



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та
бурової справи

01-04-14

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання гідравлічного розрахунку
водопровідної мережі на комп'ютері в курсовому
проектуванні для студентів напряму підготовки
6.060101 «Будівництво», професійного
спрямування «Водопостачання і водовідведення»
всіх форм навчання

Рекомендовано методичною комісією
за напрямом підготовки
6.060101 «Будівництво»
Протокол № 2 від 22 жовтня 2013р.

Рівне, 2014



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Методичні вказівки до виконання гідравлічного розрахунку водопровідної мережі на комп'ютері в курсовому проектуванні для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво», професійного спрямування «Водопостачання і водовідведення» всіх форм навчання. / В.О. Орлов, С.Ю. Мартинов, Н.Л. Мінаєва. - Рівне: НУВГП, 2014 – 18 с.

Упорядники: В.О. Орлов, д.т.н., професор;
С.Ю. Мартинов, к.т.н, доцент;
Н.Л. Мінаєва, к.т.н, інженер.

Відповідальний за випуск – В.О. Орлов, д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ГІДРАВЛІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ	3
2. ЗАПУСК ТА ПОПЕРЕДНІ НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМИ.....	4
3. ПОБУДОВА ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ.....	5
4. УСТАНОВКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТІВ.....	7
5. ЗАПУСК ГІДРАВЛІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ	12
6. КОПЮВАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	16
ЛІТЕРАТУРА.....	18

© Орлов В.О., 2014
© Мартинов С.Ю., 2014
© Мінаєва Н.Л., 2014
© НУВГП, 2014



ВСТУП

При розрахунку та проектуванні водопровідних мереж найскладнішим етапом є їх гідравлічна ув'язка. Тому для спрощення виконання даної операції використовують спеціальні комп'ютерні програми. Однією з таких програм є EPANET, розроблена Агентством охорони навколишнього середовища США. Програма EPANET [8-13] досить ефективна та проста в користуванні, її можна використовувати безкоштовно для навчальних цілей.

EPANET – це комп'ютерна програма, яка здійснює моделювання гідравлічного режиму і якості води за тривалий період в напірній трубопроводній мережі. Мережа може складатися з труб, вузлів (з'єднань труб), насосів, засувок і резервуарів води.

Програма EPANET може відстежувати витрату води в кожному трубопроводі, тиск в кожному вузлі, напір води в кожному резервуарі і концентрацію хімічних речовин по всій мережі впродовж періоду моделювання.

Дані методичні вказівки можуть бути корисними при виконанні студентами гідравлічного розрахунку водопровідних мереж в курсовому та дипломному проектуванні.

1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ГІДРАВЛІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ

Для проведення розрахунків по ув'язці водопровідної мережі необхідно мати наступні вихідні дані (рис.1): попередній поточкорозподіл для всіх розрахункових випадків, що виконується згідно [2, 3, 5, 6]; визначені діаметри та матеріал труб ділянок мережі згідно [1, 4, 7].

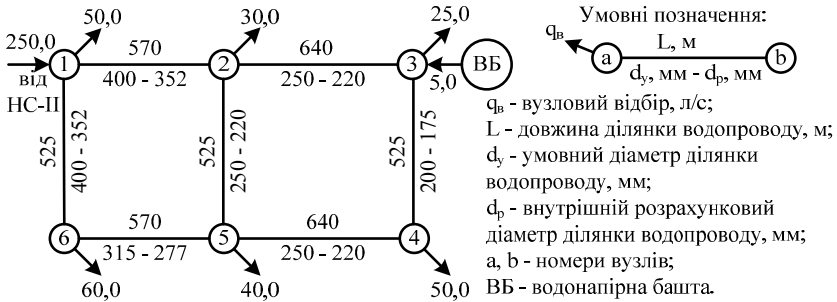


Рис. 1. Вихідні дані до гідравлічної ув'язки водопровідної мережі

2. ЗАПУСК ТА ПОПЕРЕДНІ НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМИ

При запуску програми EPANET автоматично створюється новий проект **Карта мережі**. Для того, щоб відкрити готовий проект, необхідно вибрати команду **Відкрити...** з меню **Файл**. Для збереження проекту вибирається команда **Зберегти** з меню **Файл**. Дані проекту зберігаються у файлі в спеціальному двійковому форматі. Після створення нового проекту рекомендується зразу провести його збереження.

