

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової
справи

03-06-134М

Методичні вказівки

до практичних занять та самостійної роботи з навчальної
дисципліни «Інтенсифікація і реконструкція систем
водопостачання» для здобувачів вищої освіти другого
(магістерського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Водопостачання та водовідведення»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інтенсифікація і реконструкція систем водопостачання» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання. [Електронне видання] / Шадура В. О. – Рівне : НУВГП, 2023. – 20 с.

Укладачі: Шадура В. О., к.т.н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи

Керівник групи забезпечення ОПП «Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Мартинов С. Ю

© В. О. Шадура, 2023

© НУВГП, 2023

Зміст

ВСТУП.....	3
I ПРАКТИНІ РОБОТИ.....	4
Практична робота №1 Проведення манометричної зйомки водопровідної мережі.....	4
Практична робота №2 Реконструкція ділянок водопровідних мереж	12
II САМОСТІЙНА РОБОТА.....	18
ЛІТЕРАТУРА.....	20

ВСТУП

Сучасні системи водопостачання знаходяться в динамічному стані: з однієї сторони безперервно змінюється водопостачання із мережі, з другої – змінюються характеристики водопровідних ліній, споруд. Тому при реконструкції систем водопостачання з метою інтенсифікації їх роботи необхідно враховувати їх реальні характеристики.

Однією з основних задач дослідження діючих систем водопостачання є встановлення дійсних параметрів та технічних характеристик водопровідних мереж, визначення оптимальних та економічних режимів роботи всіх взаємодіючих споруд.

Для закріплення набутих теоретичних знань, студенти, під час проведення практичних занять виконують, індивідуально, завдання за даними по водопровідній мережі та показами манометрів.

I ПРАКТИНІ РОБОТИ

Практична робота №1

Проведення манометричної зйомки водопровідної мережі

Найбільш трудомісткою, масштабною і значимою для визначення фактичних параметрів СПРВ є манометрична зйомка [1,2,3]. Основою методики її проведення є встановлення картини одночасної зміни напорів у всій водопровідній мережі при різних режимах розбору і подачі води. На основі набутого досвіду при проведенні натурних досліджень СПРВ для підвищення ефективності аналізу їх роботи, встановлення причин зміни параметрів та розроблення рекомендацій із їх удосконалення встановлено [1], що в процесі манометричної зйомки додатково потрібно вирішувати такі питання:

- визначення реальної схеми живлення водопровідної мережі і виявлення ролі кожної насосної станції та напірно-регулювальних споруд при різних режимах роботи систем подачі та розподілу води;
- визначення фактичних витрат води: від насосних станцій; по основних магістралях мережі; великими водо споживачами;
- встановлення фактичних добових графіків подачі води в мережу від кожної насосної станції.

Для одночасної фіксації напорів у трубопроводах водопровідної мережі, на насосних станціях і у споживачів використовують манометри-самописці (зокрема, типу МТС – 712 з межами вимірювання 0,4...1,6 МПа і класом точності 1,0). Перед дослідженням манометри повинні пройти перевірки (в лабораторіях Держстандарту, на стендах, а також безпосередньо в місцях їх встановлення за допомогою зразкових манометрів типу МО класу точності (0,4).

Манометри встановлюють вертикально на триходових кранах, а в недоступних місцях – за допомогою гнучких армованих шлагів.

Манометрична зйомка проводиться для вимірювання напорів у водопровідній мережі (ВМ) та виявлення характеру зміни їх на протязі доби. Для цього на ВМ намічають характерні точки (в місця підключення крупних водоспоживачів, насосних станцій, водонапірних башт, перетину магістралей, характерних точок конфігурації мережі тощо), в яких вимірюють фактичні напори за допомогою манометрів-самописців. Для проведення манометричної зйомки здійснюється приварювання патрубків (штуцерів) до сталевих вставок у водопровідних колодязях. Якщо зробити приварювання штуцерів ручною зваркою електродуги до них неможливо, тоді необхідно відшукати поряд розташований водопровідний колодязь із сталевими трубами або установку манометра здійснювати шляхом забивання бронзового або латунного конічного штуцера з максимальним діаметром 7...8 мм в просвердлений отвір діаметром 5...6 мм.

