

В.В. Гранкіна, О.М. Малявіна, В.А. Міланко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТИ ПОШКОДЖЕНЬ ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Дана стаття присвячена підвищенню ефективності планування розходу матеріально-технічних і трудових ресурсів та доцільного їх планування щодо опалювального і не опалювального періодів, по місяцях року на основі розрахунку прогнозного кількості пошкоджень трубопроводів теплової мережі, виходячи з отриманих розрахункових залежностей параметра потоку відмов. Дане завдання є сучасним та актуальним особливо в умовах обмеженого фінансування інженерних систем. Мета роботи – визначення розподілу пошкоджуваності трубопроводів теплової мережі за місяцями. Метод дослідження – статистичне моделювання пошкоджень трубопроводів теплової мережі за місяцями року для різного строку їх експлуатації.

Ключові слова: теплопостачання, теплові мережі, пошкодження теплопроводів, частота пошкоджень, надійність.

Постановка проблеми

В даний час надійна робота систем централізованого теплопостачання та їх теплових мереж є одним з основних факторів життєзабезпечення населених пунктів. Надійність трубопроводів теплових мереж визначається показниками надійності, отриманими на основі даних за пошкоджуваності теплопроводів.

Вивчення розподіл кількості пошкоджень трубопроводів теплової мережі по місяцях в залежності від терміну експлуатації теплопроводів необхідно для ефективного планування матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Для теплових мереж характерні різні умови експлуатації, нерівномірність споживання теплової енергії, різні можливості при проведенні ремонтних робіт.

Надійність трубопроводів визначається показниками надійності: параметром потоку відмов, часом напрацювання на відмову, ймовірністю безвідмовної роботи. Зазначені показники в основному приведені в річному обчисленні.

Однак, з метою підвищення ефективності планування матеріально-технічних і трудових ресурсів, доцільно розраховувати кількість пошкоджень щодо опалювального і неопалюваного періодів, за місяцями року, за декад. При цьому розраховані залежності розподілу пошкоджень трубопроводів теплових мереж за опалювальний і неопалювальний періоди помісячно, подекадно повинні враховувати термін експлуатації трубопроводів.

Результати зазначених вище досліджень дозволять заощадити матеріально-технічні, трудові та енергетичні ресурси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз надійності роботи трубопроводів теплових мереж залежно від строку їх експлуатації є найважливішим техніко-економічним завданням, що дозволяє оцінити надійність теплових мереж.

В свою чергу, підвищення ефективності планування розходу матеріально-технічних і трудових ресурсів вимагає вивчення частоти пошкоджень трубопроводів в опалювальному і не опалювальному періодах за місяцями року.

Аналіз надійності роботи трубопроводів теплових мереж та підвищення їх експлуатаційної надійності наведено в роботах [1–3].

В якості показників надійності ремонтованих трубопроводів теплових мереж в основному використовуються: параметр потоку відмов [2], час напрацювання на відмову, ймовірність безвідмовної роботи [1].

При дослідженні залежності ймовірності відмови трубопроводу від строку служби на основі комп'ютерної програми встановлено, що зі збільшенням строку експлуатації трубопроводу кількість пошкоджень збільшується, при цьому максимальна ймовірність відмови доводиться на 15–20 років експлуатації, а ймовірність відмови становить 0,625, стандартне відхилення 8,34 і середній термін служби трубопроводу 18,75 років [4].

За результатами досліджень теплових мереж Росії на початок 2003 р. протяжністю 180280 тис. км в двотрубному виконанні встановлено, що кількість

пошкоджень з 80-х років збільшилася до 2003 р. від 0,1–0,2 до 3 на 1 км в рік, що свідчить про збільшення кількості питомих пошкоджень із збільшенням строку експлуатації [5].

При дослідженні Саратовських теплових мереж загальною протяжністю 183 км з ізоляцією з мінеральної вати встановлено, що величина параметра потоку відмов залежить від віку трубопроводу. Чим довше трубопровід знаходиться в експлуатації, тим вище ризик аварії на ньому. При цьому величини параметра потоку відмов, віднесені до середнім віком теплопроводу, розбитого на групи: від 0 до 9 років, від 10 до 19 років, від 20 до 30 років [2].

Кількісна залежність критеріїв надійності від терміну експлуатації теплових мереж приведена в роботах [1–2, 4, 6–8].

В роботі [9] встановлена залежність параметра потоку відмов, часу напрацювання на відмову і ймовірності безвідмовної роботи ремонтіваних трубопроводів теплових мереж від терміну їх експлуатації, що включає три періоди: збільшення параметра потоку відмов трубопроводів за рахунок збільшення впливу що руйнують чинників, особливо в зонах підвищеної корозійної активності; зменшення параметра потоку відмов при капітальному ремонті найбільш, які руйнувалися, ділянок трубопроводів; збільшення параметра потоку відмов за рахунок швидкого зменшення товщини стінок труб при їх корозії і зростаючий при цьому вплив тиску теплоносія.

При цьому дано пояснення і отримані статистичні залежності критеріїв надійності трубопроводів теплових мереж від терміну їх експлуатації.

Дані з дослідження частоти пошкоджень трубопроводів теплових мереж протягом року для різних строків їх експлуатації в літературі відсутні.

Висновки:

1. Більшість досліджень пошкоджуваності трубопроводів теплових мереж проводилися за незначний період експлуатації і не містять аналітичних залежностей показників надійності теплопроводів.
2. Статистична модель залежності параметра потоку відмов, ймовірності безвідмовної роботи, часу напрацювання на відмову для трубопроводів теплових мереж залежно від строку їх служби не містить можливості визначення зазначених показників надійності щодо опалювального і не опалювального періодами, помісячно, щодекади.
3. В літературі неконкретизовані та неповні дані про розподіл пошкоджуваності трубопроводів теплових мереж щодо опалювального і не опалювального періодами, за місяцями року.

Мета та завдання дослідження

Мета дослідження – визначення розподілу пошкоджуваності трубопроводів теплової мережі за місяцями.

Метод дослідження – статистичне моделювання пошкоджень трубопроводів теплової мережі за місяцями року для різного строку їх експлуатації.

Об'єкт дослідження – система централізованого теплопостачання.

Предмет дослідження – трубопроводи теплових мереж.

Завдання дослідження:

1. Досліджувати розподіл пошкоджень трубопроводів теплових мереж виходячи з даних про пошкоджуваності за кілька років (2003–2007 рр.) для трубопроводів різного терміну служби (15–40 років) для опалювального та неопалювального періодів, помісячно.
2. Розробити модель розподілу частки середнього значення параметра потоку відмов трубопроводів теплової мережі для вказаних вище умов.
3. Виходячи, з отриманої раніше, статистичної моделі залежності параметра потоку відмов трубопроводів теплових мереж від строку експлуатації, а також часу напрацювання на відмову і ймовірності безвідмовної роботи, використовуючи модель розподілу частки середнього річного значенням параметра потоку відмов отримати залежності розподілу показників надійності за опалювальний, неопалювальний періоди, за місяці року для трубопроводів, що мають різний термін експлуатації.

Виклад основного матеріалу

Для м. Харкова характерна закрита система централізованого теплопостачання. Магістральні теплові мережі двотрубні, внутрішньоквартальні – чотирьохтрубні. В якості трубопроводів теплової мережі зазвичай використовуються безшовні (діаметр 32 426 мм) і електрозварні (діаметр понад 425 мм) трубопроводи зі сталі марки Ст2сп, Ст3сп, 15ГС, 16ГС.

В основному сталеві теплопроводи прокладені окремо. Тип прокладки підземний, в непрохідних каналах. Окремі, особливо відповідальні ділянки теплової мережі прокладені в прохідних каналах; зустрічаються також ділянки з надземними трубопроводами. Застосування цих способів прокладання не є типовим, так як у першому випадку велика вартість прокладки, а другий складно застосуємо виходячи з архітектурних міркувань. Досить поширений метод прокладки трубопроводів за технічне підпілля і "зчіпка" між будівлями.

Основним недоліком прокладки трубопроводів у непрохідних каналах є незахищеність їх від проникнення ґрунтової та іншої води, яка призводить до значних втрат теплової енергії, пошкодження теплових мереж і відключення споживачів. В якості теплоізоляції найчастіше зустрічається мінеральна вата і шлаковата.

Аварійні ситуації, що виникли на розподільних трубопроводах районів внаслідок їх пошкодження, фіксуються порівняно недавно. Доступні дані за період з 2003 по 2009 рр.

Пошкодження сталевих трубопроводів можуть бути чотирьох видів: руйнування стінок труб, зварних поперечних швів у стикових з'єднаннях, заводського поздовжнього шва і пошкодження компенсуючих пристроїв та обладнання. Руйнування стінок труб є найчастішим видом порушення міцності трубопроводів, причому в першій стадії руйнується метал стінок труб в процесі зовнішньої корозії, а в другій відбувається розрив силовими впливами ослабленого перерізу.