Для відкриття вікна загальних налаштувань **Замовчування** (рис. 2) необхідно виконати: →**Проект** →**Замовчування...** У вкладці **Гідравліка** необхідно зробити наступні налаштування:

- в полі **Одиниці Потoku** вибрати **LPS** (л/с), що означає використання європейських одиниць виміру – довжина в метрах, діаметр в міліметрах, тиск в метрах тощо;
- в полі **Формула втрати напору** вибрати **D-W** (втрати напору в трубопроводах розраховуються за формулою Дарсі-Вейсбаха);
- вийти з даного діалогового вікна, натиснувши кнопку **Ок**.

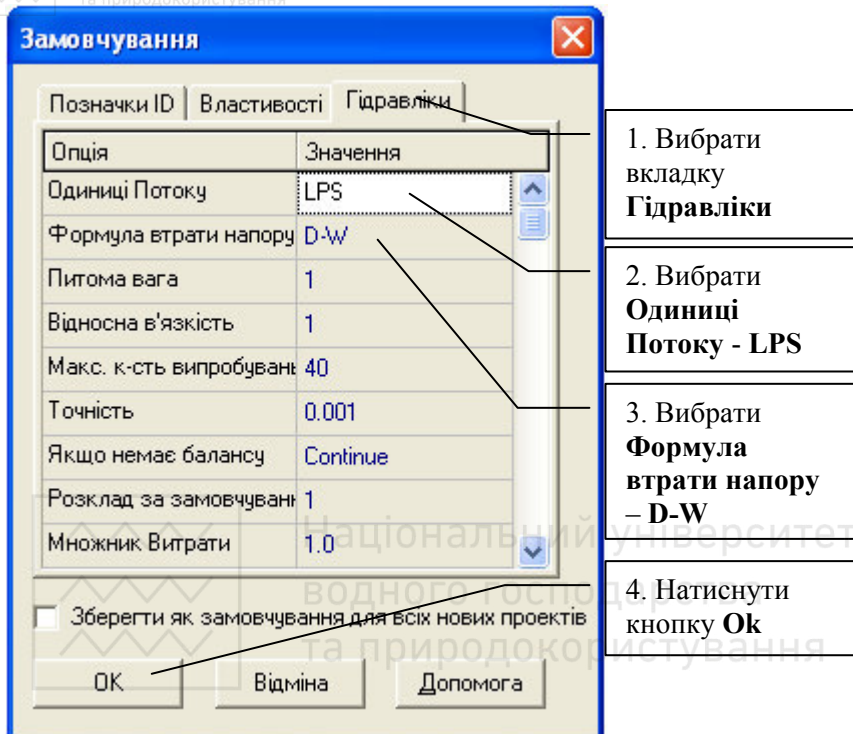


Рис.2. Діалогове вікно **Замовчування**

3. ПОБУДОВА ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Для створення мережі використовується мишка і кнопки на панелі інструментів **Карта** (рис.3). Якщо ця панель не виведена на екран, необхідно виконати дії: →**Вигляд** →**Ліністри** →**Карта**.

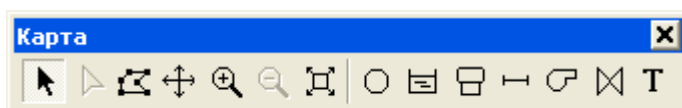
















Рис. 3. Панель інструментів **Карта**



Панель інструментів **Карта** містить кнопки для роботи з картою мережі:

-  Вибирати об'єкт на карті (→**Редагування** →**Вибрати об'єкт**)
-  Вибирати вершинні точки ланок (→**Редагування** →**Вибрати вершину**)
-  Вибирати область на карті (→**Редагування** →**Вибрати область**)
-  Зсув карти (→**Вигляд** →**Перемістити**)
-  Збільшити карту (→**Вигляд** →**Наблизити**)
-  Зменшити карту (→**Вигляд** →**Віддалити**)
-  Показати карту в повному розмірі (→**Вигляд** →**Повна схема**)
-  Додати з'єднання (вузол)
-  Додати водойму
-  Додати резервуар
-  Додати трубопровід
-  Додати насос
-  Додати засувку
-  Додати мітку (текстовий блок)

Спочатку на карту наносяться вузли. Натискається кнопка **Додати з'єднання** на панелі **Карта**, а потім у вікні **Карта мережі** проставляються вузли, шляхом натискання лівої кнопки миші, відповідно до обраної схеми (вихідних даних). Варто пам'ятати, що за замовчуванням нумерація вузлів починається з першого і збільшується з кожним додаванням нового вузла.