Штуцери необхідно розміщувати вертикально і по можливості на відстані не менше 250..260 мм від стінки колодязя, виступаючих фасонних частин і арматури. Якщо немає можливості приварити штуцер на вище вказаних відстанях, то допускається установка манометра за допомогою гнучкого гумового шлангу високого тиску. При цьому манометр кріпиться до стінки колодязя за допомогою кріплення для стаціонарної установки, що входить в комплект постачання заводом-виготовником.

При виборі місць (контрольних точок) встановлення манометрів-самописців необхідно врахувати наступне:

- повинні максимально охопити всю мережу населеного пункту,

- бути доступними і захищеними,
- найповніше фіксувати картину зміни п'єзометричних напорів в системах водопостачання.

Місця приварювання патрубків вибираються з врахуванням:

- особливості конфігурації водопровідної мережі;
- місць підключення крупних водоспоживачів;
- місць перетину магістральних ліній великих діаметрів;
- інтересів експлуатуючих організацій;
- скарг, що поступають від населення міста;
- попередніх розрахунків на ЕОМ.

Для побудови карти п'єзометричних напорів необхідно знати геодезичну різницю висотних положень осей манометрів. Визначення висотного положення манометрів виробляється технічним нівелюванням, способом з середини, з прив'язкою до існуючої геодезичної мережі міста або населеного пункту. Після виконання робіт складається акт встановленої форми, який повинен зберігатися в архівних матеріалах організації, провідного дослідження не менше 10 років.

Манометри встановлюють у водопровідних колодязях на стендерах або на приварених патрубках (штуцерах) через триходові крани. В розрахункових точках за допомогою нівелювання знаходять геодезичні позначки осі манометрів. П'єзометрична позначка, m , в i -тому вузлу визначається за формулою:

$$Z_{ni} = Z_{omi} + H_i, \quad (1)$$

де Z_{ni} – позначка осі манометра у вузлу, м; H_i – напір у вузлі, визначений за даними манометричної зйомки ($H = 100 \frac{P}{\rho g}$), де P – тиск, виміряний манометром у вузлу, МПа), м.

Позначка осі манометра, м, у вузлу визначається за формулою:

$$Z_{omi} = Z_{zi} - H_{omi}, \quad (2)$$

де Z_{zi} – позначка землі у вузлу (люк водопровідного колодязя), визначена при нівелюванні, м; H_{omi} – заглиблення осі манометра під позначку Z_{zi} землі, м.

За п'езометричними позначками у вузлах визначають фактичний гідравлічний ухил ділянки, $i_2 \text{ факт}$, за формулою:

$$i_2 \text{ факт} = \frac{Z_n - Z_k}{l_{\text{геом}}}, \quad (3)$$

де Z_n, Z_k – п'езометричні позначки у вузлах на початку і в кінці ділянки, м; $l_{\text{геом}}$ – геометрична довжина ділянки, км.

Порівнюючи фактичні гідравлічні ухили ділянок $i_2 \text{ факт}$ водопровідних ліній з табличними (табл.1.) роблять висновок про ступінь навантаження цих ділянок при експлуатації мережі і в разі потреби вживають необхідні заходи.

За результатами вимірювання вільних напорів в точках мережі і порохованих за ними п'езометричних позначок в цих

точках (табл.2.), будують лінії рівних п'єзометричних позначок по ділянках мережі. Густота розташування цих ліній дозволяє встановити, які ділянки мережі в якій степені є переважані (рис.1).

Таблиця 1.

Граничні значення гідравлічних ухилів для водопровідних труб

Діаметр труб, мм	Гідравлічний ухил 1000і для труб	
	Сталевих	Чавунних
100	5,94...12,1	9,29...23,5
125	5,61...12,9	7,80...18,6
150	5,48...15,9	7,50...19,6
200	3,93...13,5	4,69...14,2
250	4,47...11,0	4,62...11,18
300	4,43...9,15	4,38...8,92
350	4,14...7,64	4,22...8,11
400	3,88...6,68	4,14...8,86
450	3,61...6,01	-
500	3,52...6,52	2,81...6,94

Таблиця 2.