Найбільш поширеною причиною пошкоджуваності теплових мереж є корозія трубопроводів.

Основною причиною руйнування стиків є недостатньо якісна зварювання і наявність великих сумарних напруг, що виникають в поперечних перетинах трубопроводів від осьових сил і кривини моментів. При безканальної прокладання трубопроводів що руйнують напруги в стиках можуть виникати від дії осьових сил тертя, що з'являються при температурних переміщеннях теплопроводів в ґрунті, і від кривини моментів за осідання підстави.

В трубопроводах, прокладених в каналах, можуть виникати значні осьові сили при сходженні ковзають опор з опорних плит, а згинаючі моменти - при посадці конструкції каналу і спирання перекриття на труби з передачею на них незначною вертикальної навантаження.

Поздовжній шов труб руйнується головним чином через дефекти заводської зварювання, що часто виявляється при гідравлічному випробуванні трубопроводів після монтажу. Однак причинами пошкодження поздовжнього шва можуть бути і силові впливу, невраховані проектом.

Пошкодження компенсуючих пристроїв та обладнання теплових мереж пов'язані з недосконалістю їх конструкцій, дефектами виготовлення, а також можуть викликатися корозійними факторами

і механічними впливами з боку лінійної частини трубопроводів, що характерно для безканальної прокладки.

З устаткування теплових мереж найбільш часто пошкоджуються чавунні засувки, встановлювані на трубопроводах і спускних лініях. Чавунні засувки пошкоджуються головним чином через приховані дефектів у метали. Однак відзначені випадки розриву корпусу засувок і в результаті появи великих осьових зусиль у трубопроводі при безканальної їх прокладання або при сходженні ковзають опор з залізобетонних плит при каналної прокладання.

В процесі аналізу пошкоджуваності розглядалися пошкодження теплопроводів Т1, Т2, Т3.

Т1 – який подає трубопровід системи теплопостачання;

Т2 – зворотний трубопровід системи теплопостачання;

Т3 – трубопровід системи гарячого водопостачання (СГВ).

Аналіз пошкоджуваності трубопроводів СЦТ здійснюється за величиною частоти пошкоджуваності:

$$n = 1/\text{год} \quad (1)$$

де n – кількість пошкоджень, рік,

Питомі ушкодження:

$$A=n/L,$$

де n – кількість пошкоджень трубопроводів певного виду,

L – сумарна довжина трубопроводу даного діаметру, км.

В даній роботі для розглянутої системи Немишлянської, Основ'янської та Слобідської мережі теплопроводів, довжина яких постійна, доцільно проаналізувати частоту пошкоджень за 2003–2009 рр.

В якості об'єкту досліджень обрані теплові мережі Немишлянської, Основ'янської та Слобідської філії Комунального підприємства «Харківські теплові мережі» (КП «ХТМ»).

Дані по протяжності теплових мереж зазначених філій теплових мереж (ФТМ) і середній термін експлуатації наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Протяжність і термін служби теплопроводів у філії Немишлянської, Основ'янської та Слобідської теплової мереж КП «ХТМ».

Найменування підрозділу	Довжина трубопроводів в однотрубному вимірі, м	Середній термін експлуатації на 01.10.2010р
Немишлянський ФТМ	297481	32
Основ'янський ФТМ	170024	30
Слобідський ФТМ	401472	23

Спосіб прокладки трубопроводів теплової мережі в непридатних котлах, ізоляція трубопроводів мінераловатними листами, покривний шар з руберойду.

Теплова мережа складається в основному свищ трубопроводів діаметром від 57 мм до 325 мм.

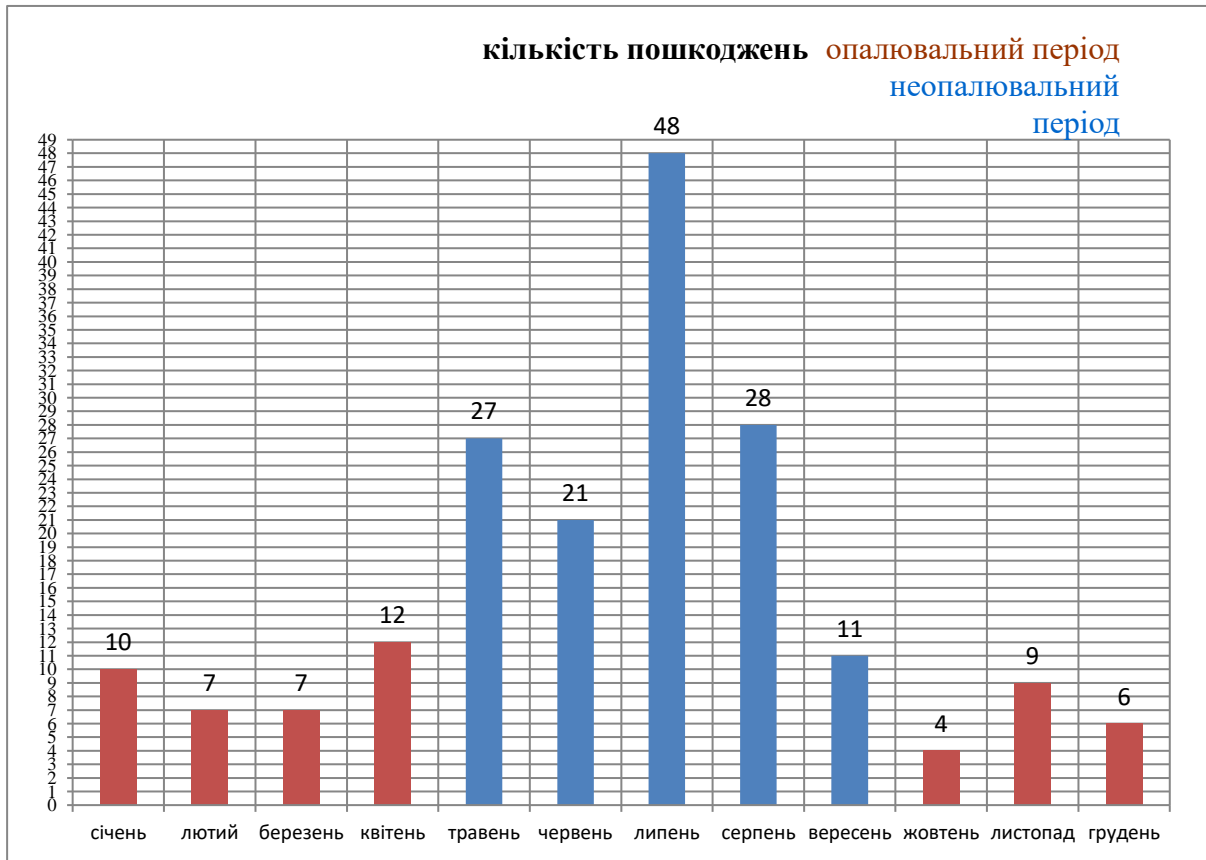
Аналіз частоти пошкоджень теплопроводів за місяцями виконаний залежно від місяця кожного року

за період 2003–2009 рр. у Немишлянському, Основ'янському та Комінтернівському ФМС КП ХТМ.

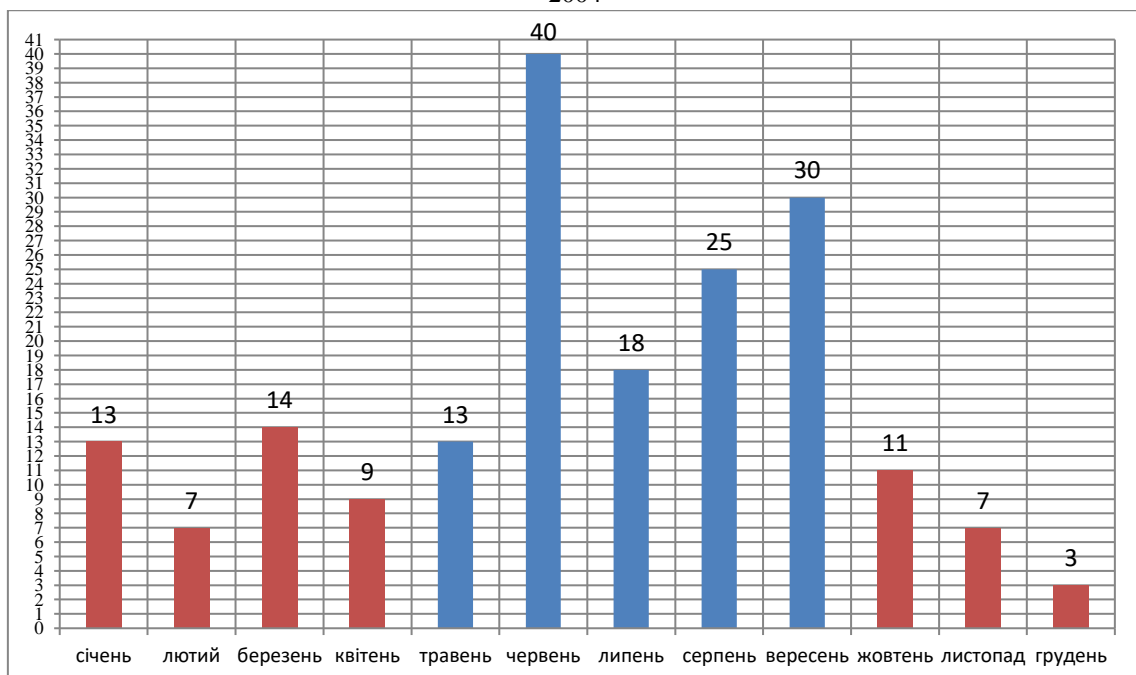
Кількість пошкоджень на теплопроводах зазначених ФМС КП ХТМ за 2003–2009 рр. залежно від місяців кожного року наведені на рисунках 1–3.