Потім на схему наноситься водонапірна башта біля відповідного вузла, попередньо натиснувши кнопку **Додати Резервуар**. Під'єднання водоводів на схемі не показується.

Після цього наносяться трубопроводи шляхом з'єднання вузлів. Для цього натискається кнопка **Додати трубопровід** на панелі



інструментів **Карта**, а потім почергово натискають мишею на початковий та на кінцевий вузли ділянки, наприклад, на вузол 1 і потім на вузол 2. При цьому, лінія що позначає трубу, промальовується на екрані, при проведенні мишею від вузла 1 до вузла 2.

Для підписання номерів вузлів та водонапірної башти необхідно натиснути на кнопку **Додати Мітку** на панелі інструментів **Карта**. Далі підводять мишку до місця введення тексту та натискають її ліву кнопку. З'явиться рамка, куди необхідно ввести текст та натиснути кнопку **Enter**.

Для виходу з вищезазначених режимів необхідно натиснути кнопку **Вибрати об'єкт** на панелі інструментів **Карта**.

Після виконання вищезазначених операцій **Карта Мережі**, виглядатиме приблизно так, як показано на рис.4.

Якщо вузли розташовані не у визначеному місці, то їх можна пересунути, натиснувши на вузол лівою кнопкою миші і, утримуючи її, перемістити його на нове місце. Труби, приєднані до вузла, рухаються разом із ним. Підпис можна пересунути так само.

4. УСТАНОВКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТІВ

Нанесені на карту об'єкти мають набір характеристик за замовчуванням. Щоб змінити значення певної характеристики об'єкта, потрібно вибрати об'єкт і відкрити діалогове вікно редагування властивостей (рис.6, 7).

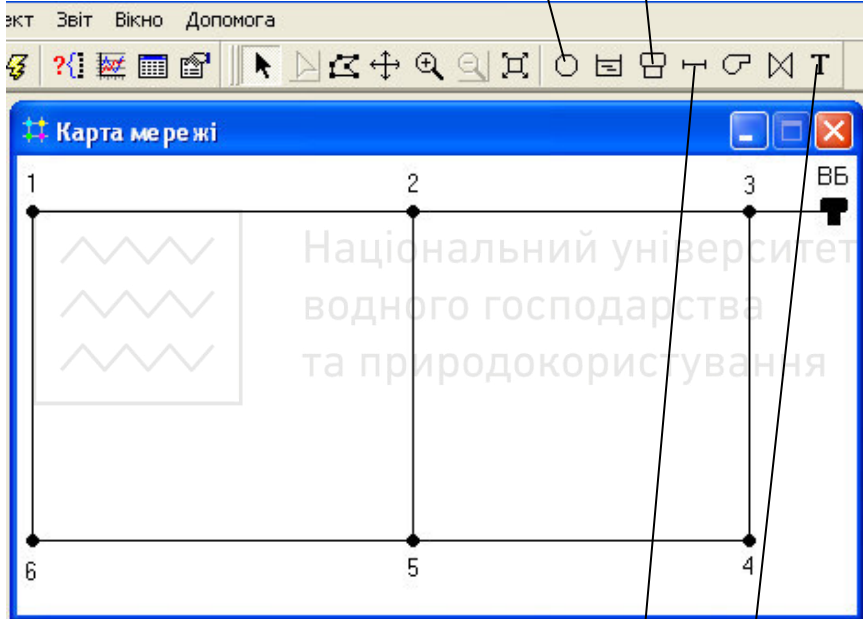
Є декілька способів це зробити. Якщо вікно редактора властивостей вже виведено на екран, можна просто натиснути мишею на потрібному об'єкті або ж вибрати його в закладці **Дані** у вікні **Перегляд** (рис.5).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

2. Натиснути кнопку **Додати резервуар**
та додати водонапірну башту

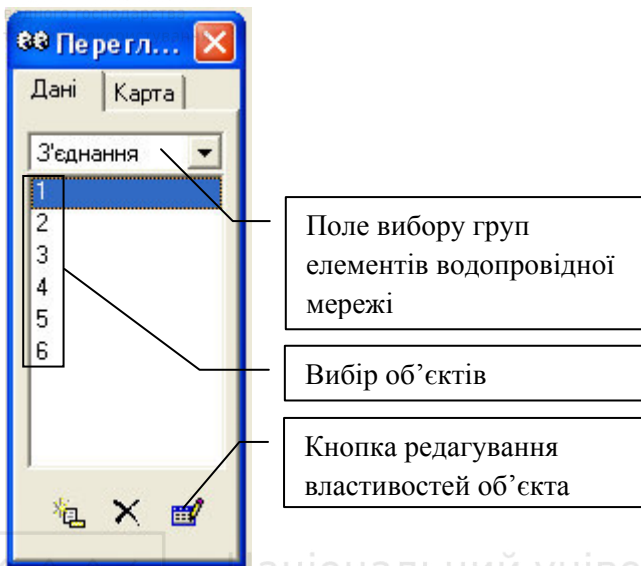
1. Натиснути кнопку **Додати з'єднання**
та проставити вузли