Напори у вузлах водопровідної мережі

№ вузла	Відмітка землі $Z_{\text{вн}}$, М	Геодезична позначка осі манометра $Z_{\text{омі}}$	Напір у вузлі H_i , М	П'езометрична позначка, $Z_{\text{пі}}$
1	89,150	87,250	54	141,250
2	92,100	90,200	50	140,200
3	90,130	88,230	48	136,230
4	90,780	88,880	40	128,880
5	92,060	90,160	30	120,160
6	90,510	88,610	28	116,610
7	90,150	88,250	26	114,250
8	90,450	88,550	20	108,550
9	90,910	89,010	42	131,010
10	91,280	89,380	40	129,380
11	89,850	87,950	30	117,950
12	90,820	88,920	36	124,920
13	90,590	88,690	50	138,690
14	93,050	91,150	47	138,150
15	88,190	87,050	26	113,050

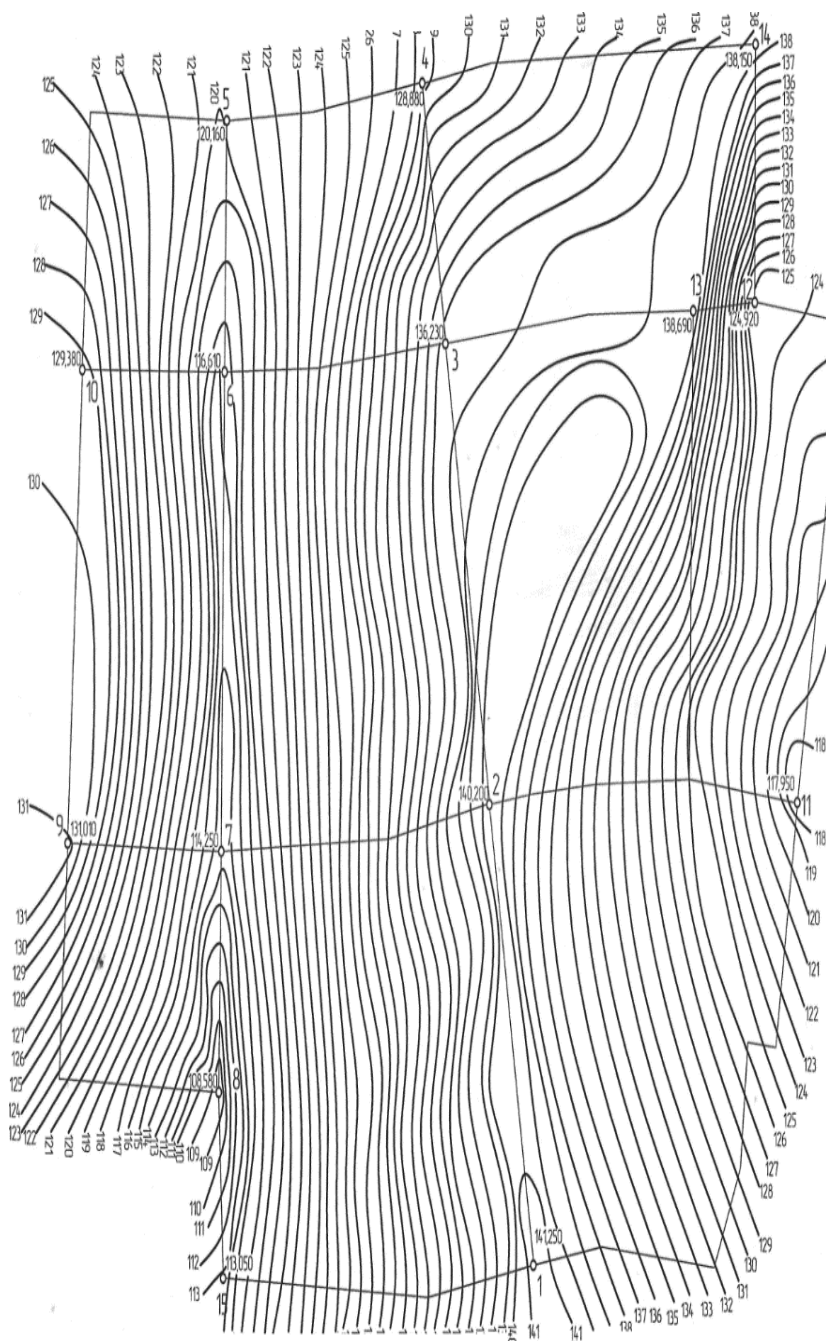


Рис.1. Карта ізолій

Витрати води в трубопроводах вимірюють, як правило, стаціонарними витратомірами (за їх наявності) та портативними ультразвуковими витратомірами (типу «Ramametriх», «Взлет», «Днепр» та інші).

На основі карти п'езометричних напорів систем водопостачання визначають зони недостатніх та надлишкових напорів, перевантажені і недовантажені ділянки мережі, границі зон впливу кожної насосної станції зміні режимів подачі та розбору води (рис.1.). Такі карти можна брати за основу для базового варіанту математичної моделі системи водопостачання. При цьому отримані в результаті гідравлічних розрахунків для існуючого стану п'езометричні позначки та витрати води в трубах повинні максимально наближуватись до отриманих п'езометричних напорів та виміряних витрат води. Це досягається в процесі ідентифікації параметрів водопровідної мережі .

