

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кафедра: "Водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів"

**СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ БУДІВНИЦТВА СПОРУД  
ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**Конспект лекцій**

(для спеціальності 7.092601 “Водопостачання і водовідведення”)

**№ кода 2420**

Затверджено  
на засіданні кафедри ВВ і ОВР  
протокол № 1 від 02.09.10 р.

Затверджено  
на засіданні науково-методичної ради  
№ 1 від 07.09.10 р.

Макіївка – 2010

УДК 628.1

Конспект лекцій з дисципліни “Спеціальні методи будівництва споруд водопостачання та водовідведення” (для студентів спеціальності 7.092601 “Водопостачання і водовідведення”) / Укладач: Л.Г. Зайченко, – Макіївка: ДонНАБА, 2010. – 49 с.

Студент в процесі вивчення дисципліни має засвоїти такі теоретичні знання: методи технічної діагностики каналізаційних трубопроводів, в тому числі з використанням інспекційних телероботів; технічні та функціональні характеристики інспекційних телевізійних роботів; сучасні безтраншейні технології відновлення каналізаційних трубопроводів; методи заміни існуючих трубопроводів, відновлення прохідних каналів; способи виробництва робіт при будівництві водопровідно-каналізаційних споруд, способи боротьби з ґрунтовими водами.

Укладач:

Л.Г. Зайченко,  
к.т.н., доц. кафедри ВВ і ОВР

Рецензенти:

В.І. Нездоймінов, доц.

В.М. Чернишев, доц.

Відповідальний за випуск:

Л.Г. Зайченко,  
к.т.н., доц. кафедри ВВ і ОВР

## ЗМІСТ

1. ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСПЕКЦІЙНИХ ТЕЛЕРОБОТІВ.....	4
1.1. Технічна і функціональна характеристики інспекційних ТВ-роботів.....	4
1.2. Кількісна оцінка технічного стану каналізаційних колекторів за даними інспектування.....	14
1.3. Планування робіт після ТВ – обстеження.....	17
2. СУЧАСНІ БЕЗТРАНШЕЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ.....	18
3. БЕЗТРАНШЕЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНИХ РЕМОНТІВ І УЩІЛЬНЕННЯ КАНАЛІВ.....	19
3.1. Безтраншейний ремонт локальних ушкоджень трубопроводів.....	19
3.2. Безтраншейне ущільнення нещільних з'єднань труб.....	20
3.3. Поверхнєве зміцнення фрагментів трубопроводу з недостатньою несучою здатніс-.....	20
4. ТЕХНОЛОГІЇ РЕСТАВРАЦІЇ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ... ТРУБОПРОВОДІВ.....	21
4.1. Довгий і короткий релейнинг.....	22
4.2. Реставрація за допомогою ребристих стрічок, що утворюють внутрішню намотану трубу.....	26
4.3. Реставрація за допомогою полімерних плівок, що тверднуть, ("метод панчохи").....	27
4.4. Реставрація трубопроводів методом Flexogen.....	33
4.5. Реставрація за допомогою поліетиленового гнучкого облицювального матеріалу з анкерними ребра-.....	34
4.6. Реставрація за допомогою поліетиленових труб, оброблених термомеханічним способом (технологія U-.....	35
4.7. Реставрація шляхом напилювання покриття.....	36
4.8. Технологія ущільнення Sanipor.....	36
4.9. Санація металевих трубопроводів за допомогою цементно-піщаного облицювання.....	37
5. МЕТОДИ ЗАМІНИ ІСНУЮЧИХ ТРУБОПРОВОДІВ З МОЖЛИВІСТЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇХНЬОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ.....	38
5.1. Технологія демонтажу трубопроводу і заміни його новим.....	39
5.2. Технологія усунення старого трубопроводу і ґрунту довкола нього.....	39
6. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СПОСОБІВ БЕЗТРАНШЕЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ.....	40
7. ВІДНОВЛЕННЯ ПРОХІДНИХ КАНАЛІВ.....	45
7.1. Облицювання внутрішньої поверхні каналів склопластиком.....	46
7.2. Облицювання тунельних колекторів керамічними плитками.....	47

## **ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСПЕКЦІЙНИХ ТЕЛЕРОБОТІВ**

1. Технічна і функціональна характеристики інспекційних ТВ-роботів.
2. Кількісна оцінка технічного стану каналізаційних колекторів за даними інспектування.
3. Планування робіт після ТВ – обстеження.

### **Технічна і функціональна характеристики інспекційних ТВ-роботів**

Трубопровідна мережа каналізації в Україні має потребу в підвищенні надійності. Застарілі матеріали труб, погані умови роботи, неправильне укладання, недолік ущільнення, великий фізичний і корозійний знос, відсутність регулярного поточного ремонту і, як наслідок, загострення екологічної обстановки в зоні їхнього впливу - от ті причини, за якими сьогодні піднімається питання про незадовільний стан каналізаційних трубопроводів і необхідності підвищення їхньої надійності.

Для ухвалення рішення про реконструкцію чи капітальний ремонт трубопроводу необхідна інформація про його технічний стан. Вона повинна бути повною й об'єктивною, щоб приймати оптимальні рішення при виборі способу відновлення. Як правило, на практиці в даний час використовуються непрямі методи, тобто дані про гідравлічний режим мережі, на підставі яких можна судити про її пропускну здатність і можливі ушкодження. При цьому враховується рік будівлі, матеріал труб і колодязів і їхній стан за даними візуальних спостережень у доступних місцях. Додатково виконується збір інформації про хімічний склад стічних вод і газового середовища з метою визначення ступеня їхньої агресивності до матеріалу конструкцій з наступним теоретичним розрахунком ступеня корозійного зносу. Однак цей метод дозволяє зробити тільки припущення про технічний стан трубопроводу з незначним ступенем вірогідності. Остаточний висновок може бути зроблено тільки після того, як трубопровід буде ретельно оглянутий.

Найбільш достовірну інформацію про технічний стан труб дає телевізійний огляд внутрішньої поверхні трубопроводу з наступним аналізом результатів зйомки за методом експертних оцінок. Результати телевізійних вимірів можуть бути достовірними, якщо огляд проводиться в чистій трубі. Тільки в цьому випадку можна знайти й ідентифікувати всі наявні дефекти. Телевізійним вимірам повинне передувати очищення внутрішньої поверхні трубопроводу. Протягом останніх десяти років для телеінспекції підземних трубопроводів відноситься до середини 50-х років. Одним з основоположників даного напрямку є фірма "ІВАК" (Німеччина, м. Кіль). З тих пір системи для телеінспекції комунальних трубопроводів стрімко розвивалися і в даний час понад 20 фірм в усьому світі пропонують різні модифікації інспекційних ТВ-роботів з тим чи іншим набором сервісних функцій і технічних характеристик.

Широке застосування ТВ-роботів для телеінспекції трубопроводів визначається, насамперед, реальною необхідністю і відчутним економічним ефектом від їхнього впровадження в комунальній службі міст. За наявними

оцінками, річний економічний ефект від застосування інспекційних і ремонтних ТВ-роботів приблизно в два рази перевершує їхню вартість.

У нашій країні інспекційні ТВ-роботи для водопровідних і каналізаційних мереж до 1991 р. не вироблялися. Це порозумівається відсутністю належної уваги до проблем комунального господарства. На початку дев'яностих років завдяки високому науково-технічному потенціалу удалося швидко надолужити упущене. Сьогодні в СНД лідируючу роль у виробництві ТВ-роботів займає НВО "Тарис" (Росія м. Москва). Вироблена ним продукція гідно конкурує з імпортними системами по технічних характеристиках і має ціну на 15 - 20% нижче закордонних аналогів. Діапазон виробленої продукції - від телеінспекційних систем до роботів з ремонту трубопроводів. Приведено інформацію НВО "Тарис" про набір сервісних послуг і технічних характеристик виробленої продукції.

- Комплекс Р – 100 із самохідним роботом для інспекції труб  $d = 100-350$  мм із кольоровою телекамерою.
- Ремонтні самохідні роботи з кольоровою поворотною телекамерою і зі змінними робочими голівками фрезерно-підрізних робіт і для закладення дефектів тканинно-полімерним чи бандажем сталеву стрічкою з підшаром гуми в трубах водопостачання і каналізації  $d = 200-600$  мм.
- Система телеінспекції, що плаває, частково заповнених колекторів  $d = 500-2500$  мм кольоровою поворотною телекамерою.
- Р - 200 - самохідний робот для телеінспекції труб  $d = 150-1200$  мм кольоровою поворотною телекамерою.
- Пакер - автономна система закладення дефектів у трубах водопостачання і каналізації  $d = 100-800$  мм тканинно-полімерним чи бандажем сталеву стрічкою з підшаром гуми. Може працювати в комплексі з будь-якою системою телеінспекції.
- Ремонтний робот в автомобілі.

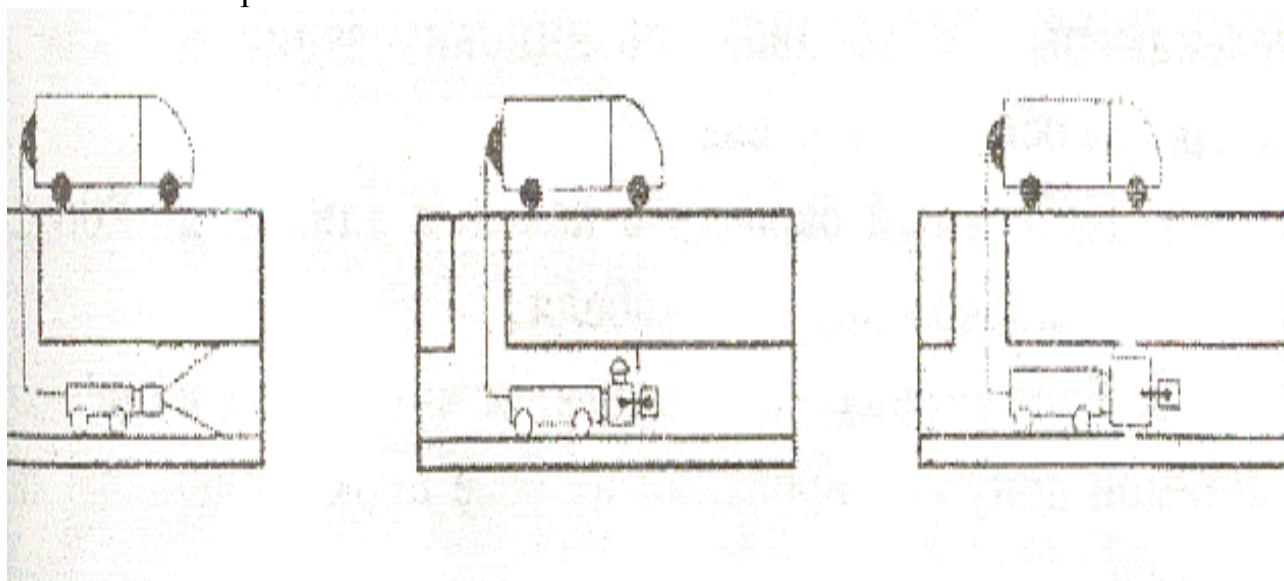


Рис.1. Набір сервісних послуг телероботів.

### Комплекс телеінспекції "Р - 100".

Призначений для телеінспекції трубопроводів діаметром від 90 до 350 мм.

Склад:

- Робот "Р - 100" (колісний, самохідний, з набором змінних коліс) з кольоровою неповоротною телекамерою.
- Переносної кабельний барабан з кабелем довжиною до 100 м.
- Переносної блок керування з кольоровим монітором 10", тобто 10 дюймів.

### Комплекс телеінспекції "Р - 200".

Призначений для телеінспекції трубопроводів діаметром від 150 до 1200 мм.

Склад:

- Робот "Р - 200" (колісний, самохідний, з набором змінних коліс) з кольоровою поворотною телекамерою.
- Пристрої наведення телекамери дозволяють робити огляд стінок труби.
- Системи основного і додаткового висвітлення забезпечують необхідну освітленість у трубах як малого, так і великого діаметра.
- Кабельний барабан з кабелем довжиною до 200 м і електроприводом намотування кабелю.
- Пост керування з кольоровим монітором і цифровою системою документування на базі промислового комп'ютера.

Телекамера, використовувана в роботах "Р - 100", "Р - 200" і "Рокіт - 1М", має дистанційно керований привод фокусування, кут огляду не менш 70°; здатність, що дозволяє, не менш 450 ТУ - ліній і світлочутливість 5 люкс. Телекамера ремонтного робота "Рокіт-1М", додатково оснащена електромеханічним склоочисником.

Усі комплекси мають датчик шляху і систему введення відео рядка, що забезпечує накладення на відеозображення інформації про відстань, пройдений роботом, даті телеінспекції й інших коментарів.

Усі роботи герметичні і здатні працювати з зануренням у воду, при цьому телекамера забезпечує гарну видимість у прозорій воді. Усі роботи накачуються зсередини азотом для запобігання конденсації вологи усередині робота і запотівання стекол телекамери.

Для всіх робіт мається можливість плавного регулювання швидкості переміщення.

### Комплекс ремонтний "Рокіт-1М"

Призначений для проведення телеінспекції і виконання різних робіт з усунення дефектів у трубах діаметром від 190 до 600 мм.

До складу комплексу входить ремонтний робот "Рокіт- 1М" (колісний, самохідний, з комплектом змінних коліс, з кольоровою поворотною телекамерою), кабельний барабан і пост керування.

Робот комплектується змінними робочими голівками - однією фрезерною і декількома бандажними (для різних діаметрів труб).

Фрезерна голівка ремонтного робота оснащується різним інструментом для виконання робіт з фрезерування, свердління, локального зачищення, підрізування виступаючих елементів і звільнення відводів у трубопроводах після санації пластиком. Роботи можуть вироблятися в трубах із пластику, кераміки, чавуна чи сталі.

