

УДК 628.218

Росініський В. М., к.т.н., ст. викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПРОГНОЗ РОБОТИ КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ ОНОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТРУБ

У статті приведено комплексний аналіз гідравлічної роботи розрахункової каналізаційної мережі з врахуванням санації її трубопроводів з різних матеріалів. Наведено показники у випадках гідравлічного розрахунку мережі за таблицями гідравлічного розрахунку мережі каналізації, динамічного моделювання роботи мережі програмними засобами.

Ключові слова: каналізація, мережа, розрахунок, швидкість, наповнення.

Гідравлічний розрахунок мереж каналізації полягає в підборі діаметрів труб, визначені швидкості руху стічних вод, наповнення, уклонів трубопроводів. Вибір матеріалу труб та їх форми для ділянок каналізаційної мережі диктується геологічними умовами в районі каналізування, характером і ступенем надходження стічних вод, техніко-економічним обґрунтуванням. З розвитком інформаційних технологій увага вчених направлена, в основному, на оцінку роботи, за допомогою програмних комплексів, водопровідних мереж при реновації їх трубопроводів [1]. Зношеність мереж каналізації в Україні сягає 30%. Поступова заміна ділянок каналізаційної мережі трубами із різних матеріалів відображається на зміні гідравлічних характеристик роботи ділянок та каналізаційної мережі в цілому.

Фундаментальні дослідження принципів, методів розрахунку та проектування мереж каналізації належать О.О. Карпінському, Н.Ф. Федорову, С.В. Яковлеву, А.Д. Альтшулю, О.О. Лукіних, Н.О. Лукіних, А.Я. Найманову, А.А. Наймановій та ін. [2, 4, 5].

Зміна матеріалу труб каналізаційної мережі призводить до зміни шорсткості внутрішньої поверхні ділянок мережі. Зміна шорсткості та пошкодження внутрішньої поверхні труб впливає на гідравлічні параметри роботи каналізаційної мережі: збільшення (зменшення) швидкості потоку стічних вод, зменшення (збільшення) наповнення води в трубах, порушення «правила швидкостей» та можливого підпору води на суміжних ділянках мережі.

Мета статті полягає в оцінці зміни гідравлічних параметрів роботи

каналізаційних мереж при санації їх трубопроводів із різних матеріалів за допомогою обчислень по таблицях для гідравлічного розрахунку та динамічного моделювання роботи мережі сучасними програмними засобами.

За базову модель при гідравлічному розрахунку каналізаційних мереж прийнято брати рівняння акад. М. М. Павловського із значеннями коефіцієнта шорсткості внутрішньої поверхні безнапірних трубопроводів 0,014 [4]. Коефіцієнт опору тертя по довжині можна виразити формулою Маннінга

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (1)$$

де C – коефіцієнт Шезі, $m^{0.5}/c$; R – гідравлічний радіус, m ; n – коефіцієнт шорсткості внутрішньої поверхні безнапірних трубопроводів.

Коефіцієнт шорсткості внутрішньої поверхні приймає значення 0,009-0,030 залежно від матеріалу труб [6]. Враховуючи можливий вибір матеріалу труб, ціною 1 п. м. труби (рис. 1), для безтраншейної та траншейної санації ділянок каналізаційної мережі, експеримент з оцінки зміни гідравлічних параметрів мережі проводили для розрахункового випадку (рис. 2, табл. 1, табл. 2). З'єднання труб в колодязях розрахункової каналізаційної мережі вели по шелигах. Обчислення за таблицями гідравлічних розрахунків каналізаційних мереж [3, 4] здійснювали з поправочними коефіцієнтами на матеріал труб. Динамічне моделювання роботи розрахункової каналізаційної мережі проводили в спеціалізованому прикладному комплексі SewerGEMS [8].