Аналіз результатів гідравлічних режимів, зокрема, на перспективу та для аварійних ситуацій, дозволяє виявити сховані конструктивні та набуті експлуатаційні недоліки систем водопостачання. Їх ліквідація дає змогу оцінити ефективність удосконалення систем водопостачання, як першочергових заходів, а на їх основі визначити найбільш технологічно доцільний та економічно вигідний варіант реконструкції.

Практична робота №2

Реконструкція ділянок водопровідних мереж

На основі техніко-економічних розрахунків, вибирають один із можливих варіантів реконструкції та інтенсифікації роботи мереж водопостачання:

- прокладання додаткових ліній (дублювання);
- заміна старих ліній новими;
- очищення внутрішньої поверхні трубопроводів;
- захист трубопроводів від корозії.

Найчастіше в практиці реконструкції водопровідних мереж включають декілька із запропонованих варіантів.

Прокладання додаткових ліній застосовують в разі, якщо необхідно збільшити подачу води водопровідним трубопроводом. Опір підсиленого трубопроводу визначається за формулою:

$$S_{e.n.} = (S_e + (\varphi^2 - 1)(S_\phi + S_k)) / \varphi^2, \quad (1)$$

де S_e - опір старого трубопроводу, (с/л)м; S_k - опір комунікацій насосної станції, (с/л)м; S_ϕ - параметр аналітичного виразу характеристики Q-Н насоса (табл.3.); φ - коефіцієнт збільшення подачі води по трубопроводу ($\varphi \geq 1$).

При паралельній прокладанні водопровідних ліній, опір додаткової лінії визначається за формулою:

$$S_o = S_e S_{e.n.} / (\sqrt{S_e} - \sqrt{S_{e.n.}}), \quad (2)$$

Опір нового трубопроводу, $\text{с}^2/\text{м}^6$ визначається за формулою:

$$A_o = 0,00175 / d_p^{5.1}, \quad (3)$$

d_p - розрахунковий внутрішній діаметр труб, м.

Знаючи опір S_0 і довжину додаткової лінії L , легко, за таблицями, та питомим опором A , підібрати діаметр трубопроводу.