Закладення дефектів виробляється зсередини трубопроводу за допомогою бандажної голівки, що накладає кільцевий бандаж шириною 100 мм зі спеціальної тканини, просоченої полімером, на область дефекту. Матеріали, застосовувані для закладення дефектів, сертифіковані на використання в питному водопроводі.

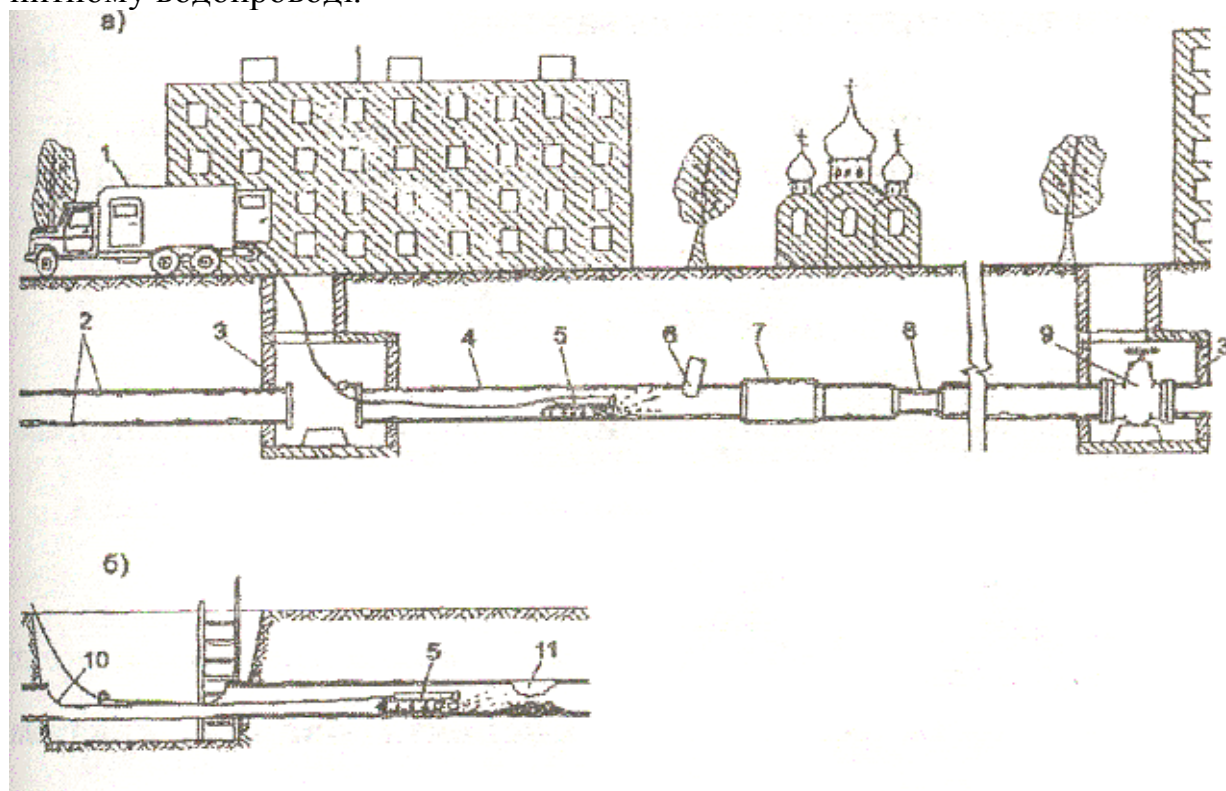


Рис.2. Схема обстеження внутрішнього стану трубопроводу за допомогою інспекційного ТВ-робота.

а) - первинна ТВ- інспекція ділянки водоводу;

б) – ТВ - оцінка якості внутрішнього захисного покриття.

1 - пересувна (автомобільна) телеінспекція для прийому сигналів і керування ТВ – роботом; 2 – корозійні відкладення; 3 – колодезь; 4 – обстежувана ділянка трубопроводу; 5 – телевізійна самохідна камера (ТВ - робот); 6 – урізання в трубопровід; 7 – ділянка трубопроводу зі збільшенням діаметра; 8 - ділянка трубопроводу зі зменшенням діаметра; 9 – засувка;

10 – тимчасовий сідлоподібний виріз; 11 – обвалення фрагмента (ділянки) захисного покриття

До складу комплексів "Р - 200" і "Рокіт - 1М"входить цифрова система документування, що забезпечує:

1. Сполучення на одному моніторі відеозображення з керуючим графічним інтерфейсом.
2. Збереження відеозображення в цифровому форматі придатному для перегляду на персональному комп'ютері.

3. Можливість роздруківки відео кадрів на кольоровому струминному чи лазерному принтері з накладенням текстової і графічної інформації.

Основою системи документування є промисловий комп'ютер, що входить до складу поста керування роботом, і комплект програмних засобів.

Система документування уможливорює зручне представлення результатів телеінспекції трубопроводу не тільки на відеокасеті, але і на папері у виді відповідного протоколу.

Універсальність ТВ - робототехніки полягає в тому, що її можна використовувати в комунальних трубопроводах будь-якого призначення, у будь-який сезон року поза залежністю від скрутності міських умов. Схема обстеження трубопроводу приведена на рис. 4.

В Україні одним з перших розроблювачів і виробників інспекційних телероботів стало ВАТ "Донвуглеводоканал". У порівнянні з росіянами в ще в більш стиснутий термін були розроблені аналогічні імпортованими вітчизняні інспекційні системи "Донбас - 1", "Донбас - 2", діагностичний зонд, що плаває, які пройшли апробацію у виробничих умовах і одержали високу оцінку фахівців.

#### Діагностичний телевізійний зонд для обстеження внутрішньої поверхні труб і свердловин "Донбас - 1"

Комплекс призначений для візуальної інспекції порожнини чи трубопроводу свердловини.

Склад апаратури:

- діагностичний зонд інспектування свердловин;
- діагностичний зонд інспектування трубопроводу;
- кабельна лебідка з колектором і 200 м кабелю;
- тросова лебідка з 200 м троса;
- датчик шляху;
- блок візуалізації пройденого чи шляху знакогенератора;
- кольоровий монітор;
- відеомагнітофон;
- живильний інвертор;
- акумулятор.

*Діагностичний зонд інспектування свердловин має в складі:*

- кольорову відеокамеру;
- відео підсилювач;
- вузол висвітлення;
- герметичне кабельне введення.

*Діагностичний зонд інспектування трубопроводу має в складі:*

- кольорову відеокамеру;
- відео підсилювач;
- вузол висвітлення;
- герметичне кабельне введення

*Основні технічні характеристики:*

- діаметр обстежуваного трубопроводу чи свердловини (75 - 1200) мм;
- довжина ділянки, що діагностується, до 200 м;



- здатність відеокамери, що дозволяє - 450 ТВ ліній;
- чутливість відеокамери -1 люкс;
- кут зображення (по горизонталі) не менш - 110 градусів;
- живляча напруга, постійна – 12 В, 24 В;
- споживана потужність, не більш - 100 Вт.

Самохідна телевізійна установка для візуального інспектування внутрішньої поверхні водопровідних і каналізаційних трубопроводів "Донбас -

Установка "Донбас - 2" призначена для телеінспекції трубопроводів діаметром від 250 до 1200 мм.

Вона складається з робота "Донбас - 2" (колісний, самохідний, з набором змінних коліс) з кольоровою поворотною телекамерою і трансформатором.

Пристрої наведення телекамери (по азимуті і куту місця) дозволяють робити огляд стінок труби.

Системи основного і додаткового висвітлення забезпечують необхідну освітленість у трубах як малого, так і великого діаметра.

Механізм центрування (підйому) телекамери забезпечує позиціонування телекамери на рівні вісі трубопроводу:

- кабельної лебідки до 200 м і кабелеукладача;
- тросової лебідки з тросом до 200 м;
- датчика шляху;
- поста керування з кольоровим монітором, відеомагнітофоном, інвертором і комп'ютером;
- системи документування.

Телекамера, використовувана в установці "Донбас – 2", має дистанційно-керований привод фокусування, кут огляду не менш 45°, здатність, що дозволяє, не менш 450 ТУ - ліній і світлочутливість 5 люкс. Пристрій наведення телекамери забезпечує поворот по азимуті на кут +/- 90°, кут місця -4°; +80° щодо подовжньої вісі трубопроводу.

Установка має датчик шляху і систему уведення відео рядка, що забезпечує накладення на відео зображення інформації про відстань, пройдений роботом.

Робот герметичний і здатний працювати з зануренням у воду, при цьому телекамера забезпечує гарну видимість у прозорій воді. Робот має можливість плавного регулювання переміщення.

Телевізійна установка "Донбас - 2" розміщується в спеціально обладнаному автомобілі.

Система документування забезпечує:

- збереження відеозображення в аналоговому і цифровому форматах, придатних для перегляду на кольоровому моніторі чи персональному комп'ютері;
- роздруківки відеокадрів на кольоровому струминному чи лазерному принтері з накладенням текстової і графічної інформації;
- уможливлує зручне представлення результатів телеінспекції трубопроводу у виді відповідного протоколу.

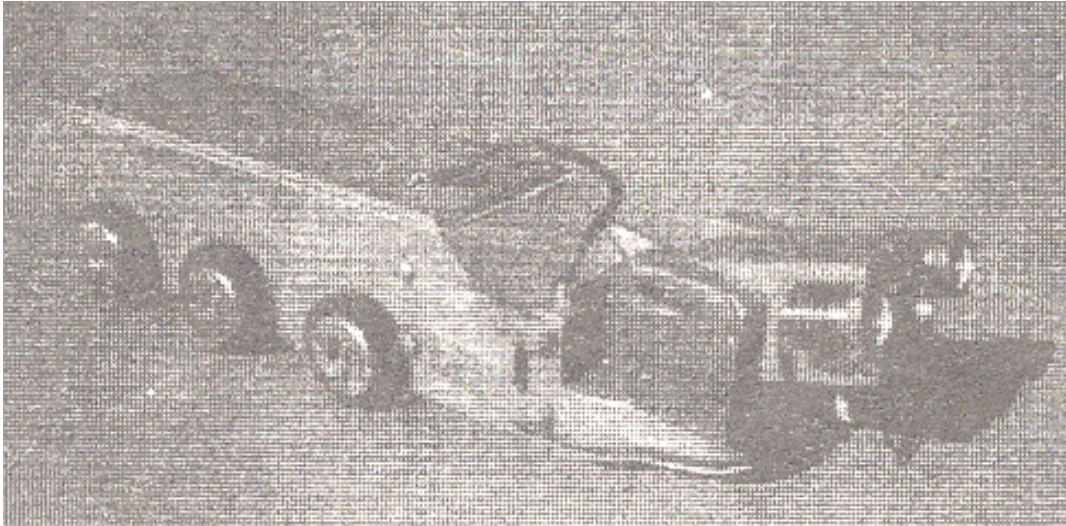


Рис. 3. "Донбас-2"

#### Електронно-діагностичний зонд, що плаває

Електронно-діагностичний зонд, що плаває, для обстеження внутрішньої поверхні каналізаційних колекторів (далі зонд) призначений для телевізійного контролю стану каналізаційних колекторів і трубопроводів. Телевізійний контроль дозволяє попередити і вчасно спланувати і провести ремонтно-відбудовчі роботи. Зонд застосовується для дослідження трубопроводів діаметром від 250 мм. Роботи водяться в діючих трубопроводах без їхнього відключення.

*Зонд складається з наступних елементів:*

- нерухома телевізійна камера, встановлена разом з освітлювачами в герметичному корпусі з антикорозійного матеріалу. Корпус спроектований таким чином, що при перекиданні він мимовільно повертається в нормальне положення;
- лебідка із сигнальним кабелем, армованим сталевим тросом;
- відеомагнітофон;
- телевізор;
- перетворювач напруги;
- акумулятори.

*Методика дослідження трубопроводу:*

- огляд і одночасний запис зображення контрольованої ділянки трубопроводу;
- відтворення відеозапису;
- стоп-кадр;
- аналіз зображення в місцях виявлення дефектів;
- уведення зображення в комп'ютер з формуванням плану досліджуваної ділянки трубопроводу і створенням бази даних дефектних ділянок із прив'язкою до плану.

*Технічні характеристики:*

- напруга живлення камери й освітлювачів - 24 В;
- напруга живлення апаратури, що реєструє - 12 В;
- діаметр корпусу камери - 250 мм;
- маса камери з освітлювачами - 6 кг;

- кут зображення (по горизонталі) - 90°;
- стандарт відеосигналу CCIR - 625 ліній;
- довжина досліджуваної ділянки - 100 м;
- швидкість руху камери – 0,5 м/с;
- час безупинної роботи - 8 годин.

До основних характеристик, що визначають функціональні можливості систем телеінспекції трубопроводів, можна віднести:

- наявність у ТВ-робота приводного самохідного двигуна;
- діапазон діаметрів трубопроводів, що обслуговуються;
- довжина обстежуваної ділянки;
- якість кольорового відеозображення і систему документування результатів телеінспекції.

Наявність приводного самохідного двигуна забезпечує переміщення ТВ-робота в трубопроводі. У залежності від потужності і типу двигуна (гусеничний чи колісний), а також конструкції і матеріалу коліс роботи мають ту чи іншу прохідність. При великих відкладеннях у трубопроводах може забуксувати навіть самий не примхливий самохідний ТВ-робот, тому сильно засмічені каналізаційні і водостічні трубопроводи перед телеінспекцією необхідно промивати.