3. Натиснути кнопку **Додати трубопровід**
та додати ділянки трубопроводу

4. Натиснути кнопку **Додати мітку** та проставити
номери вузлів (крок необов'язковий)

Рис. 4. Етапи побудови водопровідної мережі

Рис. 5. Вікно **Перегляд**

Відобразити вікно редагування властивостей можна декількома способами:

- двічі натиснути ліву кнопку миші по будь-якому об'єкту водопровідної мережі;
- натиснути праву кнопку миші по об'єкті і вибрати рядок **Властивості** з контекстного меню;
- вибрати об'єкт з меню **Дані** у вікні **Перегляд** і натиснути кнопку **Edit**.

Під час виконання гідравлічної ув'язки водопровідної мережі для кожного вузла необхідно ввести в поле **Базова Витрата** вузловий відбір, л/с, (рис.6). Якщо вода надходить у вузол, то знак вузлового відбору приймається «-» (мінус), а якщо вода відбирається з вузла, то знак вузлового відбору приймається «+» (плюс). Якщо у вузол одночасно подається вода (наприклад, вузол підключення водоводів) та здійснюється її відбір споживачами, то у вікно властивостей вузла вводиться сумарний результат.

Для переходу до властивостей іншого об'єкта необхідно по ньому натиснути ліву кнопку миші або у вікні **Перегляд** вибрати потрібний об'єкт.

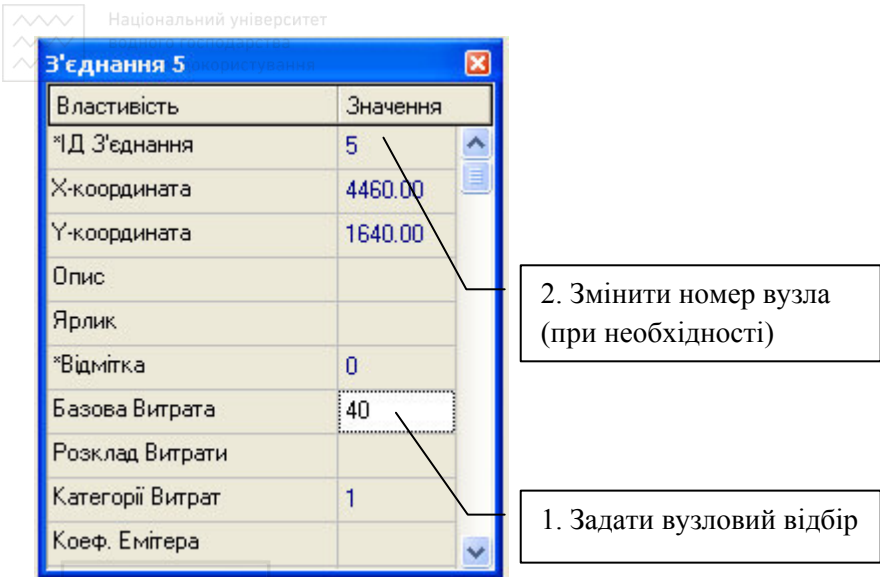


Рис. 6. Вікно редактору властивостей з'єднання

Для кожної ділянки трубопроводу необхідно ввести його довжину, м, розрахунковий внутрішній діаметр, мм, та шорсткість (рис. 7).