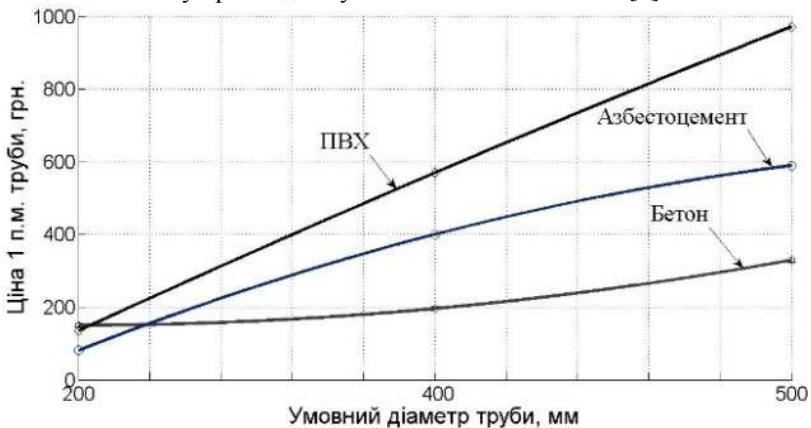


Рис. 1. Ціна 1 п. м. безнапірних труб каналізації

Трасування каналізаційної мережі для розрахункового району ка-

налізування проводили по пониженим граням кварталів (рис. 2).

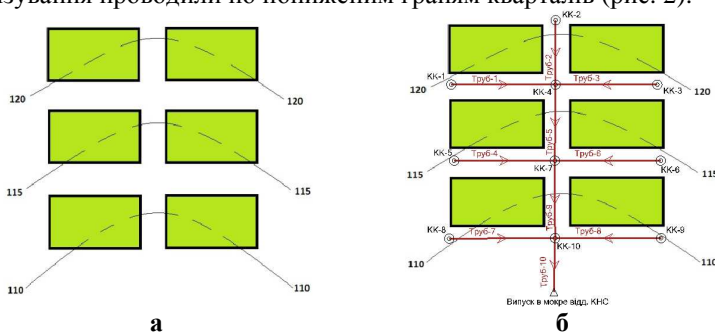


Рис. 2. Ситуаційний план району каналізування і протрасована каналізаційна мережа

Експеримент був проведений для розрахункових значень побутових стічних вод (табл. 1), без врахування інфільтрації та дощового стоку, та для конструктивних параметрів розрахункової каналізаційної мережі, всі ділянки якої потребують санації (табл. 2).

Таблиця 1

Попутна витрата ділянки мережі віднесена до
розрахункового колодязя

№ колодязя	КК-1	КК-2	КК-3	КК-4	КК-5	КК-6	КК-7	КК-8	КК-9	КК-10
Попутна витрата побутових стічних вод, л/с	15	15	15	30	15	15	30	15	15	0

Таблиця 2

Конструктивні характеристики ділянок розрахункової каналізаційної мережі

Позначення	Початок ділянки	Відмітка лотка на початку ділянки, м	Кінець ділянки	Відмітка лотка на кінці ділянки, м	Розрахункова довжина, м	Уклон	Умовний діаметр труби, мм
Труб-1	КК-1	120	КК-4	115,5	209,2	0,022	300
Труб-2	КК-2	117	КК-4	115,5	129,7	0,012	300
Труб-3	КК-3	117	КК-4	115,2	204,1	0,009	300
Труб-4	КК-5	113	КК-7	111	202,1	0,01	300
Труб-5	КК-4	115,2	КК-7	111	152,9	0,027	500
Труб-6	КК-6	112	КК-7	111	212,3	0,005	300
Труб-7	КК-8	108	КК-10	105	212,3	0,014	500
Труб-8	КК-9	108	КК-10	105	212,7	0,014	500

продовження табл. 1

Труб-9	КК-7	111	КК-10	105	156	0,038	500
Труб-10	КК-10	105	Випуск в мокре відділ. КНС	103,5	132,6	0,011	500