Сучасні спрощені варіанти ТВ-роботів: також як і вперше створені телекамери, переміщаються в трубопроводі шляхом їхнього проштовхування твердим склопластиковим джгутом або протаскуються попередньо протягненим тросом. Довжина ділянок, що інспектується таким методом, як правило, не перевищує 50 - 80 м. Такі спрощені системи роблять звичайно для трубопроводів діаметром 76 - 250 мм у переносному варіанті, і їхня вартість складає від 10 тис. дол. США. Несамохідні системи прості і надійні, однак їхні можливості обмежені.

Діапазон діаметрів трубопроводів, що обслуговуються ТВ-роботом, з одного боку, обмежений габаритами робота, а з іншого боку - можливістю переміщення телекамери по центрі трубопроводу великого діаметра (що важливо для якісного огляду) і наявністю на ТВ-роботах висвітлення, достатнього для огляду великих труб. Самохідні ТВ-роботи застосовуються звичайно для трубопроводів діаметром від 90 до 1000 - 1400 мм (рідко до 4000 мм). При цьому мінімальний діаметр визначається технічними можливостями зі створення мініатюрної самохідної телесистеми, а максимальний - доцільністю застосування ТВ-роботів у великих трубопроводах, доступних для переміщення в них людини. Як правило, розроблювачі пропонують не менш двох типорозмірів ТВ-роботів: один для вузького діапазону малих діаметрів (90 - 250 мм), другий - для широкого діапазону великих діаметрів (200 - 1400 мм). Більшість ТВ-роботів мають змінні колеса різного діаметра і спеціальні механізми для забезпечення установки телекамери на потрібній висоті в залежності від діаметра інспектуємого трубопроводу.

Довжина обстежуваної ділянки лімітується довжиною кабелю, розташовуваного на кабельному барабані системи, і здатністю ТВ-робота протягти за собою кабель по трубопроводу, тобто визначається силою тяги. У свою чергу сила тяги залежить від потужності приводів ТВ-робота, його маси

(чим важчий робот, тим далі він може протягти кабель), матеріалу і форми коліс чи гусениць, а також від матеріалу і стану трубопроводу. Як правило, роботи для трубопроводів малих діаметрів (до 250 мм) здатні переміщатися на відстань до 100 м, а ТВ-роботи для великих діаметрів - на відстань 200 - 400 м.

ТВ-роботи з поворотною телекамерою і з жорстко закріпленим об'єктивом істотно відрізняються за своїми можливостями. У поворотних ТВ-системах положенням телекамери керує оператор, задаючи напрямок чи обертання хитання телекамери за допомогою органів керування з поверхні землі. Системи ТВ-роботів з поворотною телекамерою дорожче, однак вони переважніше при інспекції трубопроводів великих діаметрів (300 мм і вище), тому що можливість наведення телекамери на стінку труби дозволяє докладно розглянути дефекти, виявити непомітні свищі і тріщини, визначити їхні розміри, оцінити стан зварених швів, верхнього зводу чи лотка труби, проконтролювати урізання. З характеристик, що визначають якість відеозображення ТВ-роботів, найбільш істотними є здатність, що дозволяє, і кут огляду за діагоналлю. Здатність, що дозволяє, визначається кількістю телевізійних ліній на екрані монітора (сучасні телесистеми для інспекції трубопроводів дають діапазон від 300 до 570 ліній). Кут огляду за діагоналлю для систем з поворотною телекамерою складає звичайно не менш 60°, а для систем з неповоротною камерою - не менш 90°. Важливими характеристиками ТВ-робота є наявність у нього дистанційно керованого фокуса і гарна світлочутливість телекамери (звичайно в кольорових телекамер для обстеження трубопроводів вона коливається від 2 до 5 люкс.). При правильному компонуванні телесистеми низька світлочутливість може компенсуватися збільшенням потужності джерел висвітлення. Якщо значення зазначених характеристик знаходяться в правильному співвідношенні, то користувач має якісне відеозображення на своєму моніторі. Умовою одержання зображення є і правильне утримання відеосистеми.

Практичною перевагою ТВ-роботів ведеться запис результатів відео огляду на касету. Однак така форма надання інформації часто незручна. Для роздруківки найбільш цікавих і критичних кадрів багато фірм - виробники оснащують свою систему телеінспекції відео принтером, що дозволяє одержувати фотографії конкретних фрагментів трубопроводів. До недоліків такого способу надання інформації можна віднести високу вартість видаткових матеріалів, а також незручність збереження фотографій і їхнього ув'язування з протоколом огляду. Найбільш перспективним способом документування відеоінформації в даний час вважається її представлення в цифровому форматі, що дозволяє не тільки роздруковувати відео огляди на звичайному папері за допомогою недорогого струминного принтера, але і зберігати великий обсяг відеоінформації на комп'ютерних носіях. При цьому конкретні відео кадри можуть бути розміщені в необхідних місцях акта чи протоколу, що включають спеціальні масштабні схеми траси і мовні позначення дефектів (непровар звареного шва, стирання лотка, наявність сторонніх предметів у трубі тощо).

Телеінспекція комунальних трубопроводів виконується за однією й тією ж схемою як для напірних, так і для безнапірних мереж: фіксується ділянка для телеінспекції, визначаються колодязі, через які буде зроблений запуск ТВ-робота, здійснюються телеінспекції ділянки з одержанням відповідної

відеокасети по об'єкту, а також з роздруківкою акта чи протоколу обстеження з принтерною роздруківкою схеми й особливостей ділянки. Відмінність полягає лише в тім, що безнапірні мережі мають природні місця запуску ТВ-роботів - лотки каналізаційних колодязів і зливових водоприймачів. На цих мережах телеінспекцію можна здійснити в процесі експлуатації трубопроводів за допомогою зондів, що плавають.

Інформація, отримана в ході телеогляду трубопроводів:

1. При прийманні в експлуатацію знову побудованих трубопроводів телеінспекція дозволяє з'ясувати наявність сторонніх предметів у трубопроводі, за видом внутрішньої лінії звареного стику перевірити якість зварювання. Ці ж можливості з'являються в будівельно-монтажних організацій у режимі "самоконтролю". При будівництві трубопроводів із внутрішнім цементно-піщаним захистом перевіряється її фактична наявність по всій довжині, виявляються відколи й опадання в результаті ударів і вигинів, перевіряється якість закладення стиків цементно-піщаним розчином.

2. На діючій каналізаційній мережі й у водостоках у першу чергу перевіряється цілісність труб і стиків, зрушень між ними, відсутність тріщин, цілісність верхнього зводу, відсутність проростання коренів у розтруби. Це необхідно для своєчасної ліквідації дефектів, що можуть привести не тільки до забруднення підземного простору стічними водами, але і до провалів ґрунту з утворенням лійок. На діючій каналізаційній мережі перевіряється також наявність осаду в лотку трубопроводу і нашарувань на його стінках і зводі, виявляються несанкціоновані урізання і сторонні предмети.

ТВ-роботи і кабель-троси, призначені для роботи в каналізаційних мережах і водостоках, не повинні застосовуватися для відповідних робіт у трубопроводах господарсько-побутового водопостачання.

3. Перед проведенням безтраншейної санації трубопроводу телеінспекція дозволяє виявити дефекти, що перешкоджають її здійсненню: виступи арматури, урізання, зсув розтрубів, ум'ятини, тріщини, сторонні предмети. Отримана інформація дозволяє визначити кількість і місця необхідних розкопок, більш точно оцінити обсяг робіт із санації й уточнити відповідність геометрії трубопроводу схемам трасування.

4. Після виконання робіт із санації трубопроводу телеінспекція дає можливість оцінити якість виконаних робіт, усунути наявні дефекти, більш якісно зробити задачу і приймання ділянки трубопроводу в експлуатацію.

Таким чином, застосування ТВ-робототехніки дозволяє одержувати об'єктивну відеоінформацію економічно і технологічно доцільно при:

- прийманні в експлуатацію комунальних трубопроводів;
- одержанні оперативної інформації про стан мереж;
- самоконтролі будівельників і ремонтників;
- виробництві локальних ремонтних робіт;
- повноцінної паспортизації, трубопровідних споруджень;
- упровадженні безтраншейних способів санації і відбудовних робіт.

Для вибору придатного способу відновлення трубопроводу безтраншейним методом поряд з телевізійним контролем важливу роль грає



вимір ухилу трубопроводу. Закордонні фірми використовують для цих цілей гідростатичний клінометр “Consoil” (рис. 4).

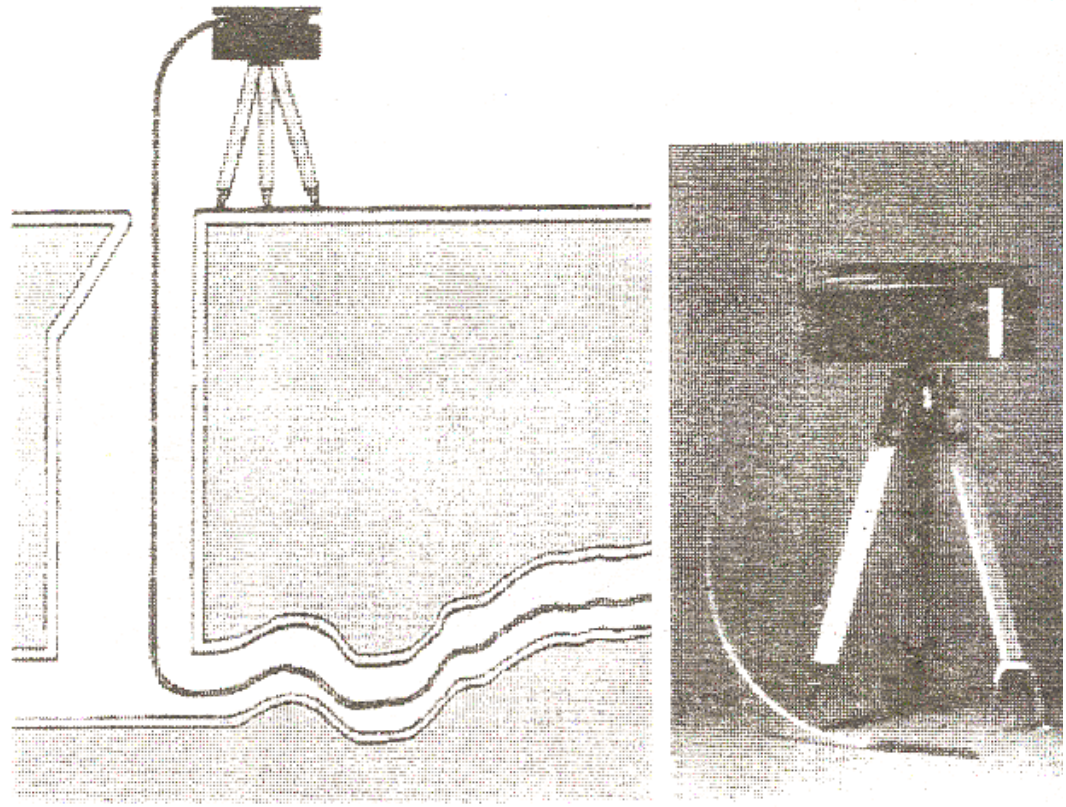


Рис.4. Реєстрація реального ухилу трубопроводу за допомогою клінометра “Consoil”

Вимір ухилу виконується шляхом проведення через трубопровід шланга, наповненого рідиною. До одного кінця шланга приєднаний зонд з убудованим передавачем, що вказує глибину, на якій знаходиться зонд стосовно визначеної нульової точки на приладі. Після зчитування значень глибини на кожному метрі ділянки трубопроводу зонд витягається. Реальний ухил трубопроводу можна запротоколювати з точністю до одного сантиметра. Побудований профіль ухилів дозволяє визначити причину повторюваних засмічень трубопроводу, що на перший погляд може бути не ясна.

Часто причина полягає в нерівності ділянки трубопроводу, на якому маються осідання, усадочні раковини чи неоднорідності.

#### **Кількісна оцінка технічного стану каналізаційних колекторів за даними інспектування.**

Використання ТВ-роботів для інструментального обстеження трубопроводів дає можливість від фотографій і відеозаписів перейти до кількісної оцінки технічного стану каналізаційних мереж. Для цього у світовій практиці використовується система індексації всіх дефектів за їх експлуатаційною значимістю. Прикладом такої системи може служити приведена в таблиці 1 експлуатаційна значимість ушкоджень залізобетонних труб, виражена в балах (індексах). Індеси від 0 до 10 приведені на основі ТВ відеозаписів. Вони відбивають фактичний фізичний стан трубопроводу: 0 – труба в ідеальному стані, у той же час як 10 - труба непридатна до використання (аварійний стан).

Під аварією розуміється стан колектора чи його ділянки, при якому експлуатація без попереднього ремонту неможлива. Під індексом мається на увазі експлуатаційна значимість дефекту "а". У розглянутій таблиці приведені індекси для залізобетонних труб.

Десятибальна система дозволяє кількісно оцінити ступінь порушення цілісності і значимість кожного з цих порушень для експлуатації колектора.

Скористаємося функцією ослаблення. Для каналізаційного трубопроводу функція ослаблення повинна кількісно відбивати достатню цілісність колектора в залежності від експлуатаційної значимості і просторового розподілу, що виникли в процесі експлуатації дефектів. На кожному з реальних трубопроводів дефекти розподілені нерівномірно. Маються бездефектні труби і ділянки з великим числом дефектів.

Для того, щоб чисельно оцінювати експлуатаційну значимість усієї сукупності дефектів, що маються на якому-небудь визначеному відрізку колектора, будемо користатися поняттям "дефектність". Дефектністю "Д" назовемо загальне число балів експлуатаційної значимості всіх дефектів, що маються на розглянутому відрізку колектора:

$$D = \sum_{i=1}^N a_i,$$

де N - загальне число дефектів;

i - порядкові номери дефектів;

a<sub>1</sub> - експлуатаційні значимості дефектів.