Таблиця 3.
Параметри робочих характеристик насосів
відцентрових двобічного входу типу Д

Марка насоса	Д, мм	n_s	Q_1	Q_2	H_1	H_2	H_ϕ	S_ϕ
			л/с		м			
Д200-36	350	1450	38,9	77,8	40	28	44,0	0,0026434
Д330-50	405	1450	64,7	106,9	54	45	59,2	0,0012428
Д800-90	546	1450	200	290	93,4	74,2	110,8	0,0004350
Д1250-65	460	1450	242	420	70,6	58,9	76,5	0,0001000
Д1600-90	540	1450	305	550	99,1	80,7	107,3	0,0000880
1Д200-90	270	1450	19,4	33,4	25	21	27,0	0,0054113
1Д250-125	310	1450	23,6	41,7	34	27	37,3	0,0059225
1Д500-63	440	1450	91,7	180,6	68	55	72,5	0,0005370
1Д630-90	510	1450	122,2	222,2	95	83	100,2	0,0003484
1Д800-56	430	1450	152,8	266,7	62	52	66,9	0,0002093
1Д1250-63	455	1450	241,7	416,7	69	56	75,6	0,0001128
1Д1250-125	615	1450	238,9	416,7	135	112	146,3	0,0001973

У сучасній світовій практиці досить широко використовують *ремонт та будівництво трубопроводів безтраншейними методами* (без розкопування трубопроводу). При цьому витрати на ремонт зменшуються у 6-8 разів, а термін ремонтних робіт - у десятки разів.

Найбільше поширення у світовій практиці мають такі методи безтраншейного ремонту трубопроводів :

- нашаровування цементно-піщаного покриття на внутрішню поверхню трубопроводу;

- використання пневмопробійника для створення нового полімерного трубопроводу на місці старого;
- використання гнучкого рукава ("панчохи"), що дозволяє сформувати нову композитну трубу всередині старої;
- "довготрубний" метод - протягування гнучкої полімерної труби всередину старого трубопроводу;
- використання рулонної (обмотаної) труби (метод "Expanda-Pipe") - створення нової полімерної труби всередині старої за допомогою обмотувальної машини і безперервної пластмасової профільної стрічки.

Фірми "Інсітуформ" (США), "Упонор" (Фінляндія), "Брошієр-Гулін" (Німеччина) вже багато років виконують ці роботи і накопичили досить великий досвід.

Для ремонту трубопроводів шляхом проведення санації їх внутрішньої поверхні застосовують наступні технології:

- нанесення цементно-піщаних або полімерних покриттів на внутрішню поверхню труб що підлягають ремонту;
- протягування всередину старого трубопроводу нових пластмасових труб меншого діаметра;
- протягування всередину старого трубопроводу попередньо профільованих пластмасових труб;
- використання гнучкого комбінованого рукава (панчохи).

На внутрішню поверхню трубопроводу цементно-піщаний розчин наносять облицювальними агрегатами з обертовими відцентровими головками і розгладжувальним пристроями (рис.2). Агрегат протягується через ділянку трубопроводу за допомогою лебідки 1. Цементно-піщаний розчин готується в бетономішалці 2 і подається шлангом 3 під тиском в голівку агрегату 4. Товщину покриття регулюють напором цементно-піщаного розчину, що надходить до розпилючої голівки, швидкістю її обертання і швидкістю проходження агрегату через трубопровід.

За один прохід можна нанести шар товщиною від 3 до 12 мм. здійснюють легким металевим конусом, який кріпиться на

Вирівнювання і загладжування нанесеного шару штанзі. Проведення ремонту трубопроводів цим методом приблизно в три рази дешевше, ніж перекладання труби відкритим способом, а тривалість робіт скорочується майже в 10 разів.

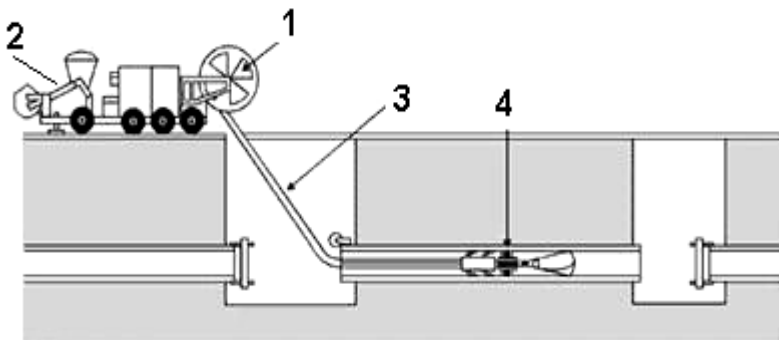


Рис. 2. Нанесення цементно-піщаного покриття внутрішньої поверхні трубопроводу.