Розглянемо дані по пошкоджуваності на теплопроводах Немишлянського району.

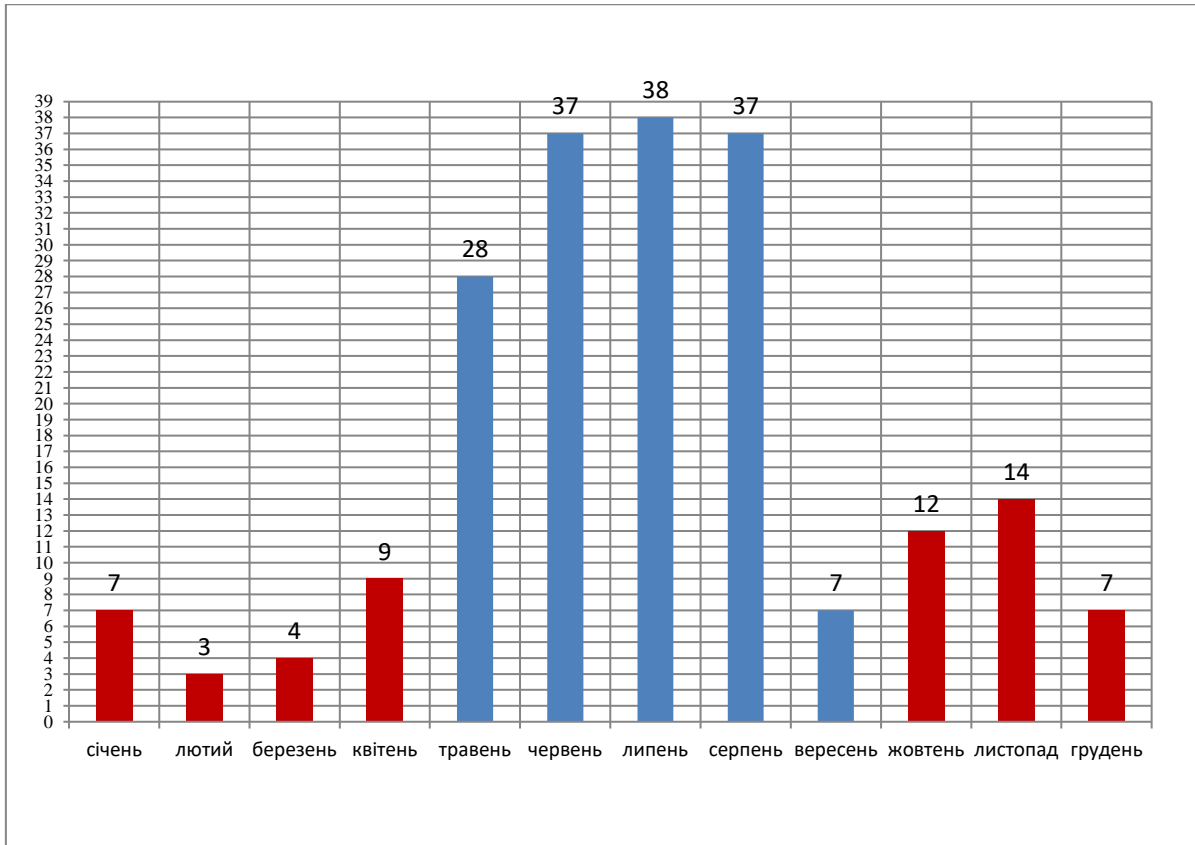
2003



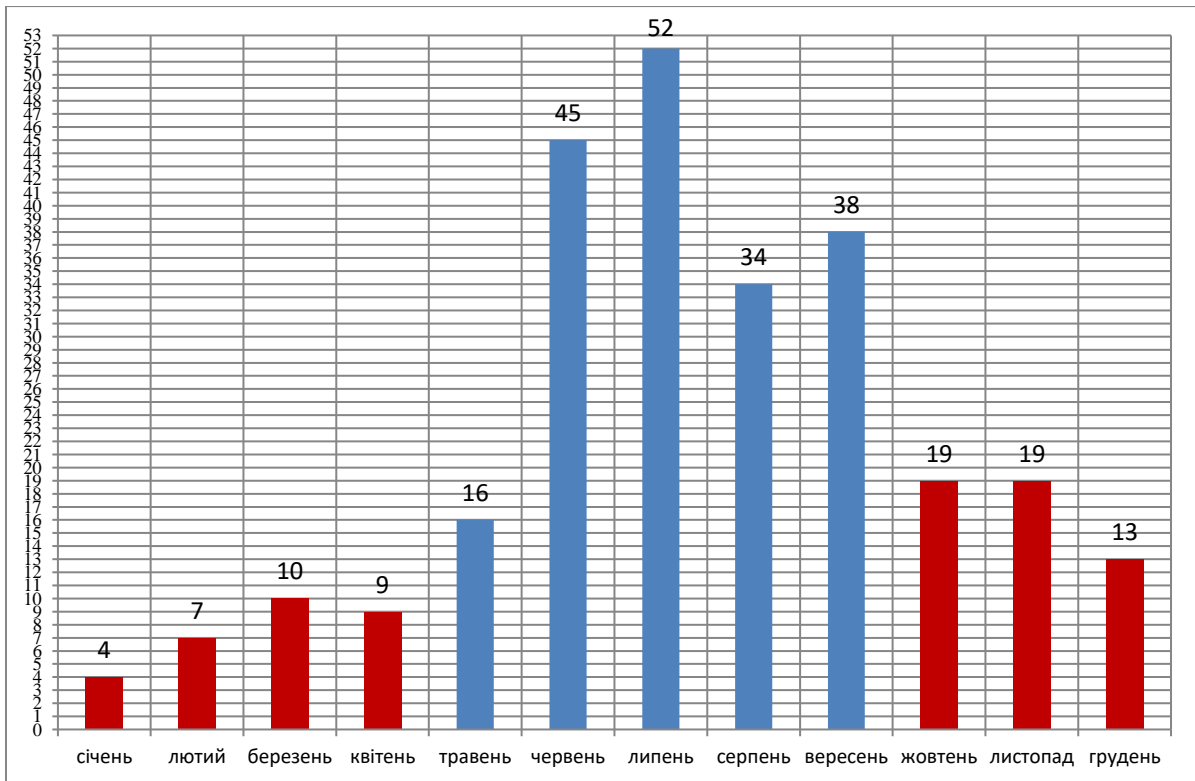
2004



2005



2006



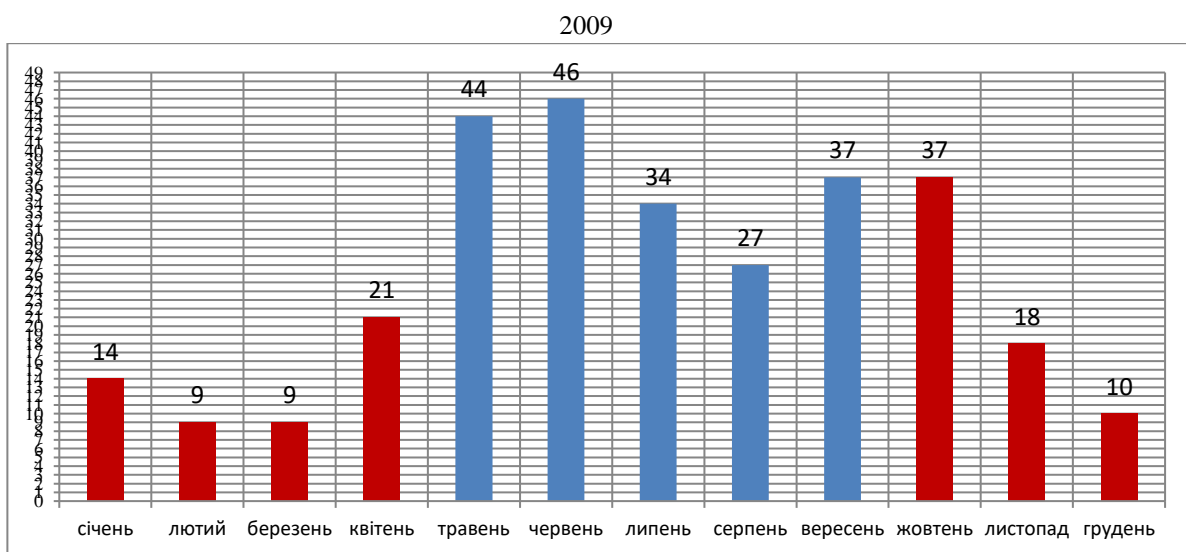
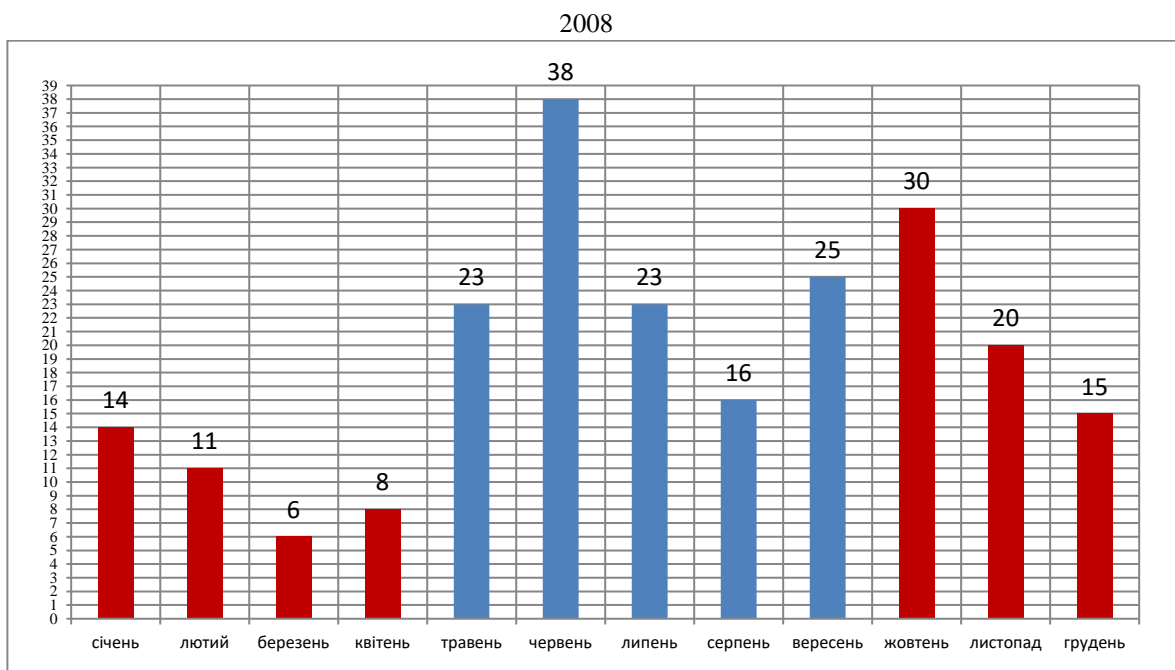
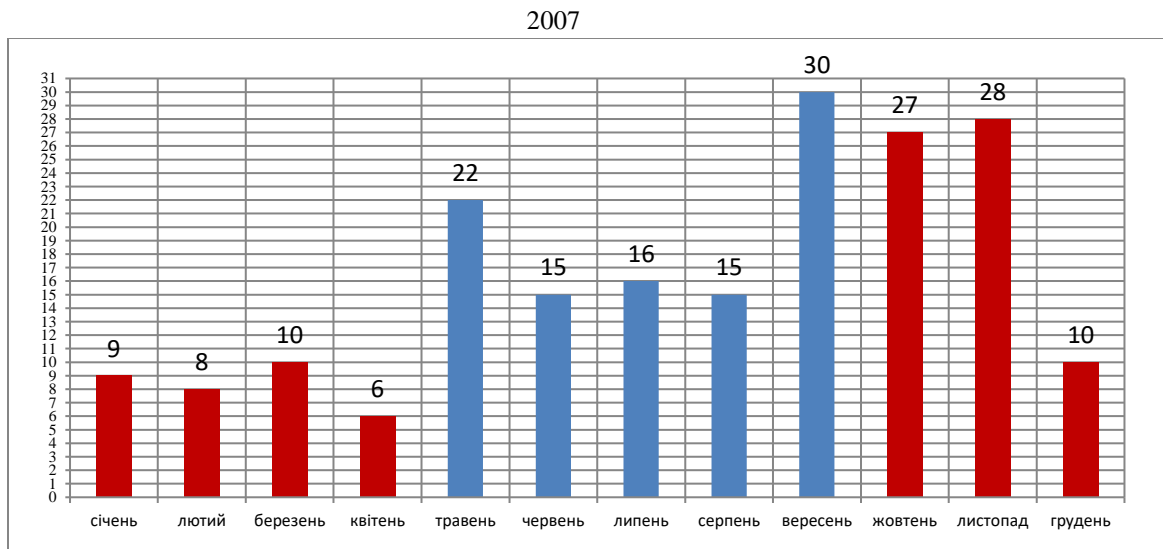


Рис. 1. Кількість пошкоджень на теплопроводах Немишлянського району за 2003–2009 рр. залежно від місяця кожного року

З рис. 1. видно, що частота пошкоджень в кожному місяці носить випадковий характер. При цьому кількість пошкоджень що відбулися за місяць опалювального та неопалювального сезону різне.

Ситуація по пошкоджуваності за місяць для опалювального та неопалювального сезонів у кожному року за вказаною ФТМ наведена в таблиці 2.

Таблиця 2.

Кількість пошкоджень теплопроводів що відбуваються за місяць для опалювального та неопалювального сезонів 2003–2009 рр. Немишлянської ФТМ