Для того, щоб чисельно оцінювати розподіл дефектів за довжиною того ж відрізка колектора, уведемо поняття "щільність дефектності". Щільністю дефектності будемо називати дефектність, що приходить в середньому на одиницю довжини диференційно малого відрізка колектора (як правило, на 1 м). При цьому під диференційно малими треба мати на увазі відрізки всілякої довжини в залежності від того, у якому масштабі виробляється оцінка дефектності колектора. Так, при оцінці розподілу дефектності по колекторі невеликої довжини (наприклад, два міських квартали) за диференційно малий відрізок доцільно приймати довжину однієї труби, відносячи довжину відрізка до стику двох суміжних труб. Останнє необхідно, щоб дефекти, що приходяться на стики, не були пропущені при обчисленнях щільності дефектності. При оцінці розподілу дефектності по протяжних магістралях у цілому диференційно малими можуть вважатися відрізки по 100 чи 1000 м. Оскільки щільність дефектності уздовж колектора безупинно змінюється, то, позначаючи її через "m", а відстань від довільно обраної початкової точки відліку до точки, у якій визначається щільність дефекту через "x", можна записати, що "m" – функція від "x":

$$m(x) = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{dx},$$

де n - загальне число дефектів на даному диференційно малому відрізку колектора,

dx - довжина (у метрах) відрізка колектора.

Наступне поняття, необхідне для побудови функції ослаблення, - це "умовний дефект". Умовним дефектом називається деякий абстрактний дефект

з експлуатаційною значимістю " $a_0$ ", що може служити одиницею наміру для всіх реальних дефектів. Величину " $a_0$ " визначимо як середнє арифметичне з останнього (максимального) значення " $a$ " другого класу і першого (мінімального) значення " $a$ " третього класу.

Таким чином, експлуатаційна значимість умовного дефекту буде відповідати переходу від передаварійного стану до аварії.

Якщо прийняти, що в першому наближенні експлуатаційна значимість комбінації одиночних дефектів дорівнює простій сумі експлуатаційних значимостей кожного з дефектів, що входять у комбінацію, то щільністю дефектності буде виражатися експлуатаційна значимість комбінації чи дефектів одного протяжного дефекту, що приходить в середньому на одиницю довжини (метр) диференційно малого відрізка колектора. При такій допущенні оцінка експлуатаційної значимості комбінації дефектів чи частини одного протяжного дефекту, що приходить на одиницю довжини колектора, за допомогою щільності дефектності " $m(x)$ " еквівалентна оцінці експлуатаційної значимості одиночних дефектів " $a$ " у балах. З вищевикладеного випливає, що для комбінації дефектів переходу від передаварійного стану до аварії відповідає чисельна рівність щільності дефектності " $m(x)$ " величині експлуатаційної значимості умовного дефекту " $a_0$ ".

Приведені міркування дозволяють записати функцію ослаблення для каналізаційного колектора:

$$f(x) = 1 - \frac{m(x)}{a_0},$$

Формула функції  $f(x)$  побудована не шляхом суворих математичних викладень, а логічним шляхом. Отже, вона є постулатом, хоча і добре обґрунтованим. Тому, як і будь-яка інша формула-постулат, ця формула при подальшому розвитку теорії стійкості  $f(x)$  задовольняє вимогам, пред'явленим вище до функції ослаблення каналізаційного колектора і придатна для використання в сучасній виробничій практиці.

Дійсно, ідеальному стану колектора, коли  $m(x) = 0$ , відповідає максимальне позитивне значення функції  $f(x) = 1$ . У процесі зносу і після поступового руйнування колектора від ідеального стану до аварійного, тобто при  $ПРО < m(x) < a_0$  функція убуває від 1 до 0.

Звертання  $f(x)$  у нуль відповідає переходу колектора в розглянутій точці з передаварійного стану в аварійне. Стаючи негативною, функція відображає процес подальшого руйнування тієї ж точки колектора вже після переходу в аварійний стан. Відповідно до прийнятої 10-бальної шкали експлуатаційної значимості дефектів,  $a = 10$  для одиночних дефектів і  $m(x) = 10$  для комбінацій дефектів означає повну непридатність до подальшої експлуатації. Тому зміна  $f(x)$  у межах від 0 до значення, що відповідає  $m(x) = 10$ , відображає процес руйнування розглянутого диференційно малого відрізка колектора з координатою його середини, рівної  $X$ , від моменту настання аварійного стану до переходу його в стан повної непридатності до подальшої експлуатації.

Подальше убування  $f(x)$  до - 8 описує процес наступного руйнування вже негідного до експлуатації того ж відрізка колектора.

Конкретно, для залізобетонних колекторів перехід в цілком непридатний



до експлуатації стан відповідає  $f(x) = -1,22$ .

На рис. 5 як приклад представлений графік  $f(x)$  для ділянки колектора м. С. Петербурга, побудований результатам інструментальної дефектоскопії. Дефектоскопія була зроблена за допомогою телевізійної установки для огляду каналізаційних мереж. Графік наочно і детально відображає, причому в кількісному вираженні, технічний стан обстеженої ділянки.

Графік дозволяє з достатньою для практики вірогідністю судити про експлуатаційну надійність кожного з відрізків обстеженої ділянки колектора.

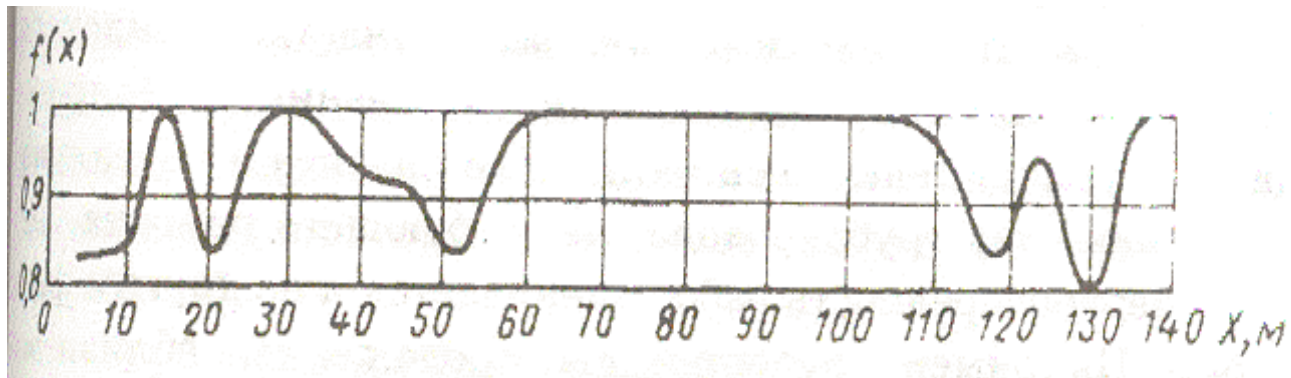


Рис. 5. Графік функції ослаблення для ділянки каналізаційного колектора, обстеженого телевізійною установкою

У даному конкретному випадку видно, що найглибші мінімуми графіка не опускаються нижче значення 0,8. Іншими словами, навіть на ділянці з максимальною щільністю дефектності погрози переходу в аварійний стан ні, оскільки аварії відповідає звертання  $f(x)$  у нуль. Викладене відноситься до результату проведення дефектоскопії. Для прогнозування характеру подальшого дефектонакопичення необхідні повторні обстеження тих же ділянок колектора і зіставлення нових графіків  $f(x)$  із графіками, отриманими раніше. Таке зіставлення дає представлення про динаміку процесу зміни технічного стану колекторів.

### Планування робіт після ТВ-обстеження

Телевізійне обстеження каналізаційної мережі дозволяє одержати детальну інформацію про стан трубопроводів. При недоліку інформації виробляється додаткове уточнення і здійснюється аналіз зібраної інформації. Після повного аналізу відеозаписів і звітів у залежності від стану трубопроводів визначається черговість реконструкції і виробляється вибір методу ремонтних робіт, щоб сконцентрувати зусилля на ремонті тих труб, що ушкоджені в більшому ступені і вимагають якнайшвидшого відновлення. Це означає, що ремонт необхідно починати з ділянки з індексом 10 - цілком непридатного до використання трубопроводу - і потім поступово знижуватися до індексу 0 - ідеального за якістю трубопроводу, що не вимагає ремонту. Однак першочерговість робіт оцінюється і за іншими факторами. Наприклад, трубопроводи, прокладені поблизу водозаборів, рік і озер слід ремонтувати в першу чергу. Особливої уваги вимагають і ті ділянки міських вулиць, де трубопроводи розташовуються глибоко під землею й інтенсивність руху міського транспорту дуже висока.

## СУЧАСНІ БЕЗТРАНШЕЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

### Загальна класифікація

В даний час у передових у технологічному відношенні країнах значна частина потребуючих відновлення трубопроводів ремонтується безпосередньо під землею. Переваги ремонту трубопроводів безтраншейним методом очевидні: витрати на ремонт знижуються більш ніж у 6-8 разів, продуктивність робіт зростає в десятки разів, зводиться до мінімуму вплив на навколишнє середовище і міську забудову.

Різноманіття існуючих методів санації трубопроводів безтраншейним способом можна розділити на три групи:

- *ремонт*;
- *реставрація*;
- *реконструкція*.

До безтраншейних технологій ремонту можна віднести: локальний ремонт, ін'єкції, ущільнення. Вони застосовуються у випадку локальних ушкоджень.

До безтраншейних технологій реставрації відносяться: розприскуючі, що входять до групи "релейнинг", тобто заміни футерівки, і монтажні технології. Їх використовують для реставрації каналів, що характеризуються лінійними ушкодженнями (наприклад, у виді подовжніх тріщин, корозії, абразивного стирання лоткової частини), що утворилися по всій довжині каналу між колодязями. Технології реставрації застосовуються, якщо незначна зміна поперечного перерізу каналу після реставрації задовольняє гідравлічним вимогам, що пред'являються до каналізаційних трубопроводів. Технології реставрації є методом становлення технічного стану ушкодженого трубопроводу шляхом упровадження визначених конструктивних змін зі збереженням конструкції в цілому.

Безтраншейні технології реконструкції - це технології, що дають можливість без розкриття існуючого каналу ввести на його місце новий, з однаковим чи великим поперечним перерізом. Старий канал ліквідується після його заміни чи залишається зовні вставленого нового каналу.

### БЕЗТРАНШЕЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНИХ РЕМОНТІВ І УЩІЛЬНЕННЯ КАНАЛІВ

1. Безтраншейний ремонт локальних ушкоджень трубопроводів.
2. Безтраншейне ущільнення нещільних з'єднань труб.
3. Поверхневе зміцнення фрагментів трубопроводу з недостатньою несучою здатністю.

### Безтраншейний ремонт локальних ушкоджень трубопроводів

Для проведення локального ремонту в трубопроводах діаметром 150 – 800 мм використовуються автомати. Завдяки можливості підключення до них різних пристосувань автомати можуть виконувати безліч операцій - фрезерування, свердління, шліфування, видалення осаду, вирізання коренів дерев, ін'єкціювання чи нагнітання композитних розчинів, вирівнювання поверхні, полірування і зміцнення конструкції покриттями, які робот доставляє до місця їхнього нанесення.

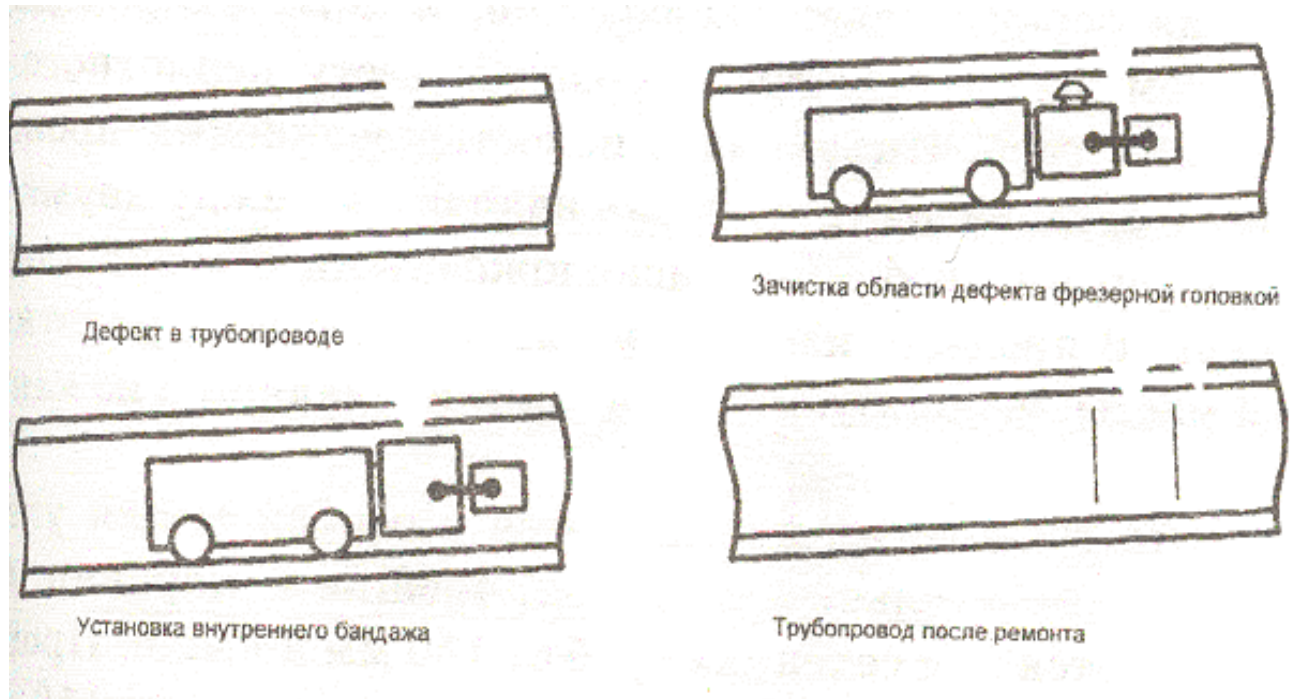


Рис. 6. Схема закладення дефекту в трубопроводі

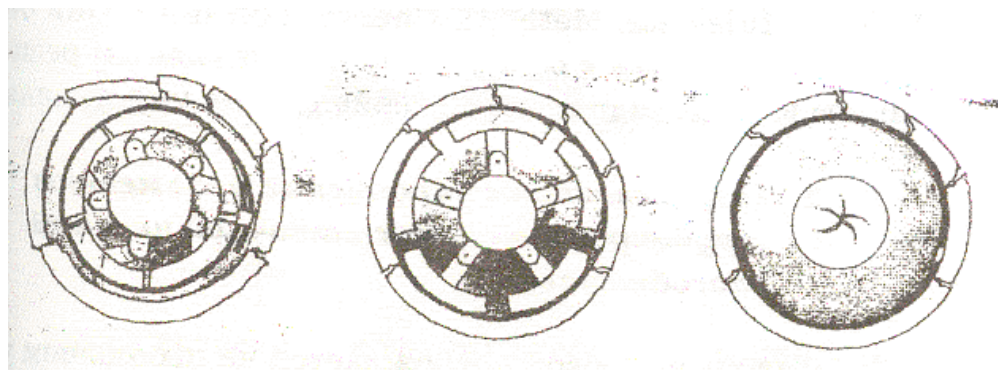


Рис. 7. Колишня форма деформованого трубопроводу може бути відновлена за допомогою блока-відновлювача форми, що притискає «сталеву спідницю» до стінок труби доти, поки труба не прийме колишню форму. Потім «сталеву спідницю» закріплюється на стінках труби, після чого можна починати реконструкцію