Поряд з цементно-піщаним покриттям використовується напилення на внутрішню поверхню металевих труб синтетичних матеріалів на основі епоксидних смол. Напилюванні захисні покриття мають низьку шорсткість, що зумовлює зниження втрат напору і витрат електроенергії на транспортування води при збереженні її якості. Полімерне захисне покриття наносять так само, як і цементно-піщану суміш.

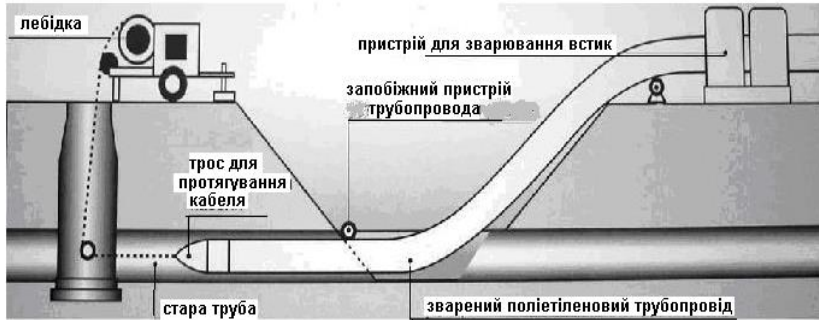


Рис. 3. Санація старого трубопроводу шляхом протягування через нього пластмасового трубопроводу, звареного в батіг

Попередньо зварені у батіг пластмасові труби (метод «Пайплайнінг») в старий трубопровід протягують через колодязь або відритий на мережі приямок. На горловині приймального колодязя встановлюють лебідку, трос від якої приєднують до пристрою для захоплення і підтягування нової труби. Схема процесу втягування нового трубопроводу в старий наведена на рис.3. Розміри приймального котловану, як правило, залежать лише від конфігурації вузла, який буде зібраний в котловані після закінчення робіт по протягуванню поліетиленової труби. Перед початком санації трубопровід перевіряють на «прохідність». Для цього через трубопровід протягують «шаблон» зі шматка сталеві труби, діаметр якої трохи перевищує діаметр пластмасової труби. Недоліком даної технології є значне зменшення живого перетину трубопроводу, перш за все за рахунок кільцевого зазору між стінками старої і нової труб. Наприклад, при санації сталеві труби діаметром 400 мм внутрішній діаметр нової труби зменшується до 315 мм.

кислотостійкого поліефірного волокна, просоченого епоксидною смолою.

Метод санації трубопроводів («Інсітуформ», «Фенікс») армуванням внутрішньої поверхні трубопроводу спеціальним м'яким рукавом (рис.4) полягає в протягуванні Безшовний полімерний рукав, у підготовленому до укладання вигляді, доставляють до місця проведення робіт. Рукав пропускають через шахту і кріплять до початку ремонтної ділянки трубопроводу. Шахту заповнюють водою, під тиском якої рукав вивертається навиворіт і проходить у порожнину труби на всю довжину ремонтної ділянки. Подавати рукав у старий трубопровід можна за допомогою стиснутого повітря.

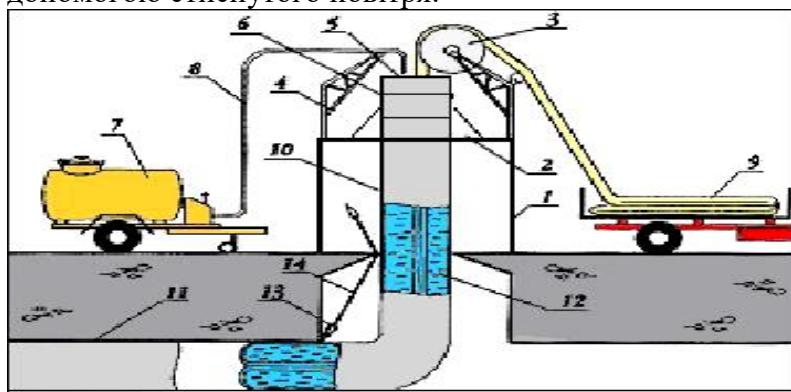


Рис. 4. Схема введення рукава в трубопровід:

