умови рівномірності живлення від трубопроводу стосовно трасування кільцевих водопровідних мереж для населених місць.

*Література*

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение/ Н.Н. Абрамов – М.: Издательство литературы по строительству, 1967. – 531 с.
2. Новохатний В.Г. Об одном подходе к трассированию водопроводных сетей / В.Г. Новохатний – Полтава, 1993. – 4 с. – Деп. в УкрИНТЭИ 31.03.93, № 730 – Ук 93.
3. Новохатний В.Г. Водопроводные сети и сооружения/ В.Г. Новохатний, Н.В. Григоренко – К.: УМК ВО, 1989. – 108 с.
4. Новохатний В.Г. До питання трасування водопровідних мереж для їх подальшого будівництва / В.Г. Новохатний, І.С. Усенко – Галузеве машинобудування, будівництво: збірник наукових праць. – Вип.4. Полтава: ПДТУ, 1999. – С. 146–150.

**УДК 628.147 (575.4)**

А. Суханова, студентка групи 401-СВ  
Керівник – А.П. Калюжний, к.т.н., доцент  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия  
Кондратюка

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ  
ВОДООТВЕДЕНИЯ ГОРОДА АШХАБАД**

Рассмотрено основные принципы развития водоотводящей системы города Ашхабад.

**Ключевые слова:** водоотведение, сточные воды, канализационные очистные сооружение, защита окружающей среды.

Розглянуто основні принципи розвитку водовідвідної системи міста Ашхабад.

**Ключові слова:** водовідведення, стічні води, каналізаційні очисні споруди, захист навколишнього середовища.

There are the basic principles of development of the sewerage system of the city of Ashgabat.

**Keywords:** sewerage, waste water, sewage treatment plants, environmental protection.

**Постановка проблемы.** Решение проблемы сточных вод является для Туркменистана одной из важнейших задач. Особенно остро стоит вопрос утилизации сточных вод крупных городов, таких как Ашхабад. В столице Туркменистана проживает около 1 миллиона человек. А в процессе жизнедеятельности человека образуется большое количество отходов, которые имеют антисанитарные свойства.

**Анализ отдельных исследований и публикаций.** Различные аспекты проблемы очистки сточных вод рассматривались в работах [1–4].

**Выделение нерешенных ранее частей проблемы.** В конце прошлого века возник вопрос о реконструкции существующих или строительстве новых канализационных сооружений города Ашхабад [1]. Было принято решение о строительстве канализационных очистных