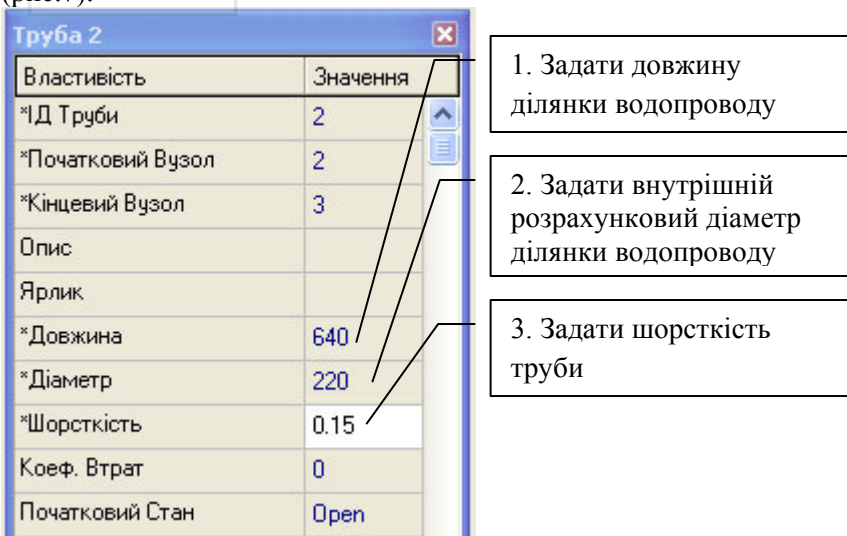


Рис. 7. Вікно редактору властивостей трубопроводу

Параметри водонапірної башти редагувати не потрібно. Для трубопроводу, що з'єднує водонапірну башту з вузлом необхідно змінити лише один параметр – в полі **Початковий стан** вибрати **Closed** (рис.8).

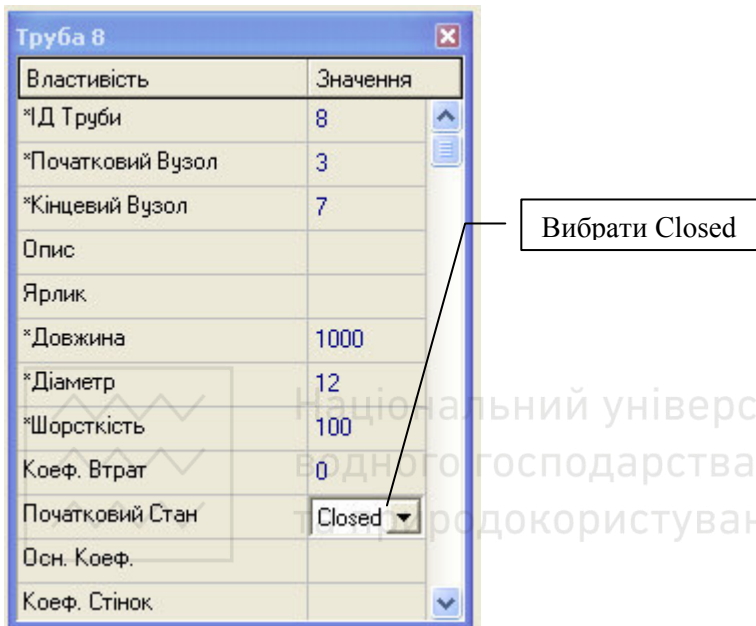


Рис. 8. Вікно редактору властивостей трубопроводу, що з'єднує водонапірну башту з вузлом

Значення шорсткостей та розрахункових внутрішніх діаметрів труб, що найчастіше застосовуються для водопостачання населених пунктів наведено в табл.1 та табл.2.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів шорсткості для труб різного матеріалу

Матеріал труб	Коефіцієнт шорсткості
Чавун	1,8
Пластмаса	0,15
Сталь	2
Азбестоцемент	0,12



Значення розрахункових внутрішніх діаметрів труб

D _y , мм	D _{вн} , мм			
	Чавун	Пластмаса	Сталь	Азбестоцемент
80	83.6	-	95	-
90	-	79	-	-
100	103	-	114	100
110	-	97	-	-
125	128	110	133	-
140	-	123	-	-
150	153.4	-	158	141
160	-	141	-	-
175	-	-	170	-
180	-	158	-	-
200	203.6	175	209	189
225	-	198	-	-
250	254	220	260	235
280	-	246	-	-
300	304.4	-	311	279
315	-	277	-	-
335	-	313	-	-
350	352.4	-	363	322
400	401.4	352	412	368
450	450.6	396	466	-
500	500.8	440	516	456

5. ЗАПУСК ГІДРАВЛІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ

Після введення всіх даних потрібно запустити гідравлічний аналіз мережі: →**Проект** →**Виконати аналіз** або натиснути кнопку **Запустити** на панелі інструментів **Стандарт**. (Якщо панель не виведена на екран, виконати: →**Вигляд** →**Ліністри** →**Стандарт**).