1 - пристрій для введення рукава; 2 - робочий майданчик; 3 - ролик, 4 - піраміда, 5 - шахта; 6 - хомут; 7 - резервуар з водою, 8 –шланг, який подає розчин; 9 - контейнер з рукавом ; 10 - рукав; 11 - трубопровід; 12 - шахта з водою

Повітряний або водний потік забезпечує просування оболонки по довжині трубопроводу з щільною фіксацією його внутрішньої оболонки до внутрішньої поверхні трубопроводу за допомогою попередньо нанесених клейових складів (епоксидної смоли). клейових складів і всієї оболонки. Для інтенсифікації затвердіння рукава,

Наступною стадією є полімеризація, в результаті якої відбувається затвердіння виконують його термообробку, заповнюючи трубопровід паром або гарячою водою. Область застосування методу нанесення суцільного полімерного покриття - сталеві та чавунні труби діаметром 150 ... 900 мм. Довжина ремонтної ділянки залежить від діаметра відновлюваного трубопроводу: при діаметрі 150 мм вона становить 500 м, при діаметрі 300 мм - 300 м, при діаметрі 900 мм - 100 м. При відновленні трубопроводів використовують протягування нової труби з руйнуванням старої. Для протягання використовується тяговий пристрій, що працює від автономної гідростанції. Старий трубопровід руйнують ножами і розширювачем. Залишки старої труби вдавлюються в ґрунт (рис.5.).

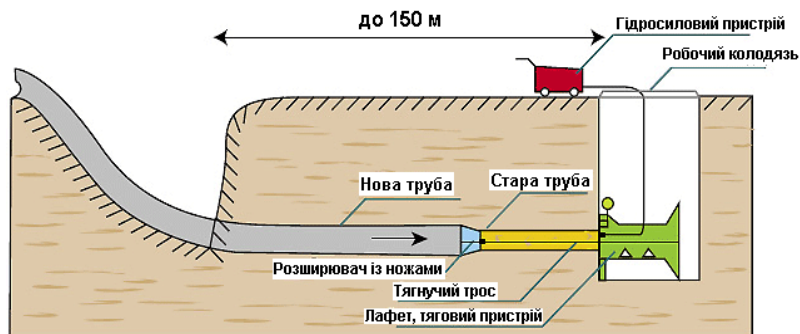


Рис. 5. Схема протягування нової труби з руйнуванням старої

II САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. студентів у процесі виконання самостійної роботи залученню студентів до

Пізнавальна діяльність характеризується високим рівнем самостійності та сприяє творчій активності. Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни «Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання» є самостійне опрацювання рекомендованих тем. Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними вище. Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210x297) з одного боку. Поля: верхнє, праве, ліве – 20 мм, нижнє – 22 мм, ліве.

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми
1	Побудова карти ізоліній за даними манометричної зйомки..
2	Визначення перевантажених (недовантажених) ділянок водопровідної мережі за даними манометричної зйомки.
3	Визначення діаметру трубопроводу при паралельній прокладці.

У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою. На

титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, навчальна дисципліна, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада. Загальний обсяг звіту – 3...5 сторінок. Захист звіту про самостійну роботу проводиться у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Орлов В. О., Шадура В. О., Назаров С. М. Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання : навчальний посібник. Рівне : НУВГП.2013, 265с.

2. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення : навчальний посібник / О. А. Василенко, П. О. Грабовський, Г. М. Ларкіна та ін.; ІВНВКП «Укртеліотех», 2010. 272 с.

3. Хомуцька Т. П. Енергоощадне водопостачання. К. : Аграр. наука, 2016. 304 с.