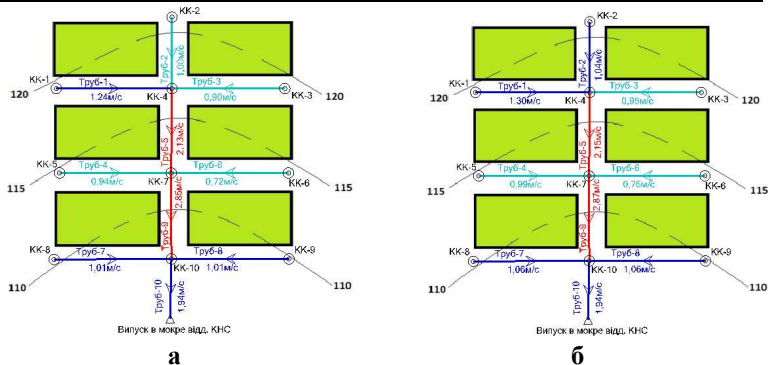


Рис. 3. Топологія каналізаційної мережі з результатами гідравлічного розрахунку (швидкості руху стічних вод):

а – динамічне моделювання роботи мережі програмними засобами SewerGEMS; **б** – за таблицями для гідравлічного розрахунку мереж каналізації

В результаті динамічного моделювання роботи каналізаційної мережі (рис. 3 та рис. 4) в прикладному комплексі SewerGEMS встановлено, що завантаженими ділянками, по швидкості руху стічних вод більше 2 м/с, в розрахунковому випадку є Труб-5 та Труб-9. Для розрахункових витрат стічних вод (табл. 1) наповнення в трубопроводах каналізаційної мережі не перевищує 50%.

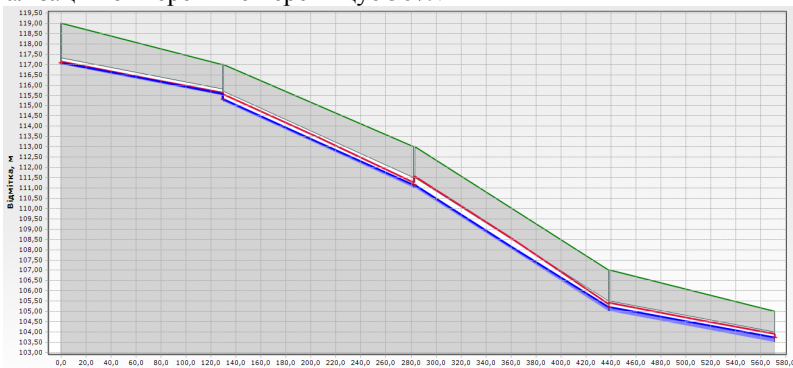


Рис. 4. Профіль по ділянці каналізаційної мережі «КК2 – Випуск в мокре відділення КНС»

Зміна матеріалу труб ділянок мережі призводить до зміни швидкості руху стічних вод. Так, зміна матеріалу труб на ділянці Труб-9 з залізобетону на азбестоцемент призводить до збільшення швидкості руху стічних вод з 2,85 до 3,21 м/с (рис. 5). Зміна матеріалу труб на ділянці Труб-9 з азбестоцементу на ПВХ призводить до збільшення швидкості руху стічних вод з 3,21 до 3,44 м/с (рис. 5). Факт зміни швидкості руху стічних вод на ділянках мережі після санації труб різними матеріалами необхідно враховувати на етапах проектування і прийняття рішень із санації труб каналізаційної мережі. Для випадків санації труб початкових ділянок каналізаційної мережі факт можливої зміни швидкості руху стічних вод на ділянках мережі після санації може призвести до порушення правила швидкостей із суміжними ділянками, і як результат, до підпору води в лотках каналізаційних колодязів.

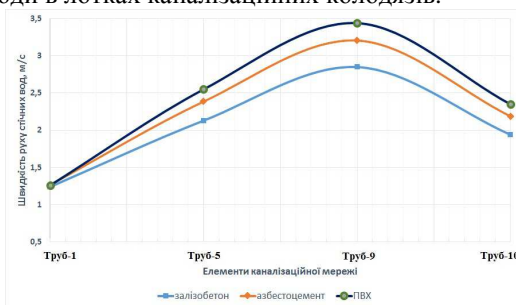


Рис. 5. Швидкість руху стічних вод на ділянках каналізаційної мережі «КК1 – Випуск в мокре відділення КНС» в результаті динамічного моделювання