Після виконання даних операцій з'являється вікно **Стан виконання** (рис.9), на якому виводиться інформація про наявність зауважень. Необхідно натиснути кнопку **Ок**. Після виконання зазначених операцій на екрані може з'явитися вікно **Звіт про Стан**, в якому повинно бути лише одне попередження: «Від'ємні тиски о



0:00 год.» (рис. 10). Якщо з'являться ще додаткові попередження, то необхідно перевірити правильність конфігурації мережі та властивостей об'єктів.

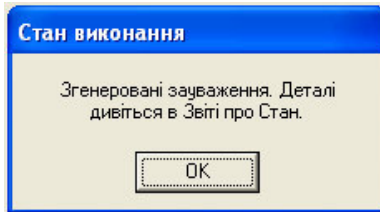


Рис. 9. Діалогове віно **Стан виконання**

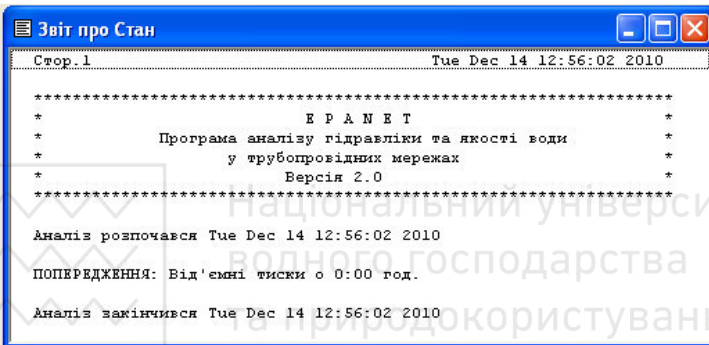


Рис.10. Діалогове вікно **Звіт про Стан**

Для відображення на екрані результатів гідралічної ув'язки необхідно вибрати **Таблиця...** в меню **Звіт** (або натиснути кнопку **Таблиця** на панелі інструментів **Стандарт**). З'явиться вікно **Вибір таблиці** (рис.11). В даному вікні, у вкладці **Тип**, вибрати **Ланки Мережі**, у вкладці **Стовпці** вибрати **Довжина**, **Діаметр**, **Шорсткість**, **Потік**, **Швидкість**, **Питома втрата напору** (рис.12). Після цього натиснути кнопку **Ок**. В результаті виконання даних дій на екрані з'явиться вікно **Таблиця Мережі – Ланки** (рис. 13).

Необхідно пам'ятати, що отримані питомі втрати напору – це втрати напору, м, на 1 км довжини трубопроводу. Крім того, якщо знак витрати води на ділянці мережі має знак «-» (мінус), то вода рухається від кінцевого вузла до початкового. Для відображення у вікні **Карта мережі** напрямків руху води на ділянках необхідно вибрати **Опції...** в меню **Вигляд**. Далі у вікні **Опції карт** вибрати вкладку **Стрілки потоку**, у якій вибрати стиль стрілок – **Заповнений** та натиснути кнопку **Ок** (рис.14).