Рік	Кількість пошкоджень за місяць					
	Опалювальний сезон			Неопалювальний сезон		
	min	max	Середнє	min	max	Середнє
2003	4	12	8	11	48	30
	жовтень	квітень		вересень	липень	
2004	3	14	9	13	40	27
	грудень	березень		травень	червень	
2005	3	14	9	7	38	28
	лютий	листопад		вересень	вересень	
2006	4	19	12	16	52	34
	січень	жовтень, листопад		травень	липень	
2007	6	28	17	15	30	23
	квітень	листопад		червень, серпень	вересень	
2008	6	30	18	16	38	27
	березень	жовтень		серпень	червень	
2009	9	37	23	27	46	37
	лютий, березень	жовтень		серпень	червень	

З табл. 2 видно, що max значення ушкоджень теплопроводів за місяць в неопалювальний період становить 48, min 7, середні значення – 27,4.

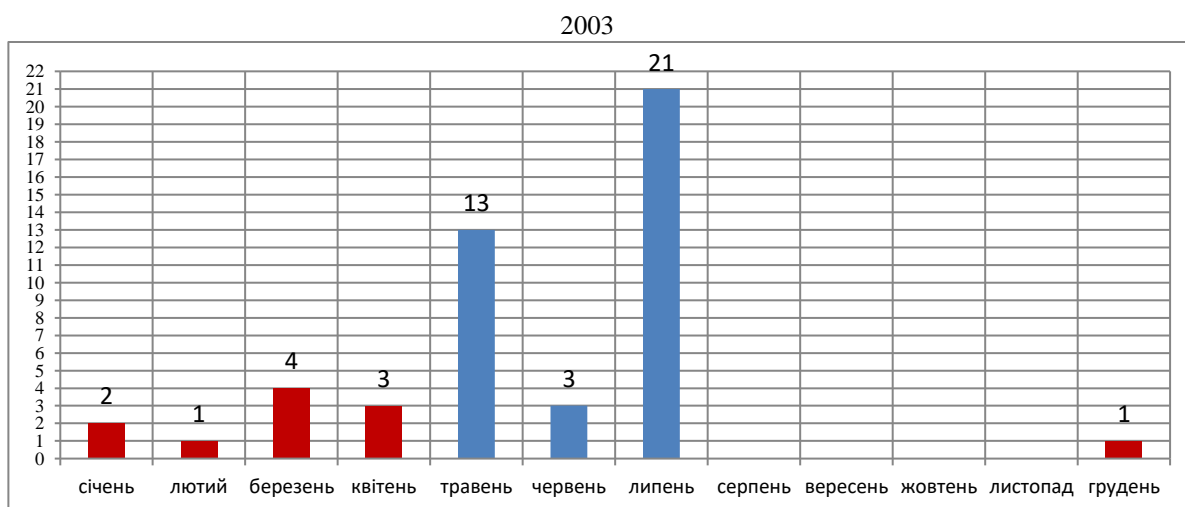
В опалювальний період max кількість пошкоджень становить 37, min 3, середнє значення – 13,7.