Автомати вводяться в порожнину трубопроводу через каналізаційні колодязі. За їхньою роботою спостерігає розташовувана поблизу камера. Найбільш відомими є роботи-автомати швейцарської фірми КА-TE Sustem AG, і російського НВО "Тарис".

Багато старих і ушкоджених трубопроводів деформовані чи мають зміщені стики. Ці ушкодження можуть бути виправлені за допомогою відновлювачу форми (рис. 7) за безтраншейною технологією з використанням ТВ-робота. Фірма Per Aarsleff A/S (Данія) пропонує устаткування, що може відновлювати форму труби усувати зсув стиків у труб діаметром від 225 до 500 мм. У трубу уставляється вигнута пластина "сталева спідниця", що вирівнює деформовані паростки і встановлює їх у вихідне положення. Відновлювачі форми труб подібного типу використовуються для труб довжиною до 8 м.

### **Безтраншейне ущільнення нещільних з'єднань труб**

Ця операція найчастіше здійснюється за допомогою технологій Penetryn/Posatryn чи Seal-i-Tryn. Пакер (пристрій, що втягується) разом з телекамерою, що здійснює спостереження, і шлангом вводиться в трубопровід до місця нещільного з'єднання труб. Ін'єкція в порожнину з'єднання виробляється в середній частині, що знаходиться між двома пробками, що ущільнюють, розташованими по обидва боки пакера. У процесі витягу пакера надлишок маси, що ущільнює, використовуваної в ін'єкції, віддаляється з каналу. Ця технологія використовується в основному для ущільнення незначних порожнин, тріщин і подряпин. Вона застосовується при перетинах труб від 150 мм і вище. Процес ущільнення можна здійснювати на відстані до 150 м.

Крім цих технологій використовуються технології RIM (Resin Injektion Method), Черне, LSS і ін. Вони відрізняються друг від друга в основному конструктивним рішенням пакера і різновидом матеріалів для ущільнення.

### **Поверхнєве зміцнення фрагментів трубопроводу с недостатньою несучою здатністю.**

Іноді трубопровід ушкоджується на невеликій ділянці. Однак, якщо це ушкодження, наприклад, тріщина, корозія чи подряпина, повторюється багаторазово на іншій довжині трубопроводу між колодязями, доцільно провести зміцнення дефектного фрагмента трон методом КМ- Part-Liner. Цей метод полягає у введенні на ушкоджене місце труби після попередньо проведеної ТВ-інспекції і точних вимірів дефекту ділянки - пакера відповідної конструкції. Такий пакер має форму циліндра з розміщеної на зовнішній стороні гумовою плівкою, що має можливість розширюватися при накачуванні під неї повітря. Він встановлюється на ушкоджений фрагмент труби і за його положенням спостерігає камера (рис. 8).

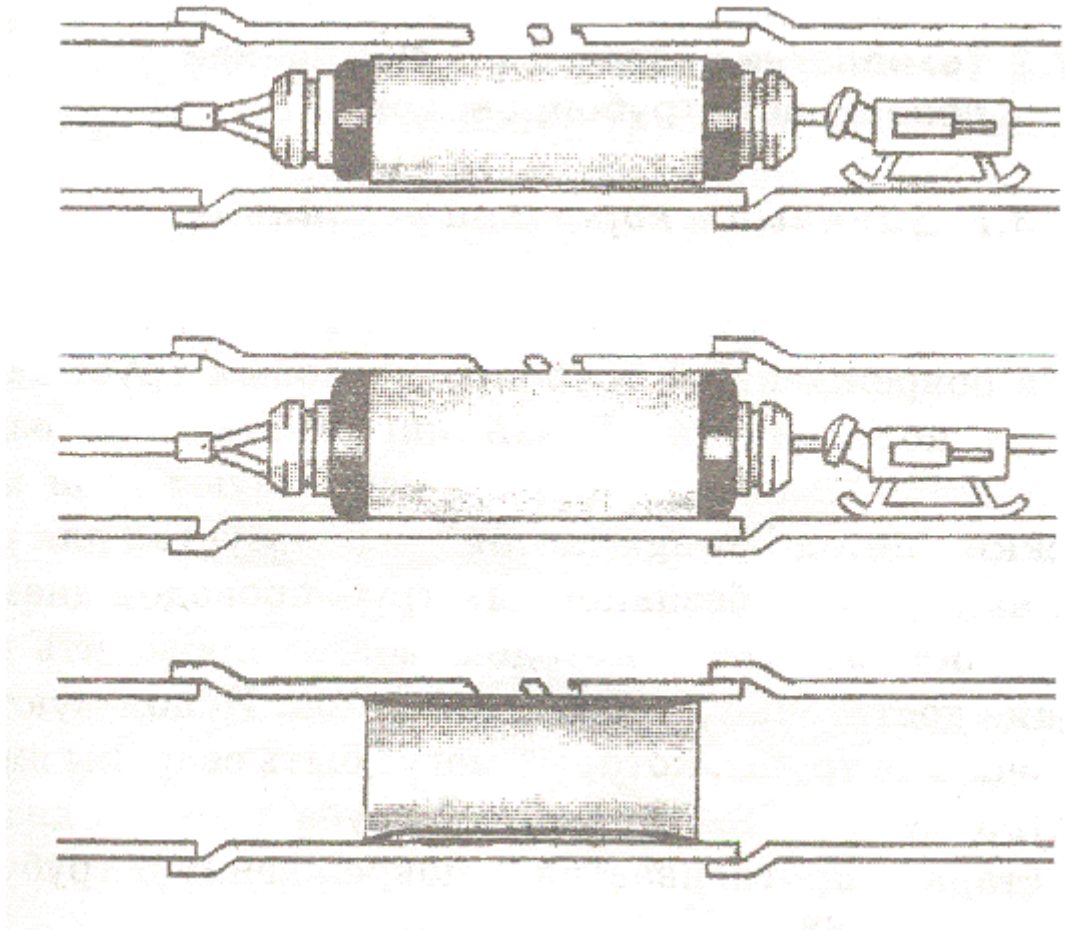


Рис. 8. Зміцнення фрагмента труби за допомогою пакера

Перед введенням у трубу пакера на поверхні гумовою плівкою розміщують просочену епоксидною смолою тканину зі скловолокна. При накачуванні повітря під гумову плівку остання роздувається і притискає тканину до ушкодженого місця труби. Надлишок смоли з тканини проникає в дефект і пори поверхні труби, заповнюючи їх. Таким чином, тканева латка скріплюється з конструкцією ушкодженої труби. У такому положенні просмолена тканина твердіє. Через визначений проміжок часу, що залежить від обраної рецептури епоксидної смоли, відбувається повне отвердіння тканевої латки (бандажа), основне призначення якої є зміцнення конструкції труби. Потім повітря з гумової плівки видаляють, її об'єм зменшується, і пакер витягають з каналу труби.

### ТЕХНОЛОГІЇ РЕСТАВРАЦІЇ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБОПРОВОДІВ

1. Довгий і короткий релейнинг.
2. Реставрація за допомогою ребристих стрічок, що утворюють внутрішню намотану трубу.
3. Реставрація за допомогою полімерних плівок, що тверднуть, ("метод панчохи").
4. Реставрація трубопроводів методом Flexoren.
5. Реставрація за допомогою поліетиленового гнучкого лицувального матеріалу з анкерними ребрами.



6. Реставрація за допомогою поліетиленових труб, оброблених термомеханічним способом (технологія U-Liners).
7. Реставрація шляхом напилювання покриття.
8. Технологія ущільнення Sanipor.
9. Санація металевих трубопроводів за допомогою цементно-піщаного облицювання.

### Довгий і короткий релейнинг

Технологія довгого релейнинга полягає у введенні в ушкоджений трубопровід нових труб, як правило, з поліетилену. Релейнинг у перекладі означає “протягання”. Різні фірми використовують свої методи протягання. Метод "Swage-Lining" використовується для реставрації напірних і безнапірних трубопроводів діаметром від 75 до 600 мм. Цим методом можна проводити відновлення достатньо довгих ділянок. Використовуються поліетиленові труби, що можуть бути зварені разом.

При методі "Swage-Lining" труба того ж діаметра, що і стара, протягається в ушкоджену трубу через котлован (рис. 9).

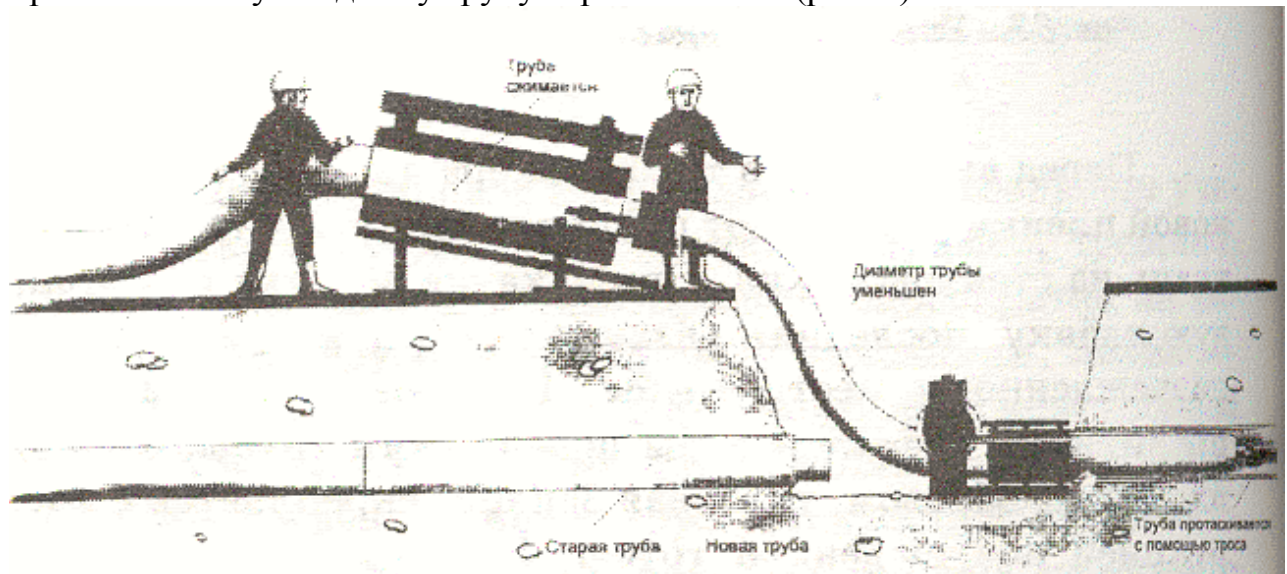


Рис.9. Протягання труби методом "Swage-Lining"

Попередньо зібраний батіг з поліетиленових труб пропускається через калібр (рис. 9), що нагрівається до температури 100 – 120° С, де труба зменшується на кілька сантиметрів у діаметрі, що забезпечує процес протягання. Коли труба встановлена в старому трубопроводі, протягом 24 годин відбувається відновлення її первісного діаметра і повне притиснення до внутрішньої поверхні трубопроводу, три цьому не утвориться міжтрубний зазор. У результаті нова труба має той же розмір, що і стара, за винятком товщини використовуваного матеріалу.