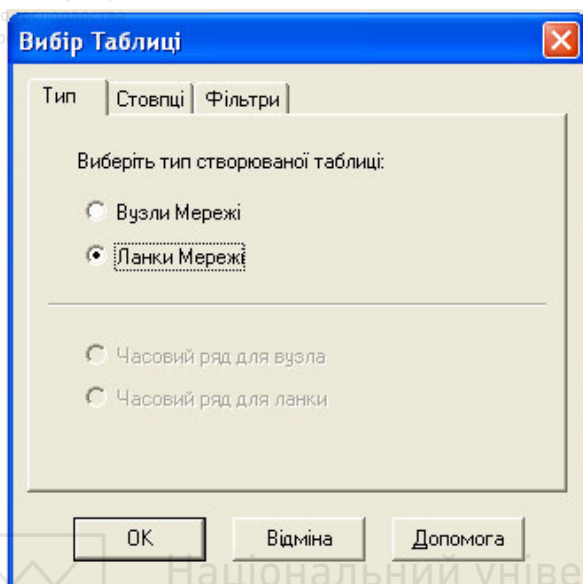


Рис. 11. Діалогове вікно **Вибір Таблиці** вкладка **Тип**

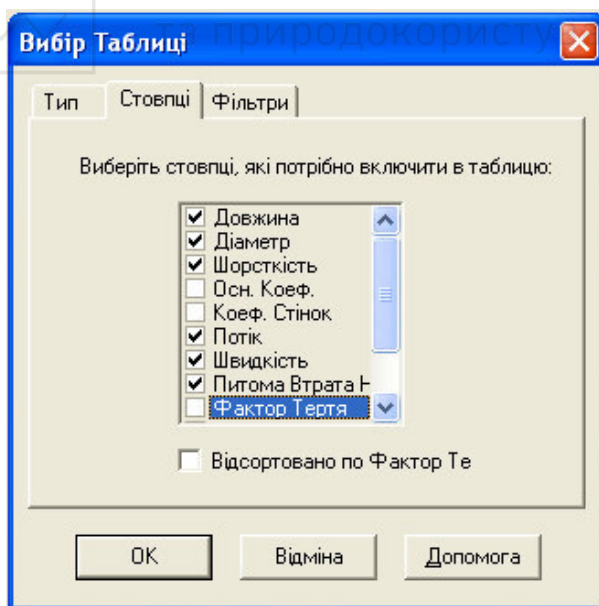


Рис. 12. Діалогове вікно **Вибір Таблиці** вкладка **Стовпці**



ІД Ланки	Довжина м	Діаметр мм	Шорсткість мм	Потік LPS	Швидкість m/s	Питома Втрата Напору m/km
Pipe 1	570	352	0.15	93.92	0.97	2.39
Pipe 2	640	220	0.15	35.24	0.93	3.95
Pipe 3	525	175	0.15	15.24	0.63	2.53
Pipe 4	640	220	0.15	-34.76	0.91	3.84
Pipe 5	570	277	0.15	-46.08	0.76	2.05
Pipe 6	525	352	0.15	-106.08	1.09	3.03
Pipe 7	525	220	0.15	-28.68	0.75	2.66
Pipe 8	1	1000	0.15	0.00	0.00	0.00

Рис. 13. Вікно Таблиця Мережі – Ланки

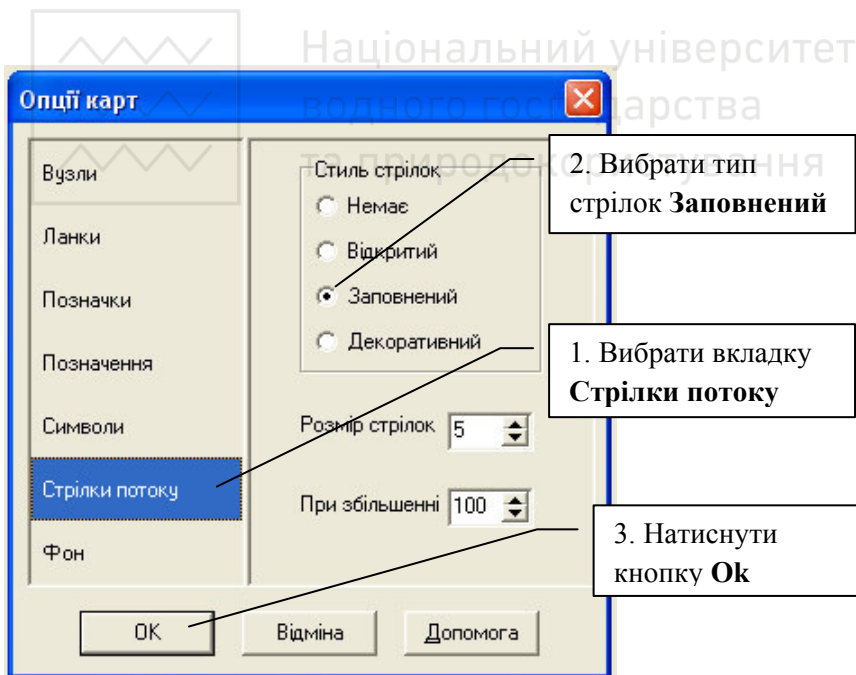


Рис. 14 Вікно Опції Карт



6. КОПИЮВАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Програма EPANET може копіювати текст, графіки та таблиці отриманих результатів з поточного вікна в буфер обміну Windows і у файл. Для того, щоб скопіювати таблиці результатів в буфер обміну (рис.15):

- виділити стовпці таблиці, які потрібно скопіювати.

The screenshot shows the 'Таблиця Мережі - Ланки' window with the following data:

ІД Ланки	Довжина м	Діаметр mm	Шорсткість mm	Потік LPS	Швидкість m/s	Питома Втрати Напору
Pipe 1	570	352	0.15	93.92	0.97	2.39
Pipe 2	640	220	0.15	35.24	0.93	3.95
Pipe 3	525	175	0.15	15.24	0.63	2.53
Pipe 4	640	220	0.15	-34.76	0.91	3.84
Pipe 5	570	277	0.15	-46.08	0.76	2.05
Pipe 6	525	352	0.15	-106.08	1.09	3.03
Pipe 7	525	220	0.15	-28.68	0.75	2.66
Pipe 8	1	1000	0.15	0.00	0.00	0.00

The 'Копіювати Таблиця Мережі' dialog box is open, showing 'Копіювати в' (Clipboard) and 'Копіювати як' (Text) selected. The 'OK' button is highlighted.