Зміна матеріалу труб ділянок мережі призводить також і до зміни наповнення в трубах. Так, зміна матеріалу труб на ділянці Труби-9 з залізобетону на азбестоцемент призводить до зменшення середнього наповнення трубопроводу з 29% до 26,6% (рис. 6). Зміна матеріалу труб на ділянці Труби-9 з азбестоцементу на ПВХ призводить до зменшення середнього наповнення трубопроводу з 26,6% до 25,4% (рис. 6). На етапах підготовки проектної документації із санації труб для ділянок каналізаційної мережі, в яких наповнення в трубах перевищує гранично допустимі значення, слід врахувати факт зміни наповнення при зміні матеріалу труб.

Поруч із динамічним моделюванням в прикладному програмному комплексі SewerGEMS, експеримент з оцінки зміни гідравлічних параметрів роботи розрахункової каналізаційної мережі провадили обчисленням за таблицями для гідравлічного розрахунку мереж каналізації. В результаті обчислень за таблицями гідравлічного розрахунку із поп-

равочними коефіцієнтами Маннінга для шорсткості внутрішньої поверхні безнапірних трубопроводів підтверджено загальний характер впливу матеріалу труб в ряду «залізобетон – азбестоцемент – ПВХ» на зміну швидкості руху стічних вод в трубах мережі.

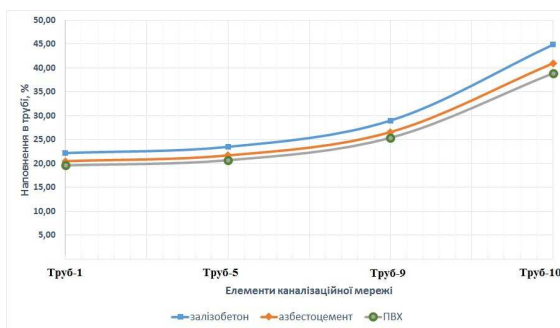


Рис. 6. Наповнення труб на ділянках каналізаційної мережі «КК1 – Випуск в мокре відділення КНС» в результаті динамічного моделювання

Зміна матеріалу труб на ділянці Труб-9 з залізобетону на азбестоцемент призводить до збільшення швидкості руху стічних вод з 2,87 до 3,23 м/с (рис. 7). Зміна матеріалу труб на ділянці Труб-9 з азбестоцементу на ПВХ призводить до збільшення швидкості руху стічних вод з 3,23 до 3,46 м/с (рис. 7), що узгоджується із результатами динамічного моделювання роботи мережі програмними засобами.

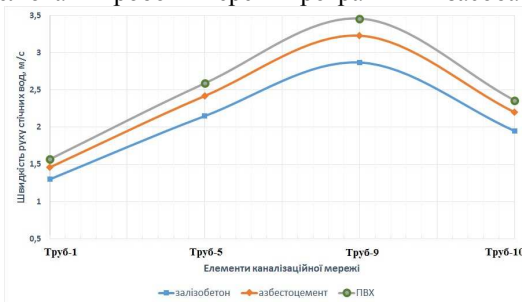


Рис. 7. Швидкість руху стічних вод на ділянках каналізаційної мережі «КК1 – Випуск в мокре відділення КНС» при обчисленні за таблицями для гідравлічного розрахунку

За результатами комплексного аналізу зміни гідравлічних характеристик роботи розрахункової мережі при санації її труб із різних матеріалів обчисленнями за таблицями для гідравлічних розрахунків мереж каналізації та динамічним моделюванням програмними засобами

SewerGEMS встановлено розбіжності в середніх наповненнях на ділянках мережі (рис. 8).