Таким чином середнє значення частоти пошкоджень в неопалювальний період більше аналогічного показника за опалювальний період в 2 рази.

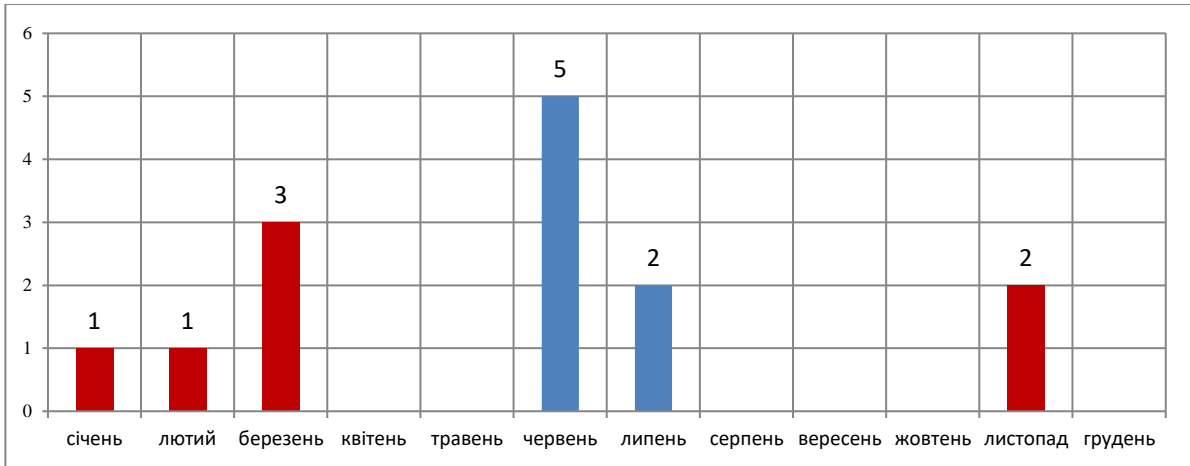
Дані по пошкоджуваності на теплопроводах Основ'янського району наведені на рис. 2.

З рис. 2 видно, що частота пошкоджень теплопроводів в кожному місяці носить випадковий характер. При цьому кількість пошкоджень, що відбулися за місяць опалювального та неопалювального сезону різне.

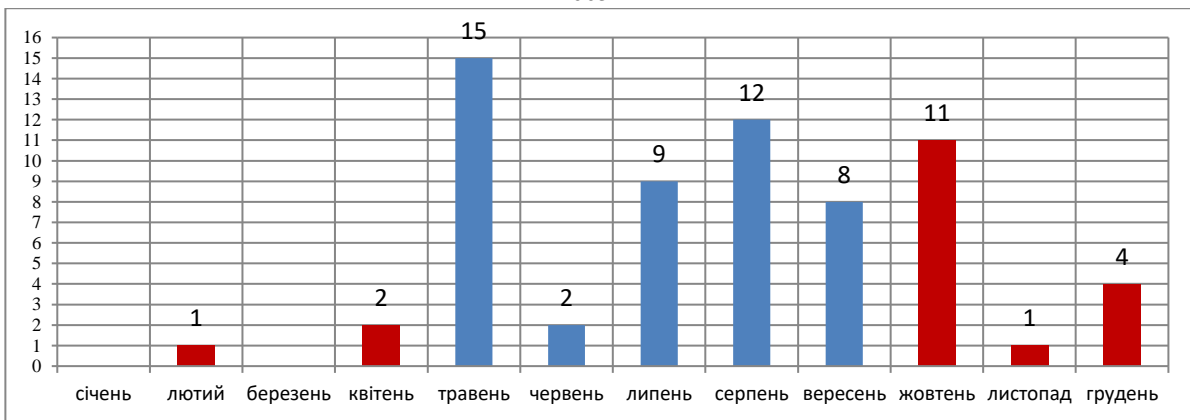
Ситуація по пошкоджуваності за місяць для опалювального та неопалювального сезонів у кожному року за вказаною ФТМ наведена в таблиці 3.