1. Виділити необхідні дані для копіювання
2. Натиснути кнопку **Копіювати**
3. Натиснути кнопку **Ok**

Рис. 15. Копіювання результатів розрахунку в буфер обміну

- вибрати меню →Редагування →Копіювати в або натиснути кнопку **Копіювати в...** на панелі інструментів **Стандарт**.
- у діалоговому вікні **Копіювати Таблиця Мережі** вибрати **Буфер обміну** та натиснути кнопку **Ok**.
- відкрити Excel або Word і натиснути кнопку **Вставить**. Для



електронних таблиць Excel необхідно попередньо встановити текстовий формат клітинок.

Отримані результати копіювання в електронні таблиці Excel будуть представлені у наступному вигляді (табл.3).

Таблиця 3
Результати гідравлічного розрахунку водопровідної мережі

ІД Ланки	Довжина	Діаметр	Шорсткість	Потік	Швидкість	Питома втрата напору	Втрати напору
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	м
Pipe 1	570	352	0.15	93.92	0.97	2.39	1.36
Pipe 2	640	220	0.15	35.24	0.93	3.95	2.53
Pipe 3	525	175	0.15	15.24	0.63	2.53	1.33
Pipe 4	640	220	0.15	-34.76	0.91	3.84	2.46
Pipe 5	570	277	0.15	-46.08	0.76	2.05	1.17
Pipe 6	525	352	0.15	-106.08	1.09	3.03	1.59
Pipe 7	525	220	0.15	-28.68	0.75	2.66	1.40

Стовпчик добавляється вручну, а значення розраховуються за ф.1.

Витрати напору на ділянках мережі, м, визначаються за формулою

$$h = 0.001 \cdot h_{\Pi} \cdot l \quad (1)$$

де h_{Π} - питомі втрати напору на ділянці мережі, м/км;

l - довжина ділянки водопровідної мережі, м.

Втрати напору на ділянках мережі відображають в табличній формі шляхом додавання в табл.3 ще одного стовпчика «Втрати напору, м».

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі зручно виконувати у вигляді схеми (рис.16).

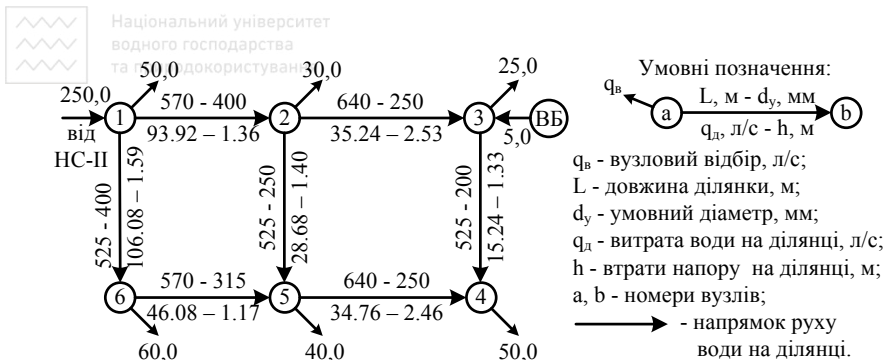


Рис. 16. Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі

ЛІТЕРАТУРА

1. ВБН 46/33-2.5-5-96. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. - Київ, 1996. – 152 с.
2. Орлов В.О., Зошук А.М. Сільськогосподарське водопостачання та водовідведення: Підручник. - Рівне: УДУВГП, 2002. – 203 с.
3. Орлов В.О., Зошук А.М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання. - Рівне: НУВГП, 2005. – 252 с.
4. СНиП 2.04.02–84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
5. Ткачук О.А., Шадура В.О. Водопровідні мережі. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2004. – 117с.
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
7. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Бастет», 2008. – 352 с.
8. <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/EPANET>
10. <http://www.superhimik.com/forum-f184/tema-t4745.htm>
11. http://forum.abok.ru/index.php?showtopic=47466&mode=linear_plus
12. <http://www.akvatek.ru/index.php?page=products&pid=100063>
13. <http://www.forum.softweb.ru/showthread.php?t=13331>