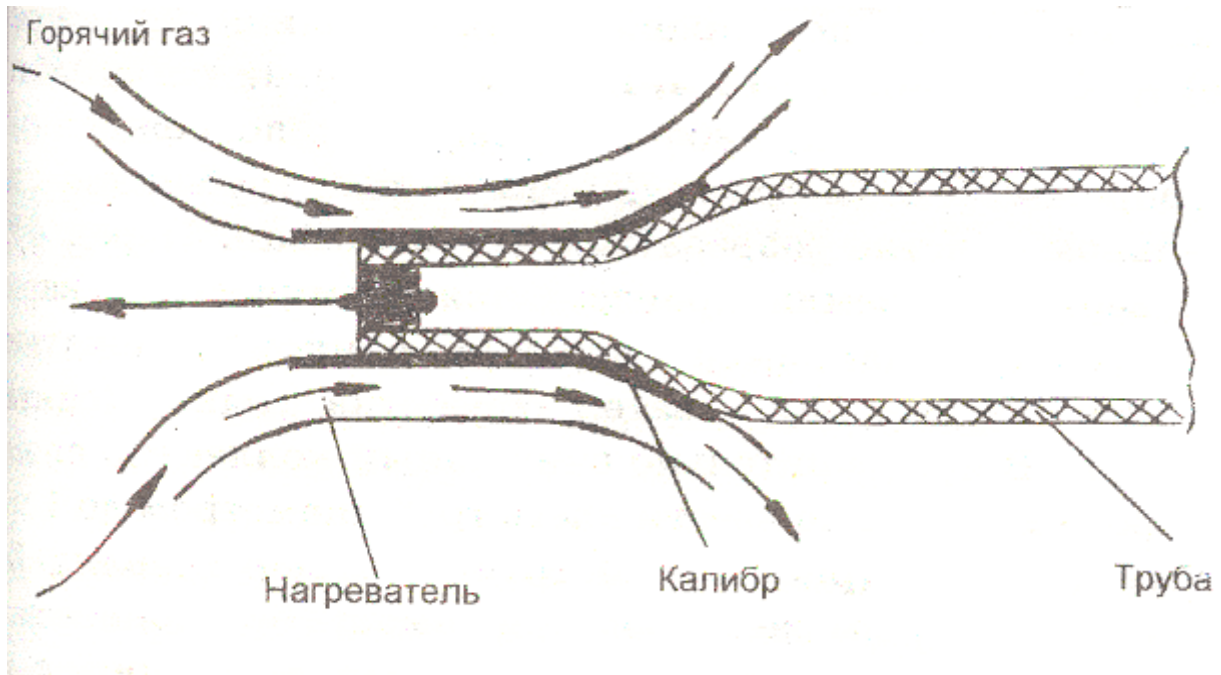


Рис. 10. Схема термічного обтиснення труби

Уведення труби методом "Swage-Lining" виконується за допомогою голівки для протягання, що закріплюється на початку нової труби. Труба протаскується в перед за допомогою троса. Напрямний ролик на початку старої труби контролює введення нової труби. Даний метод розроблений фірмою British Gas і рекомендований для відновлення сталевих, чавунних і азбестоцементних труб, ушкоджених зовнішньої і внутрішньої корозії і що мають дефекти в стикових з'єднаннях.

Крім технології "Swage-Lining" використовується також технологія Rolldown (для трубопроводів діаметром 50 – 500 мм). Вона відрізняється від попередньої тільки тим, що поліетиленовий трубопровід піддається тільки механічній обробці в спеціально сконструйованому пристрої, що має валики для стиску труб. Після введення трубопроводу в канал старого колектора в нього подають воду під тиском, завдяки чому труба повертається до свого первісного діаметра.

До методу довгого релайнінга відноситься так називаний метод "труба-труба" (фірма Rer Aarsleff A/S Pipe Technologies). У цьому методі використовуються пластмасові (поліетиленові, поліпропіленові, полівінілхлоридні) труби довжиною 10 – 12 м, що зварюються в батіг; він або втягується, або вштовхується в ушкоджений трубопровід. Для введення батіга в старий трубопровід на початковій ділянці розробляється котлован. Перед ним на поверхні землі виробляється термічне зварювання труб із зусиллям, а потім обробка стиків (зняття стружки). У попередньо очищений колектор способом протягання можна ввести батіг труб діаметром до 1 м і довжиною до 800 м (рис. 10). Міжтрубний зазор заповнюється цементно-піщаним розчином за допомогою насоса. Виявляється, що ушкоджений трубопровід не мав колін з кутом більш  $10^\circ$  і великого числа відгалужень.

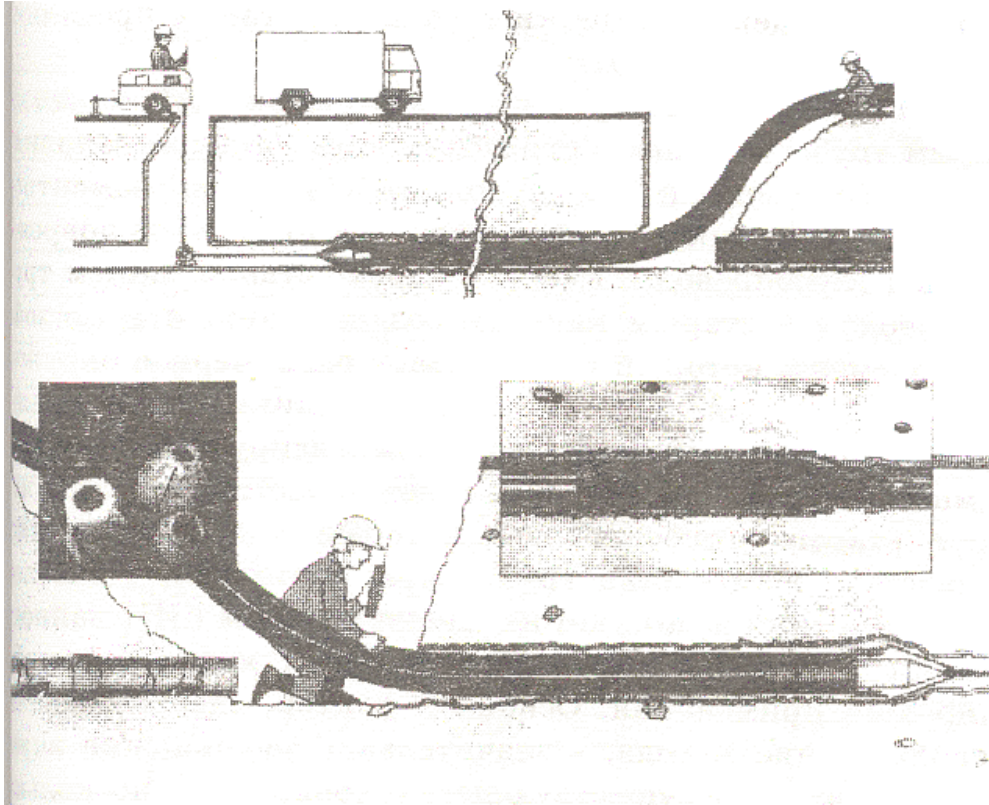


Рис. 11. Спосіб довгого релайнинга методом «труба - труба»

На відміну від методу «Swage-Lining» метод "труба-труба" має недоліки – необхідність заповнення міжтрубного простору і зменшення поперечного перерізу відновлюваного трубопроводу. Однак зниження шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводу за рахунок застосування пластмасових труб трохи компенсує зменшення перетину. При цьому пропускна здатність трубопроводу знижується незначно.

Альтернативою технології довгого релайнинга є короткий релайнинг. У системі короткого релайнинга існує багато способів упровадження коротких відрізків труб в ушкоджений трубопровід. Наприклад, у попередньо викопаній траншеї можна зварювати труби, довжина яких менше довжини цієї траншеї, а потім за допомогою троса перетягати їх до наступного каналізаційного колодязя.

Початкову траншею можна і не відривати, а короткі відрізки труб опускати на дно існуючого каналізаційного колодязя і з'єднувати їх між собою, наприклад скручуючи з уже встановленої в трубопровід трубою. Далі, як у попередньому випадку, перетягати в наступний колодязь. Уведені відрізки труб можна також проштовхувати за допомогою домкрата.

Після введення труб вільний проміжок між новим трубопроводом і існуючим каналом заповнюється або спеціальним наповнювачем, або цементно-піщаним розчином. Він зберігає від обвалів ушкоджений трубопровід і разом зі знову встановленим трубопроводом і старим каналом створює єдиний тришаровий елемент, що забезпечує рівномірне оточення трубопроводу, захищає його від проникнення в міжтрубний зазор ґрунтових вод, компенсує можливі температурні впливи, заповнює порожнини і порожнечі навколо старого трубопроводу, що часто виникають унаслідок вимивання ґрунту.



Найбільше часто короткий релейнинг називають методом “Вип-лайннер”. Незважаючи на удавану простоту, цей метод не знайшов широкого застосування. Основний фактор, що стримує використання методу - значне зменшення внутрішнього діаметра існуючого трубопроводу, оскільки для цього методу вимагаються труби з товстими стінками, щоб на їхніх кінцях можна було нарізати різьблення для з'єднання.

Використання методів довгого і короткого релейнинга дозволяє застосування універсальних труб ДИО і Spiro фінського акціонерного товариства KWH Pipe. Труби цього виду виготовляються з поліетилену високої щільності. Труби: ДИО мають гофровану оболонку, гладку внутрішню поверхню і зовнішній діаметр від 110 до 315 мм, випускаються довжиною 6 і 8 мм. Труби Spiro випускаються зовнішнім діаметром 400 – 3360 мм.

Основою жорсткості труб є кільцева шарувата конструкція. Труби випускаються в двох стандартних класах кільцевої жорсткості - 4 кН/м<sup>2</sup> (клас М 4) і 8 кН/м<sup>2</sup> (клас Т 8), табл.1.

Таблиця 1

*Характеристика труб Spiro*

Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр, мм	Кільцева жорсткість, кН/м <sup>2</sup>
400	350	4 і 8 (відповідно)
450	400	4 і 8
560	500	4 і 8
675	600	4 і 8
790	700	4 і 8
900	800	4 і 8
1125	1000	4 і 8
1350	1200	4 і 8
1580	1400	4 і 8
1680	1500	4 і 8
1800	1600	4 і 8
2015	1800	4 і 8
2250	2000	4 і 8
2475	2200	4 і 8
2690	2400	4 і 8
2800	2500	4 і 8
2915	2600	4 і 8
3140	2800	4 і 8
3360	3000	4 і 8

Великий діаметр труб, їхня висока міцність, жорсткість і хімічна стійкість дозволяють виготовляти з них і колодязі.

Стикування труб може здійснюватися різними способами: термо- і екструзійним зварюванням, що забезпечують одержання шва, що задовольняє вимогам міцності і герметичності. У цьому випадку можливе протягання батога труб у канал трубопроводу, що реконструюється. Короткий релейнинг

здійснюють при стикуванні труб з міццю нарізних сполучень чи за допомогою муфт.

### **Реставрація за допомогою ребристих стрічок, що утворюють внутрішню намотану трубу**

Ця технологія полягає у введенні усередину ушкодженого трубопроводу спіралью скрученої труби і профільованої поліхлорвінілової стрічки. Частіше усіх для цієї технології використовуються методи “Rib-Loc” і “Ersag”. Запатентований пластмасовий профіль виготовляється довжиною до 5000 м. Процес намотування труби здійснюється за допомогою пристрою, установлюваного за віссю трубопроводу усередині колодязя (рис. 12). Процес намотування відбувається безупинно від одного колодязя до іншого. За сприятливих умов швидкість утворення труби з профілів складає близько 1 м/хв. За одну операцію санірування може бути пройдений відрізок трубопроводу довжиною 200 м. Після процесу намотування вільний кільцевий простір, що залишився, між дефектною каналізаційною трубою і поліхлорвініловою спіральною трубою забивається спеціальним складом для міцності. Методом “Ersag” виготовляються труби діаметром 200 – 600 мм, які можна ввести в ушкоджений трубопровід на довжину до 100 м. Методом “Rib-Loc” реставрація втрубуванні в трубу діаметром 90 мм і 250 мм може бути здійснена за технологією “Rib-Loc Expanda”. Вона полягає у введенні у дефектний трубопровід труби, виконаної з профільної стрічки діаметром близько 70 % від діаметра колектора з наступним розширенням її зсередини до розміру діаметра колектора так, щоб стрічка торкалася ребрами профілів поверхні старого трубопроводу. Після цього виконується закладення міжреберного простору нової труби за допомогою епоксидної композиції.

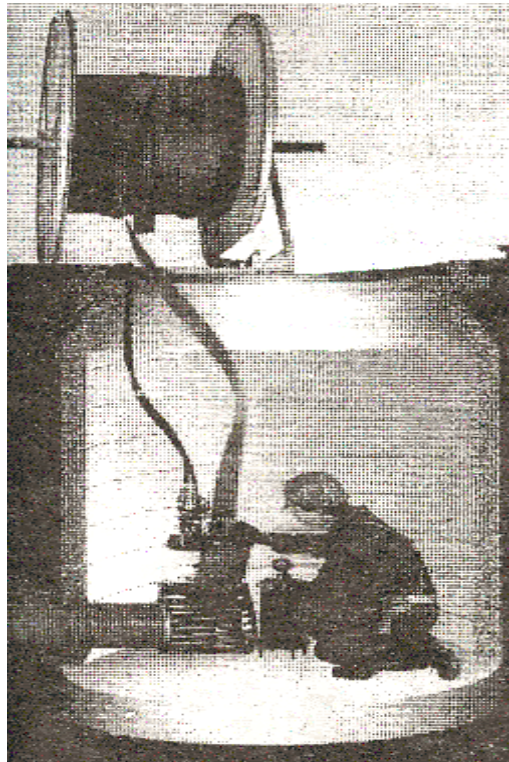


Рис. 12. Ремонт трубопроводу методом намотаної труби

### **Реставація за допомогою полімерних плівок, що тверднуть, ("метод панчохи")**

Технології, що входять у цю групу, полягають у введенні в трубопровід плівки зі смоли, що після прогріву, наприклад гарячою водою чи гарячим повітрям, поступово твердіє й одночасно притискається до старої конструкції каналу.