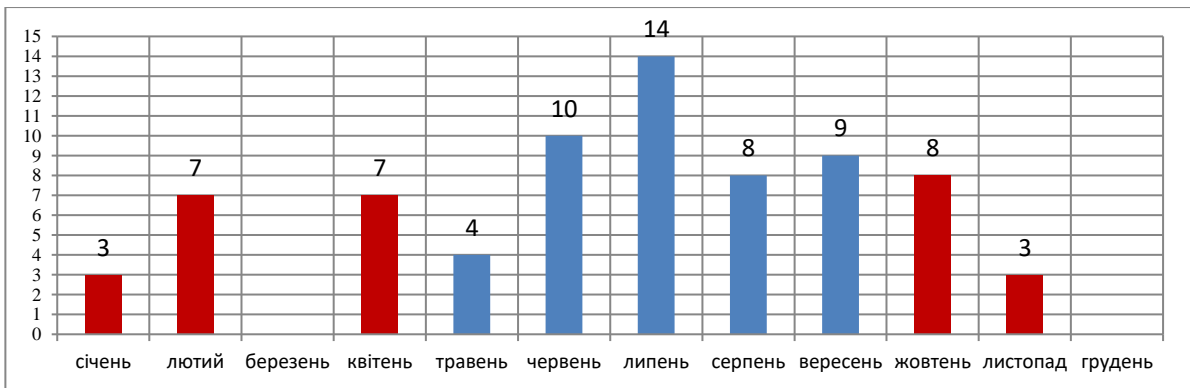
2004



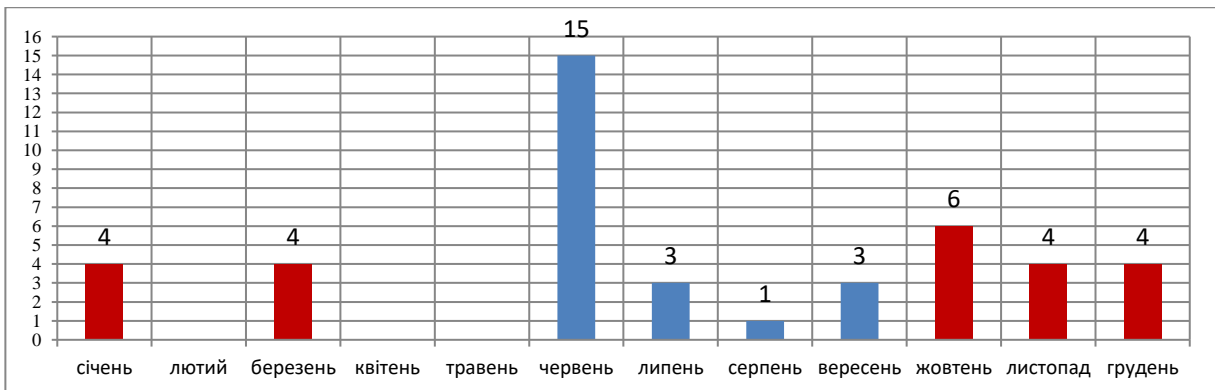
2005



2006



2007



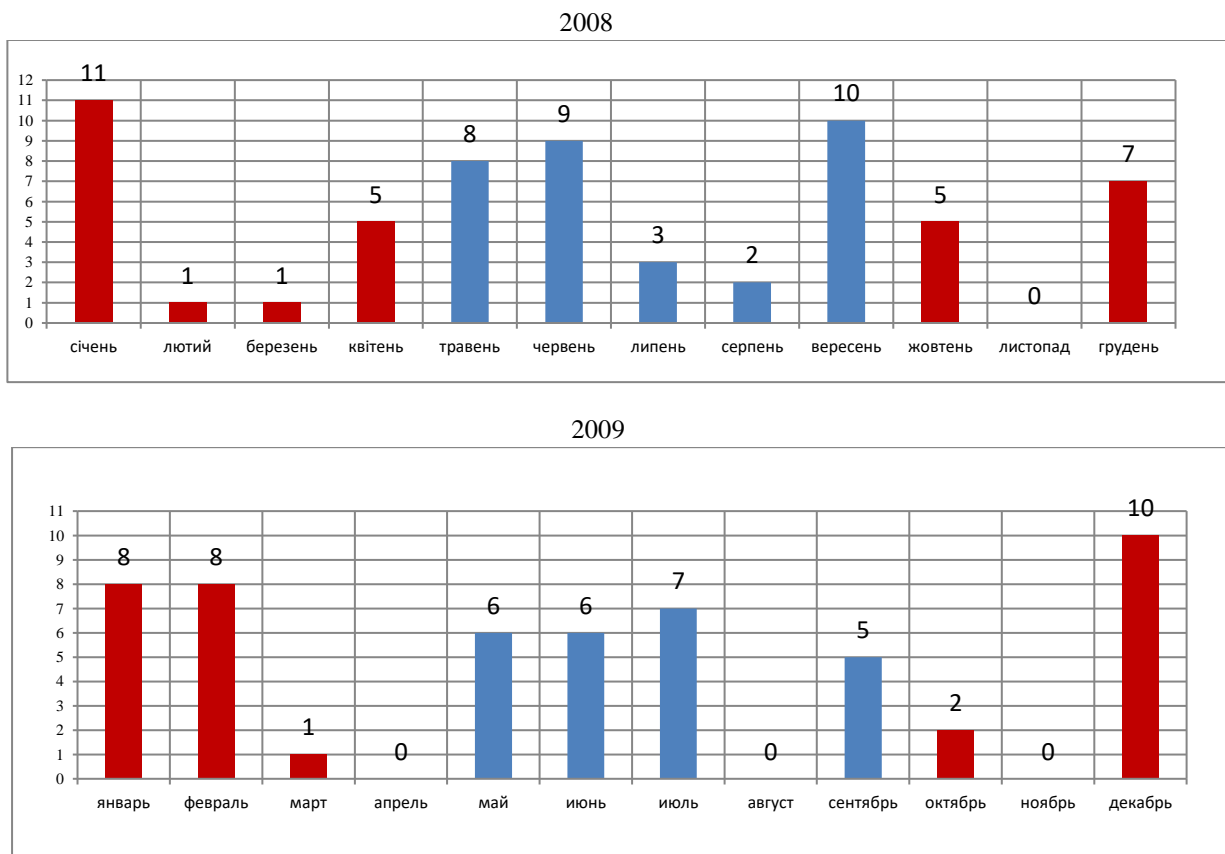


Рис. 2. Кількість пошкоджень на теплопроводах Основ'янської ФТМ за 2003–2009 рр. залежно від місяців кожного року

Таблиця 3.

Кількість пошкоджень теплопроводу що відбуваються за місяць для опалювального та неопалювального сезонів 2003–2009 рр. Основ'янської ФТМ

Рік	Кількість пошкоджень за місяць					
	Опалювальний сезон			Неопалювальний сезон		
	min	max	Середнє	min	max	Середнє
2003	-	4	2	-	21	11
	жовтень, листопад	березень		серпень, вересень	липень	
2004	-	3	2	-	5	3
	квітень, жовтень, грудень	березень		травень, серпень, вересень	червень	
2005	-	11	6	2	15	9
	січень, березнь	жовтень		червень	травень	
2006	-	8	4	4	14	9
	грудень	жовтень		травень	липень	
2007	-	6	3	-	15	8
	лютий, квітень	жовтень		травень	червень	
2008	-	11	6	2	10	6
	листопад	січень		серпень	вересень	
2009	-	10	5	-	7	4
	квітень, листопад	грудень		серпень	липень	

З табл. 3 видно, що max значення ушкоджень теплопроводу за місяць в неопалювальний період становить 15, min 2, середні значення 7,2.

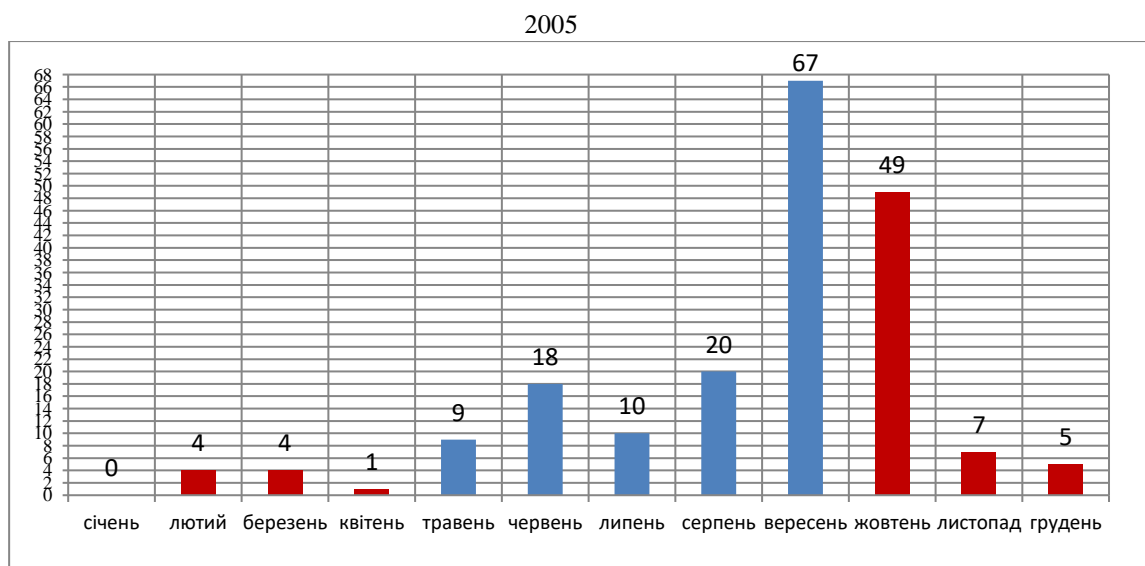
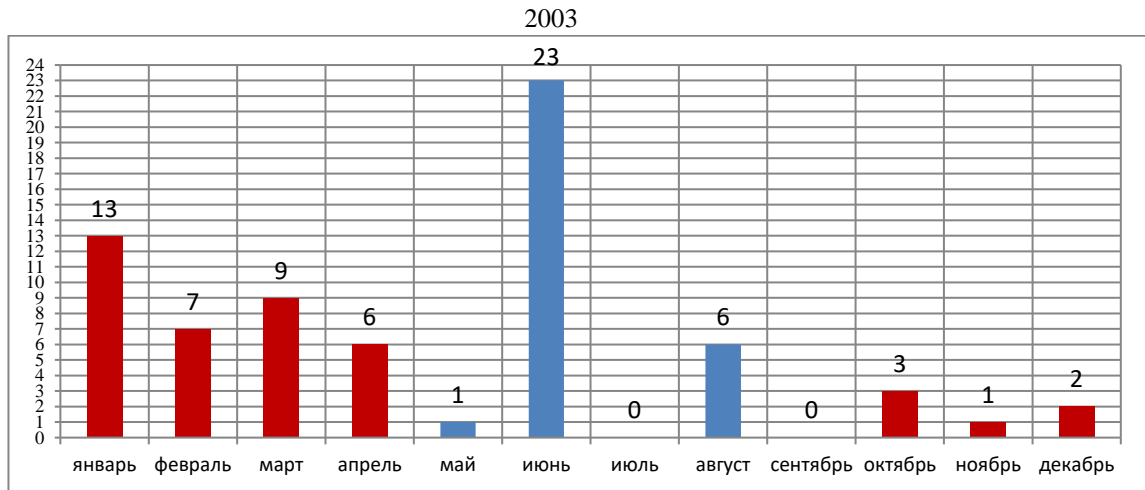
В опалювальний період max кількість пошкоджень теплопроводів становить 11, min 0 (немає), середнє значень 4.

Таким чином середнє значення частоти пошкоджень теплопроводів в неопалювальний період більше аналогічного показника за опалювальний період в 1,8 рази.

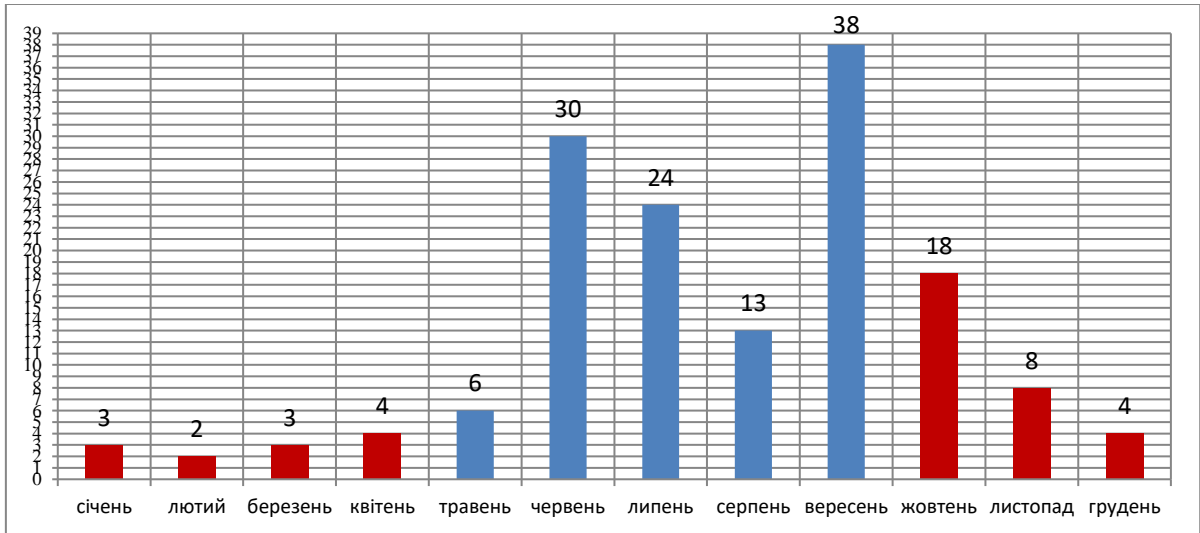
Дані по пошкоджуваності на теплопроводах Слобідського району наведені на рис.3.