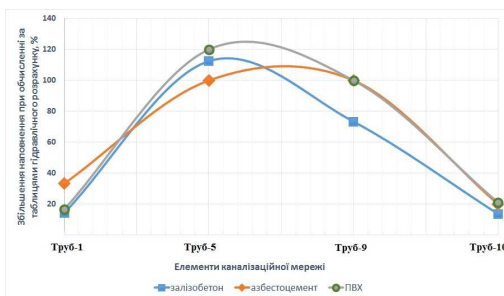


Рис. 8. Збільшення наповнення труб при обчисленні за таблицями для гідралічного розрахунку відносно результатів динамічного моделювання

Розбіжність в значеннях середніх наповнень для різних методів гідралічного розрахунку мережі пояснюється тим, що у випадку обчислень за таблицями гідралічного розрахунку для фіксованого уклону трубопроводу, розрахункової витрати визначається усереднена швидкість руху стічних вод і наповнення, яке є сталим по всій довжині розрахункового трубопроводу, а при динамічному моделюванні програмними засобами SewerGEMS наповнення від початку до кінця ділянки поступово зростає, що відображає реальний характер руху стічної води в трубах каналізаційної мережі.

В результаті проведених експериментів з оцінки зміни гідралічних параметрів роботи розрахункової каналізаційної мережі враховуючи санацію її трубопроводів із різних матеріалів встановлено характер зміни швидкості руху стічної води та наповнення на ділянках мережі після санації в ряду матеріалів «залізобетон – азбестоцемент – ПВХ». Отриманий загальний характер зміни гідралічних параметрів роботи каналізаційних мереж при санації її трубопроводів із різних матеріалів може бути використаний на етапах розробки проектної документації по санації ділянок із перевищеними наповненнями, швидкостями меншими за самоочисні. Зміна швидкості руху стічних вод на ділянках каналізаційної мережі після санації труб із різних матеріалів потребує обов'язкового контролю за «правилом швидкостей» із суміжними ділянками мережі для уникнення підпору води в лотковій частині каналізаційних колодязів.

1. Орлов В. А. Анализ автоматизированных программ расчета водопроводных сетей в целях гидравлического моделирования при реновации трубопроводов / Орлов В. А., Аверкеев И. А. // Вестник МГСУ. – 2013. – № 3. – С. 237–243.
2. Курганов А. М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения [Текст] : справочник / А. М. Курганов, Н. Ф. Федоров; под ред. А. М. Курганова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Ленинград : Стройиздат, 1986. – 440 с.
3. ДБН В.2.5 – 75: 2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування". – К. : Мінрегіонбуд, 2013. – 210 с.
4. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского / Лукиных А. А., Лукиных Н. А. – Изд. 4-е, доп. – М. : Стройиздат, 1974. – 156 с.
5. Канализация. Учебник для вузов / Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков А. И., Колобанов С. К. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1975. – 632 с.
6. Z. Satterfield. Fundamentals of Hydraulics: Flow // Tech Brief, Spring/Summer 2010, Vol. 10, Issue 1.
7. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 "Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб". – К. : Мінрегіонбуд, 2010. – 44 с.
8. Россинский В. М. Оцінка гідравлічних параметрів каналізаційних мереж при санації їх труб з різних матеріалів / В. М. Россинський // Міжнародна науково-практична конференція "Вода і довкілля" XI Міжнародного водного форуму «Aqua Ukraine – 2013» (5-6 листопада, 2013 р., м. Київ) : Збірка доповідей (електронний варіант на CD). – С. 75–76.

Рецензент: д.т.н., проф. Ковальчук В. А. (НУВГП)

Rossinskyi V. M., Candidate of Engineering, Senior Lecturer (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

WORK PROGNOSIS OF SEWER NETWORK WITH UPDATED PIPE MATERIAL

Comprehensive analysis of hydraulic calculation of sewer network with sanitation of pipes of different materials is provided in the article. The data in cases of calculation with the tables for network hydraulic computation of the sewerage network and dynamic modeling of the sewerage network with specialized software are presented.

Keywords: sewerage, network, computation, velocity, depth.

Россинский В. Н., к.т.н., ст. преподаватель (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ПРОГНОЗ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ОБНОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА ТРУБ

В статье приводится комплексный анализ гидравлической работы расчетной канализационной сети с учетом санации ее трубопроводов разными материалами. Отображены показатели в случаях расчета сети по таблицам гидравлического расчета сетей канализации, динамического моделирования работы сети программными средствами.

***Ключевые слова:* канализация, сеть, расчет, скорость, наполнение.**