У технології "Insituform" використовують плівку з голчастого волокна. Найчастіше це волокно з поліестеру, на 85 % наповнене повітрям, а на 15 % - поліестерними волокнами. З зовнішньої сторони плівки мається шар із ПВХ товщиною не менш 0,25 мм, що після вивертання панчохи з'являється з внутрішньої сторони труби. Товщина плівки від 3 до 42 мм. Плівка виготовлена таким чином, що її зовнішній діаметр трохи менше внутрішнього діаметра трубопроводу. Найчастіше волокно в заводських умовах просочене поліестеровою смолою. За допомогою води в місці проведення ремонтних робіт плівку під тиском вводять у трубопровід. Цей метод відомий ще за назвою "метод Панчоха". Під гідростатичним тиском води (0,5 - 0,7 атм.) розвертається, знаходить свій шлях у трубопроводі, проходить через колінчаті патрубки з кутом до 90°. У тих місцях, де з'єднання труб зміщені відносно один одного, "панчоха" створює плавний перехід. У тих місцях, де ділянки цілком відсутні (провали), "панчоха" знаходить свій власний шлях при наявності проходу в трубі. Під гідростатичним напором води, що розправляє рукав і щільно притискає його до внутрішньої поверхні старої труби, можна реконструювати ділянку довжиною до 300 м. Одночасно зі своїм просуванням по трубопроводу рукав протягає термостійкий шланг діаметром 80 – 100 мм, необхідний для циркуляції гарячої води по всій довжині трубопроводу, що ремонтується. Після установки рукава в потрібне положення його приєднують до напірної трубки бойлерної установки чи теплогенератора і починають нагрівання рукава гарячою водою до температури 60 – 80° С.

Процес полімеризації "панчохи" триває від 8 до 16 годин, у залежності від довжини і діаметра відновлюваної ділянки. Заключною операцією відновлення каналізаційного колектора є виготовлення лоткової частини оглядових колодязів і остаточний контроль якості виконаних робіт за допомогою відео зйомки. Продуктивність реконструкції методом "панчохи" досягає 300 м за добу. Метод "панчохи" є ідеальним для реконструкції всіх типів трубопроводів з діаметрами від 75 до 3000 мм, круглого, овального чи квадратного перетину. На сьогоднішній день існує безліч різновидів технології "Insituform", що відрізняються друг від друга способами введення панчохи, отвердіння плівки, діапазоном застосування в залежності від поперечного перерізу трубопроводів, що ремонтуються, можливостями використання максимальної довжини "панчохи" і видом матеріалу плівки "панчохи".

Розміщення рукава в трубопроводі є однією з найбільш відповідальних операцій технологічного процесу реконструкції трубопроводів методом "панчохи". Технологічна операція особливо ускладнюється при ремонті довгих (більш 100 м) ділянок трубопроводів великих діаметром (більш 400 мм).

Найбільш простим і доступним методом розміщення рукавної заготовлі є її пряме протягання в трубопровід, що ремонтується, за допомогою лебідки (рис. 13).

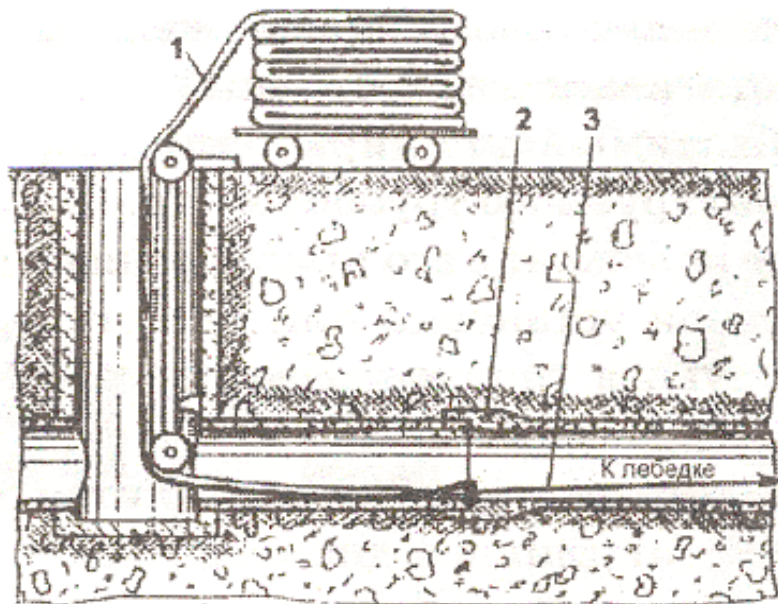


Рис.13. Спосіб розміщення комбінованого рукава в трубопроводі, що ремонтується, методом «протягання»

- 1- комбінований рукав;
- 2- трубопровід, що ремонтується;
- 3- трос.

У цьому випадку армуючий матеріал, просочений полімерним зв'язуючим повинний бути захищений герметичною оболонкою від контакту з внутрішньою поверхнею трубопроводу, що ремонтується. Зовнішня плівкова оболонка рукава, по-перше, запобігає прямий контакт робочого персоналу з полімерним в'язучим у процесі роботи з рукавною заготовлею, а по-друге, значно знижує зусилля протягання комбінованого рукава при його розміщенні.

Якщо при ремонті каналізаційних трубопроводів наявність розділового шару між старим трубопроводом і "панchoхою" істотно не впливає на працездатність останнього, то при відновленні трубопроводів, що працюють під тиском, потрібно надійне з'єднання ремонтного покриття з внутрішньою поверхнею труб.

Таке з'єднання можна забезпечити в процесі формування ремонтного покриття з просоченою в'язучою речовиною матеріалу, що армує, при безпосередньому його контакті з добре очищеною і просушеною внутрішньою поверхнею трубопроводу. Тому метод протягання рукавної заготовлі, що передбачає наявність розділового шару між просоченим в'язучим компонентом, армуючим матеріалом і внутрішньою поверхнею трубопроводу, не може бути використаний при ремонті вологих трубопроводів за методом "панchoхи". Крім того, метод "протягання" має і інші обмеження, що визначаються, насамперед, масою рукава. Наприклад, маса рукавної заготовлі для ремонту каналізаційного трубопроводу діаметром 600 мм і довжиною 100 м становить близько 3500 кг і при протяганні важкого рукава в ньому виникають напруження, порівнянні з межею розривної міцності матеріалу, що армує. Тому

метод "протягання" використовують при ремонті коротких (не більш 70 м) ділянок каналізаційних трубопроводів діаметром не більш 400 мм.

Для розміщення важких довгих комбінованих рукавів великих діаметрів, а також для забезпечення надійного клейового з'єднання рукава з внутрішньою поверхнею трубопроводу використовується метод вивороту двошарової рукавної заготівлі в трубопровід, що ремонтується. Комбінований рукав у цьому випадку являє собою двошарову структуру, що складається з просоченого в'язучим компонентом армуючого матеріалу з зовнішнім термопластичним покриттям. При вивороті такого рукава відбувається його просування усередину трубопроводу. Матеріал, що армує, вступає в безпосередній контакт із внутрішньою поверхнею трубопроводу, а зовнішнє герметичне покриття виявляється усередині заготівлі, запобігаючи прямого контакту в'язучого з теплоносієм. Здійснити виворіт комбінованого рукава можна як за допомогою троса, так і тиску рідкого чи газового середовища. У першому випадку зусилля вивертання рукава і створюється за допомогою лебідки. Вивертання у кийкий метод можна відносно короткі і досить м'які рукави. Саме з цієї причини даний спосіб вивороту не знайшов широкого застосування.

Більш перспективним виявилось розміщення рукавної заготівлі в трубопроводі методом вивороту тиском газового чи рідкого середовища. Технологічно здійснити "гідровиворіт" комбінованого рукава значно простіше, ніж вивернути його стисненням повітрям. При ремонті каналізаційних трубопроводів використовують порівняно м'які, на основі синтетичної повсті, комбіновані рукави.

Цей тиск створюється стовпом води, висота якого визначається глибиною оглядового колодязя  $h_1$  і висотою естакади  $h_2$ , на вершині якої кріпиться один з кінців комбінованого рукава 1. Для розміщення рукавної заготівлі звичайної структури довжиною до 300 м досить гідростатичного тиску 5 - 7 м водяного стовпа.

При ремонті напірних трубопроводів застосовуються матеріали, що армують, на основі склотканин, просочених термопластичним матеріалом. Рукава такої структури більш жорсткі і для їхнього вивороту потрібно більший тиск. Крім того, необхідно ретельне зневоднювання їхньої внутрішньої поверхні, тому застосування гідровивороту в даному випадку протипоказано. При ремонті трубопроводів, що працюють під тиском, розміщення комбінованого рукава здійснюють пневмовиворотом (рис. 14).

Для його здійснення потрібно більш складне технологічне устаткування, головним з яких є барокамера 2, у якій розміщується комбінований рукав 1. Таке устаткування не тільки дороге, але і потребує спеціального ліцензування.

Метод розміщення рукавної заготівлі виворотом має обмеження. При ремонті сильно зруйнованих трубопроводів вимагаються комбіновані рукави спеціальної структури. З метою розширення області застосування методу "панчохи" фірмою "Insituform" запропонований новий спосіб розміщення комбінованого рукава в трубопроводі, що ремонтується. Спосіб, що поєднує в собі традиційне протягання і виворіт, полягає в наступному. Основний комбінований рукав (1) з'єднується з допоміжним рукавом (2), виготовленим з



герметичного матеріалу - спеціально обробленої синтетичної тканини. При гідровивороті такого рукава усередині нього утвориться порожнина (3), заповнена водою, у яку за допомогою допоміжного рукава за рахунок діючого на нього гідростатичного тиску протаскується основний комбінований рукав (рис. 15).

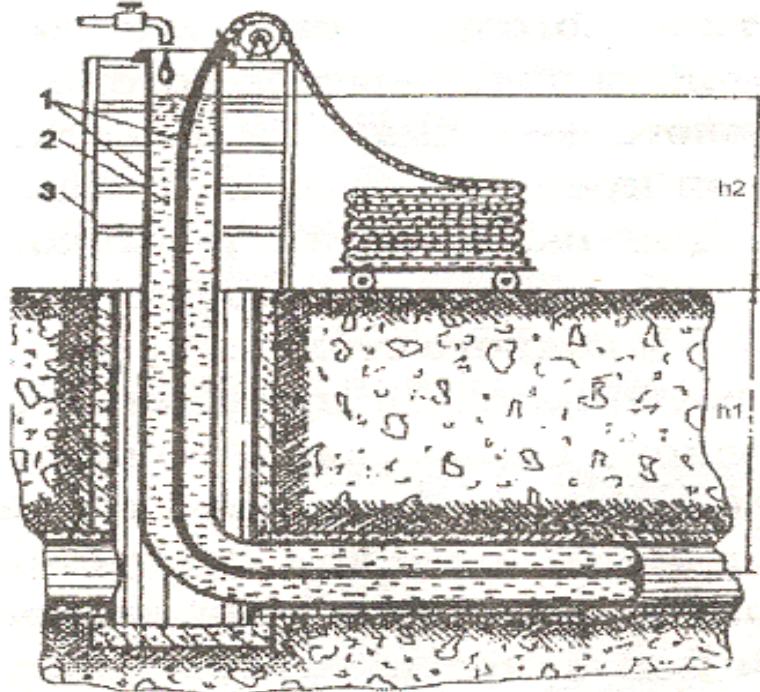


Рис. 14. Спосіб розміщення комбінованого рукава методом «гідровивороту».

1 - комбінований рукав; 2 - стовп рідини; 3 – естакада.

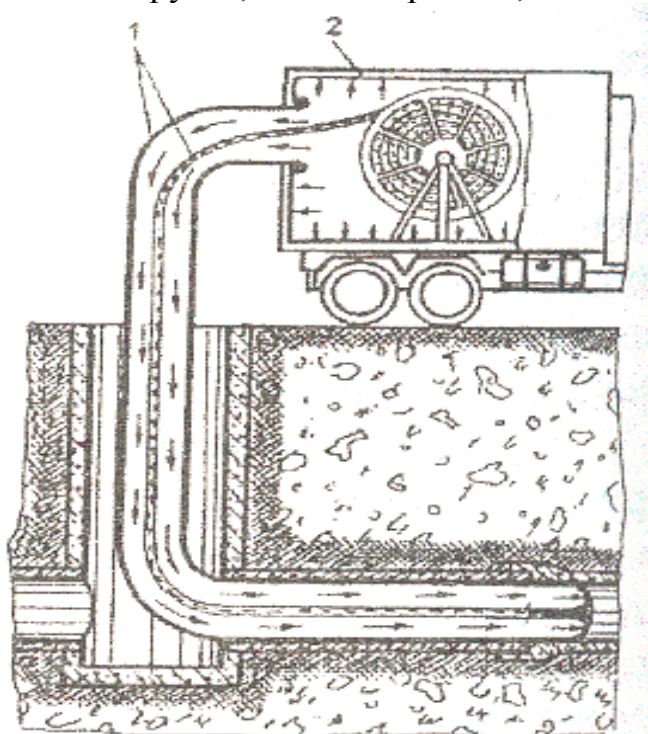


Рис. 15. Спосіб розміщення комбінованого рукава методом «пневмовиворота».

1 – комбінований рукав; 2 – барокамера.

Рух останнього здійснюється у водяному середовищі, і рукавна заготівля як би пливе в трубопроводі, не піддаючи механічним навантаженням. Головною перевагою даного способу є можливість розміщення у трубі, що ремонтується, жорстких комбінованих рукавів підвищеної міцності.

Допоміжний рукав необхідний лише на стадії розміщення рукавної заготівлі в трубопроводі, тому його вартість повинна бути мінімальною. У той же час рукав для вивороту повинний бути досить міцним, щоб витримувати не тільки дію порівняно великого гідростатичного тиску, але і зусилля, необхідне для протягання заготівлі ремонтуємого покриття.