Із рис. 3 видно, що частота пошкоджень теплопроводів в кожному місяці носить випадковий характер. При цьому кількість, пошкоджень що відбулися за місяць опалювального та неопалювального сезону різне.

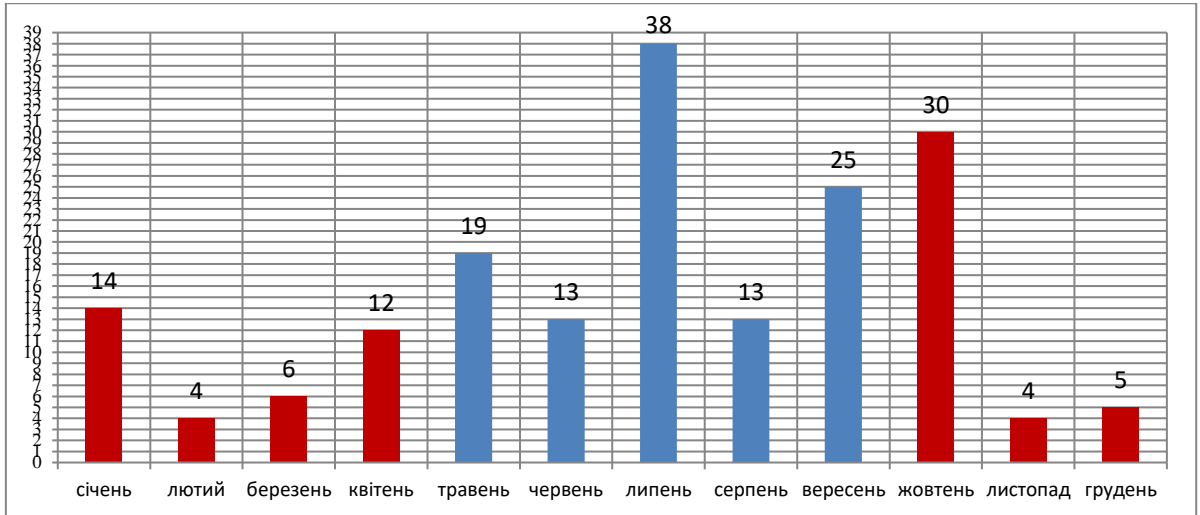
Ситуація по пошкоджуваності за місяць для опалювального та неопалювального сезонів у кожному року за вказаною ФТМ наведена в таблиці 4.



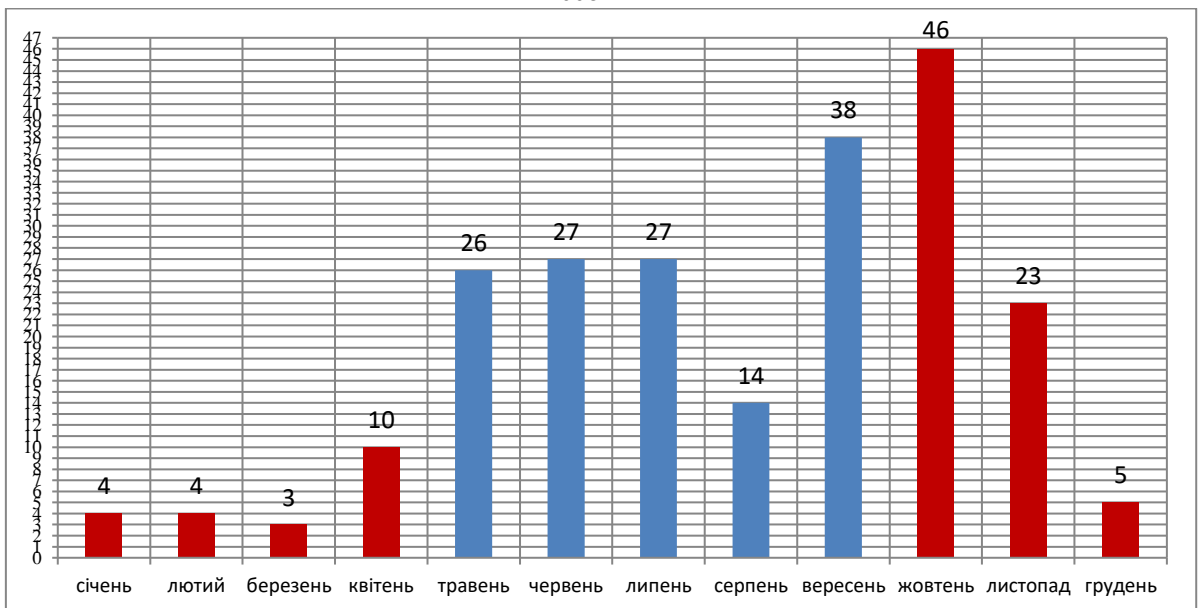
2006



2007



2008



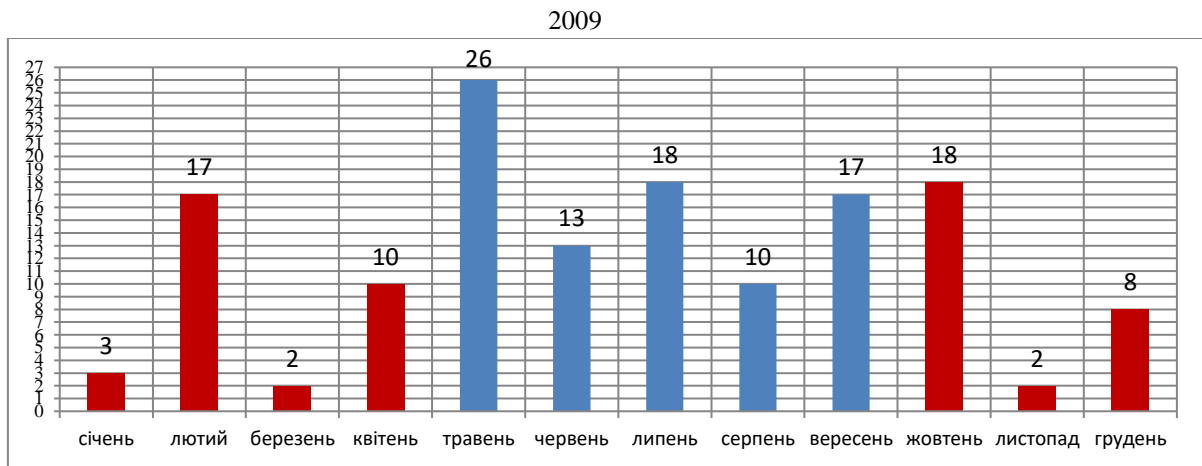


Рис. 3. Кількість пошкоджень на теплопроводах Слобідської ФТМ за 2003–2009 рр. залежно від місяців кожного року

Таблиця 4.

Кількість пошкоджень теплопроводу, що відбуваються за місяць для опалювального та неопалювального сезонів 2003–2009 рр. Слобідській ФТМ

Рік	Кількість пошкоджень за місяць					
	Опалювальний сезон			Неопалювальний сезон		
	мін	макс	Середнє	мін	макс	Середнє
2003	1	13	7	-	23	12
	листопад	січень		липень, вересень	червень	
2004	-	6	3	-	9	5
	січень, лютий, грудень	жовтень		серпень	вересень	
2005	-	49	25	9	67	38
	січень	жовтень		травень	вересень	
2006	2	18	10	6	38	22
	лютий	жовтень		травень	вересень	
2007	4	30	17	13	38	26
	лютий, листопад	жовтень		червень, серпень	червень	
2008	3	46	25	14	38	26
	березень	жовтень		серпень	вересень	
2009	2	18	10	10	26	18
	березень, листопад	жовтень		серпень	травень	

З табл. 4 видно, що макс значення ушкоджень теплопроводу за місяць в неопалювальний період становить 30, мін 1, середні значення 21.

В опалювальний період макс кількість пошкоджень теплопроводів становить 49, мін 1, середнє значення – 13,8.

Таким чином середнє значення частоти ушкоджень теплопроводів в неопалювальний період більше аналогічного показника за опалювальний період в 1,5 рази.

При зіставленні отриманих даних для трьох районів встановлено, що середні значення пошкоджуваності за місяць в неопалювальний

період перевищують аналогічний показник для опалювального періоду у Немишлянському районі в 2 рази, в Основ'янському – в 1,8 рази, Слобідському районі в 1,5 рази.

В середньому за неопалювальний період пошкоджень більше приблизно в 1,7 рази.

Це пояснюється тим, що, в процесі опалювального періоду, незначні течії виявляються, але необхідність у продовженні постачання тепла не дає можливості їх усунути. Усувають класифіковані пошкодження в неопалювальний період при підготовці до експлуатації СЦТ в зимовий період.

Висновки

1. Частота пошкоджень теплопроводів по місяцях носить випадковий характер.

2. Частота пошкоджень, що відбуваються на місяць, для неопалювального сезону більше ніж для опалювального

3. Зіставлення середньої частоти пошкоджень, що відбулися в один місяць неопалювального періоду до аналогічного показника для опалювального періоду становить від 1,5 рази до 2,0 разів.

3 метою підвищення ефективності планування розходу матеріально-технічних і трудових ресурсів доцільно планувати їх щодо опалювального і не опалювального періодами, по місяцях і декад року на основі розрахунку прогнозного кількості пошкоджень трубопроводів теплової мережі, виходячи з отриманих розрахункових залежностей параметра подового потоку відмов.

Для зменшення корозії зовнішньої поверхні теплопроводів необхідно домогтися відсутність надходження води в канали за рахунок ретельної герметизації каналів.

3 метою зменшення корозії внутрішньої поверхні теплопроводів, особливо трубопроводів гарячого водопостачання, необхідно на ТРС проводити заходи по зменшенню корозійності води.

Необхідно реалізувати заходи щодо захисту теплопроводів від електрохімічної корозії, особливо в місцях можливої появи блукаючих струмів.

3 метою зменшення руйнування теплопроводів доцільно застосовувати попередньо ізольовані труби з пінополіуретановою тепловою ізоляцією та труби "Касафлекс".

Необхідно своєчасно і в повному обсязі проводити заходи щодо технічної експлуатації теплопроводів, визначаючи ділянки зі значними корозійними пошкодженнями, і своєчасно замінювати їх.

Література

1. Гришкова А.В., Красовский Б.М., Романова Т.Н. Белоглазова Т.Н. Надежность систем теплоснабжения с учетом современных требований к теплотехническим характеристикам здания // Изв. вузов. «Строительство». 2001. – № 5. – С. 73–76.

2. Повышение уровня эксплуатационной надежности тепловых сетей при реконструкции систем теплоснабжения в условиях ограниченного финансирования / Э.М. Малая, С.А. Сергеева // «Новости теплоснабжения». – 2006. – № 4. – С. 41–44.

3. Viktoria Grankina, Olga Maliavina, Aleksandr Romashko and Roman Tkachenk / Lecture Notes in Civil Engineering. Proceeding of CEE / Environmental Engineering. Correction Factor for the Calculation on Consumable Heat Energy taking into Consideration Climatic pattern of the Ukrainian Regions. – 2019. – Volume 47. <https://doi.org/10/1007/978-3-030-27011-7-34>.

4. Сазонов Э.В., Кононов А.А., Кононова М.С. Реализация метода прогнозирования состояния трубопроводов

тепловых сетей на ЭВМ // Изв. Вузов «Строительство». 2001. – №7. – С. 68–70.

5. Кириллов Г.Ю. Тепловые сети. Современные решения / Ю.Г. Кириллов, И.Л. Майзель // «Энергетик». – 2006. – №8. – С. 17–19.

6. Сравнительный анализ эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов / Э.В. Сазонов, М.С. Кононова // Изв. вузов. «Строительство». – 2000. – № 7–8. – С. 85–87.

7. Babiarz Bozena. Reliability analysis in subsystem of heat supply / Babiarz Bozena // International Conference on Information and Digital Technologies (IDT): Rzeszow, Poland. – 2016. – JUL 05–07. – P. 11–16.

8. Shan Xiaofang, Wang Peng, Lu Weizhen. The reliability and availability evaluation of repairable district heating networks under changeable external conditions / Shan Xiaofang, Wang Peng, Lu Weizhen // Applied Energy. – 2017. – V. 203. – P. 686–695.

9. Малявіна О.М. Дослідження показників надійності теплових мереж методами статистичного моделювання / О.М. Малявіна // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ. – 2010. – Вип. 61. – С.286–291.

References

1. Grishkova A.V., Krasovskiy B.M., Romanova T.N., Beloglazova T.N. Nadezhnost' sistem teplosnabzheniya s uchetom sovremennykh trebovaniy k teplotekhnicheskim kharakteristikam zdaniya // Izv.vuzov. «Stroitel'stvo».2001. – №5. – S. 73–76.

2. Povysheniye urovnya ekspluatatsionnoy nadezhnosti teplovykh setey pri rekonstruktsii sistem teplosnabzheniya v usloviyakh ogranichennogo finansirovaniya / E.M. Malaya, S.A. Sergeyeva // «Novosti teplosnabzheniya» 2006. – № 4. – S. 41–44.

3. Viktoria Grankina, Olga Maliavina, Aleksandr Romashko, Roman Tkachenk / Lecture Notes in Civil Engineering. Proceeding of CEE / Environmental Engineering. Correction Factor for the Calculation on Consumable Heat Energy taking into Consideration Climatic pattern of the Ukrainian Regions / 2019. Volume 47. <https://doi.org/10/1007/978-3-030-27011-7-34>.

4. Sazonov E.V., Kononov A.A., Kononova M.S. Realizatsiya metoda prognozirovaniya sostoyaniya truboprovodov teplovykh setey na EVM // Izv. Vuzov «Stroitel'stvo». 2001. – №7. – S. 68–70.

5. Kirillov G.YU. Teplovyye seti. Sovremennyye resheniya / YU.G. Kirillov, I.L. Mayzel // «Energetik». 2006. – №8. – S. 17–19.

6. Sravnitel'nyy analiz empiricheskikh funktsiy raspredeleniya otkazov gorodskikh teploprovodov. E.V.Sazonov, M.S. Kononova // Izv. vuzov. «Stroitel'stvo». – 2000. – № 7–8. – S. 85–87.

7. Babiarz, Bozena. Reliability analysis in subsystem of heat supply / Babiarz, Bozena // International Conference on Information and Digital Technologies (IDT): Rzeszow, Poland. – 2016. – JUL 05–07. – R.11–16.

8. Shan, Xiaofang; Wang, Peng; Lu, Weizhen. The reliability and availability evaluation of repairable district heating networks under changeable external conditions / Shan, Xiaofang; Wang, Peng; Lu, Weizhen // Applied Energy. – 2017. – V.203. – P. 686–695.

9. Malyavina O.M. Doslidzhennya pokaznikiv nadiynosti teplovikh merezh metodami statistichnogo

modelyuvannya / O.M. Malyavina // Naukoviy visnik budivnitstva. – Kharkiv: KNDTUBA, KHOTV ABU. – 2010. – Vur. 61. – S. 286–291.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інженерної екології міст А.П. Полив'янчук, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Автор: ГРАНКИНА Вікторія Вікторівна
к. т. н., доцент, в.о. зав. кафедри енергоефективних інженерингових систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vygrankina@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5492-1142>

Автор: МАЛІЯВІНА Ольга Миколаївна
к. т. н., доцент, доцент кафедри енергоефективних інженерингових систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – olgamalyavina@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8013-3900>

Автор: МІЛАНКО Вікторія Анатоліївна
асистент кафедри нафтогазової інженерії і технологій, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vitamilanko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7177-3201>

INVESTIGATION OF THE FREQUENCY OF DAMAGE TO HEATING NETWORKS

V. Grankina, O. Maliavina, V. Milanko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

This article is devoted to improving the efficiency of planning the consumption of material and technical and labor resources and their appropriate planning for heating and non-heating periods, by months of the year based on the calculation of the estimated number of damage to heating pipes, based on the obtained dependences of failure rate. This task is modern and relevant especially in conditions of limited funding of engineering systems. The object of study - the district heating system. The subject of research - pipelines of thermal networks. The purpose of the work is to determine the distribution of damage to the heating network pipelines by months. The research method is statistical modeling of damages of heating network pipelines by months of the year for different terms of their operation. Currently, the reliable operation of district heating systems and their heating networks is one of the main factors in the livelihood of settlements. The reliability of heating network pipelines is determined by the reliability indicators obtained on the basis of data on the damage of heating pipelines. Studying the distribution of the number of damages of heating network pipelines by months depending on the service life of heating pipelines is necessary for effective planning of material, technical and labor resources. In order to increase the efficiency of planning of material and technical and labor resources, it is advisable to calculate the number of damages for the heating and unheated periods, by months of the year, by decades. The calculated dependences of the distribution of damage to the pipelines of heating networks for the heating and non-heating periods on a monthly basis, decadal, should take into account the service life of the pipelines. The results of the above research will save material, technical, labor and energy resources.

Keywords: heat supply, heating networks, damage to heating pipes, frequency of damage, reliability.