Найбільш широке поширення одержав спосіб ремонту трубопроводів з використанням гнучкого комбінованого рукава, що представляє собою тришарову структуру, що складається з армуючого матеріалу, просоченого полімерним в'язучим й укладеного між оболонками з термопластичних плівок.

Однією з найбільш відповідальних операцій технологічного процесу виготовлення комбінованого рукава є просочення матеріалу, що армує, термореактивним в'язучим (поліефірним, епоксидним).

Ученими запропоновано метод виготовлення комбінованого рукава, що дозволяє домогтися практично рівномірного просочення армуючого матеріалу як по довжині, так і по периметру покриття, а також до мінімуму знизити непродуктивні втрати в'язучого. Для просочення використана композиція на основі стиролвміщуючої поліефірної смоли з використанням як ініціатора отвердіння - органічного перекису, а прискорювача отвердіння - нафтената кобальту. У якості матеріалу, що армує, пропонується багатошаровий рукав, що складається з двох шарів ровингової склотканини ТР-0,7 і одного шару синтетичної повсті. Товщина такого комбінованого покриття складає близько 6 мм, а оптимальний відносний об'ємний вміст в'язучого в композиті – 80 %.

Суть методу виготовлення рукава полягає в наступному (рис. 16). У заготівлі комбінованого рукава, що представляє собою рукавний армуючий матеріал і зовнішню термопластичну оболонку, по всій її довжині розміщують "рукав-ємність" (рис.16, а).

Діаметр останнього може бути розрахований таким чином, що кількість в'язучого при його заповненні виявиться достатньою для просочення армуючого матеріалу в заданому співвідношенні "наповнювач – в'язуче"

Діаметр "рукава-ємності"  $D_p$  визначиться за формулою:

$$D_p = \frac{F_v \sqrt{D_z^2 - D_{вн}^2}}{100},$$

де  $F_v$  – необхідний відносний об'ємний вміст в'язучого в ремонтному покритті, %;

$D_z$  і  $D_{вн}$  - зовнішній і внутрішній діаметр ремонтного покриття.

Потім у "рукав-ємність", заглушений з одного кінця, заливають в'язучу речовину до його повного заповнення на всю довжину заготівлі (рис. 16, б). Використовуючи вищенаведену формулу, можна визначити кількість в'язучого  $U$ , необхідно для заповнення "рукава-ємності" діаметром  $D_p$  і довжиною  $L$ , що дорівнює довжині покриття.

$$U = 4 * 10^{-4} * \pi L * F_{св}^2 (D_n^2 - D_{вн}^2)$$

Після заповнення "рукава-ємності" на задану довжину заглушений його кінець відкривають і роблять витягування з одночасним видавлюванням в'язучого (рис.16, в). У процесі витягу "рукава-ємності" відбудеться рівномірний розподіл в'язучого усередині рукава по всій довжині заготівлі. Для повного просочення армуючого матеріалу здійснюється віджим заготівлі спеціальним механізованим пристосуванням, що представляє собою гумові притискні валки з приводом, розміщеним на рамі з колісьми (рис.16, г). Обертаючи, валки пропускають між собою заготівлю, одночасно забезпечуючи рух усього пристосування по довжині рукава, що просочується.

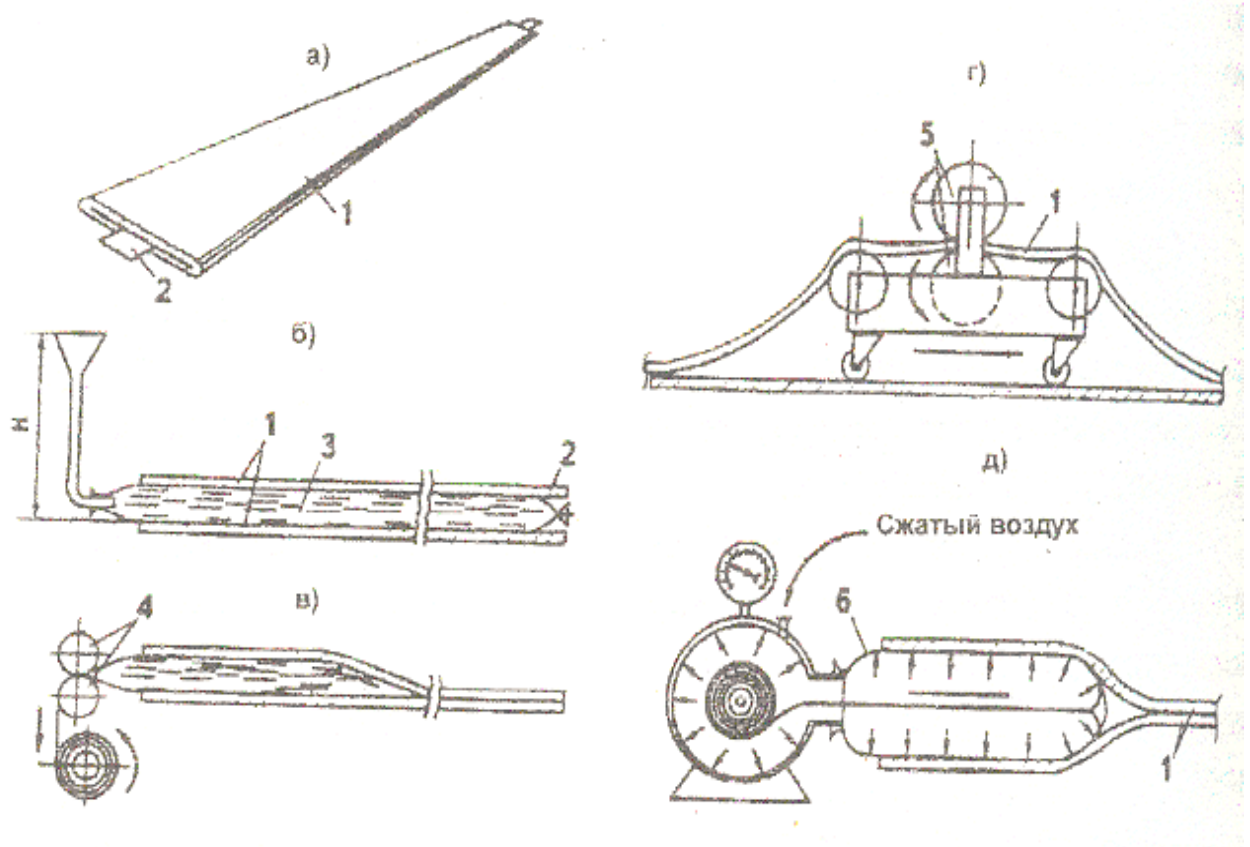


Рис. 16. Новий метод виготовлення комбінованого рукава для ремонту трубопроводів

- а) – вихідний комбінований рукав з "рукав-ємність" для в'язучого;
- б) – подача в'язучого в "рукав-ємність"; в) – розподіл в'язучого по довжині комбінованого рукава за допомогою витягування "рукава-ємності"; г) – просочення комбінованого рукава валковим пристроєм; д) - "виворіт" у просочений комбінований рукав поліпропіленового рукава;



1 - заготівля комбінованого рукава; 2 - "рукав-ємність"; 3 - в'язуча речовина; 4 - витягаючі валки; 5 - віджимні валки; 6 - внутрішній плівковий рукав.

Після проходження заготівлі через валковий пристрій у випадку ремонту каналізаційних трубопроводів необхідно ввести усередину просоченого армуючого матеріалу термопластичний плівковий рукав. Останній запобігає контакту просоченого армуючого матеріалу з теплоносієм (пара, гаряча вода), якщо рукав розміщується в трубопроводі, що ремонтується, методом "протягання" або з вологою на поверхні трубопроводу – у випадку розміщення комбінованого рукава в ньому методом вивороту.

При розміщенні внутрішнього термопластичного рукава усередині заготівлі методом пневматичного "вивороту" відбувається додаткове вирівнювання вмісту в'язучого матеріалу й остаточне просочення на всю глибину армуючого матеріалу (рис. 16, д).

Полімеризація внутрішнього ремонтного покриття здійснюється гарячою водяною парою при тиску  $0,5 \text{ кг/см}^2$  і температурі  $100^\circ \text{C}$  протягом 3 годин.

### Реставрація трубопроводів методом "Flexoren"

Метод "Flexoren" набув широкого застосування серед інших способів відновлення каналізаційних трубопроводів невеликого діаметра (до 300 мм), оскільки він досить простий, не вимагає складного і дорогого устаткування, а темпи відновлення високі. Велика популярність цього методу викликана використанням гнучких труб фірми "Uponor".

Труба цієї фірми являє собою двошарову конструкцію, що складається з зовнішньої гофрованої і внутрішньої гладкої складової. Спеціальні муфтові з'єднання або заводський нагрівальний елемент, яким постачений один з кінців труби, дозволяють з'єднувати чи зварювати окремі секції в батіг необхідної довжини прямо на місці провадження робіт. Характеристика труб приведена в табл. 2.

Таблиця 2

#### Характеристика труб "Uponor"

Номінальні розміри перетину, мм $d_{\text{зовн.}} / d_{\text{внутр}}$	Довжина, м	Рекомендовані для санації труб діаметром, мм
117/100	6	125-150
175/150	10	200
200/175	10	225
233/200	10	250
270/240	10	300

Труби характеризуються високою механічною міцністю і мають радіус вигину, що дозволяє монтувати їх з поверхні землі через люк колодязя (рис. 17). У стару, попередньо очищену трубу (2), за допомогою лебідки протаскують полімерну трубу (1). Міжтрубний зазор зашпаровується цементно-піщаним

розчином. Одним з недоліків методу є помітне зменшення (на 10 – 15 %) внутрішнього діаметра трубопроводу після ремонту.

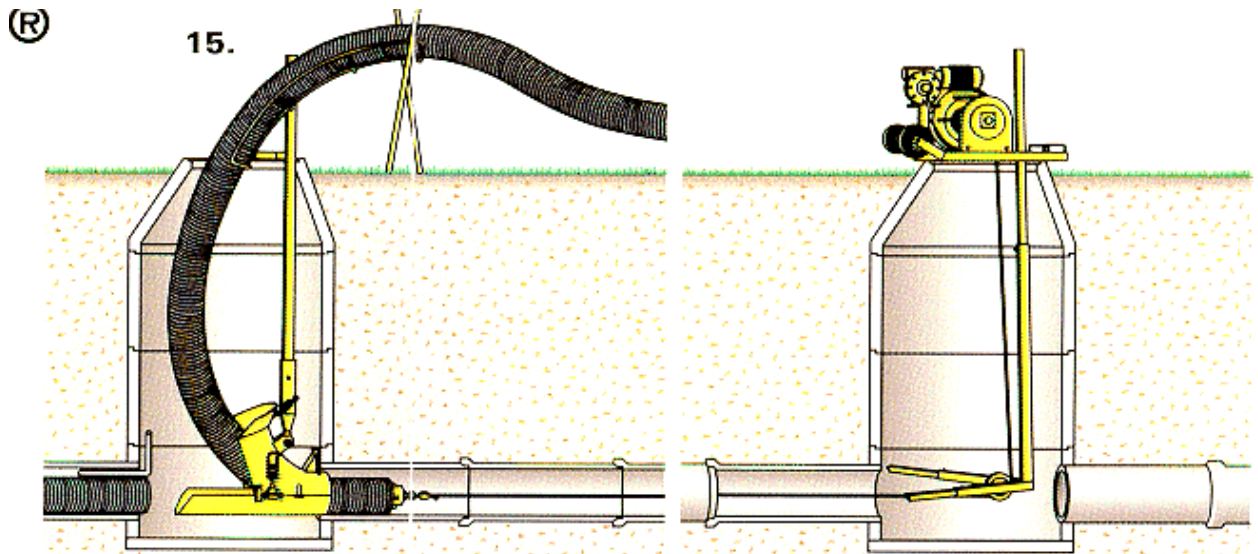


Рис.17. Ремонт трубопроводу методом фірм “Flexoren”

1 – полімерна труба "Uropor"; 2 – трубопровід, що ремонтується.

### Рестаурація за допомогою поліетиленового гнучкого лицювального матеріалу з анкерними ребрами

Ця технологія більш відома за назвою “Trolining” або “Sure Grip” і дозволяє реставрувати каналізаційні трубопроводи діаметром 400 – 3000 мм, що мають специфічний профіль, наприклад, шатровий чи овальний канал.

Лицювальним матеріалом звичайно є поліетиленова чи пропіленова плівка товщиною 2 – 5 мм з анкерними виступами, що утворюються в процесі виготовлення цього матеріалу. У результаті між плівкою й анкерами немає звареного з'єднання, що послабляло б міцність лицювального матеріалу. У заводських умовах плівка зварюється у виді рукава довжиною до 100 м, намотується на барабани багаторазового використання й у такому виді поставляється споживачам.

При облицюванні еластично деформований рукав за допомогою пристрою, що втягує, на місці ремонтних робіт вводять через існуючі каналізаційні колодязі в ушкоджений трубопровід. Після цей рукав закривають із двох сторін (між колодязями) гумовими пробками і наповнюють водою. Під дією тиску води форма рукава відновлюється до форми поперечного перерізу каналу трубопроводу.

Завдяки незначній товщині лицювального матеріалу по периметрі між стінкою трубопроводу і лицювальною плівкою утвориться вузький проміжок шириною 2 – 3 см і виходить незначне зменшення поперечного перерізу.

Тиск води при облицюванні підтримується в рукаві не менш 24 годин. Увесь цей час контролюється герметичність рукава (щоб упевнитися, що рукав не одержав ушкоджень під час транспортування, намотування і розмотування з

барабану), і тільки після цього порожнину між облицувальною плівкою і старим трубопроводом заповнюють спеціальною ін'єкційною композицією, шар якої повинний відповідати висоті анкерних виступів (рис. 18).

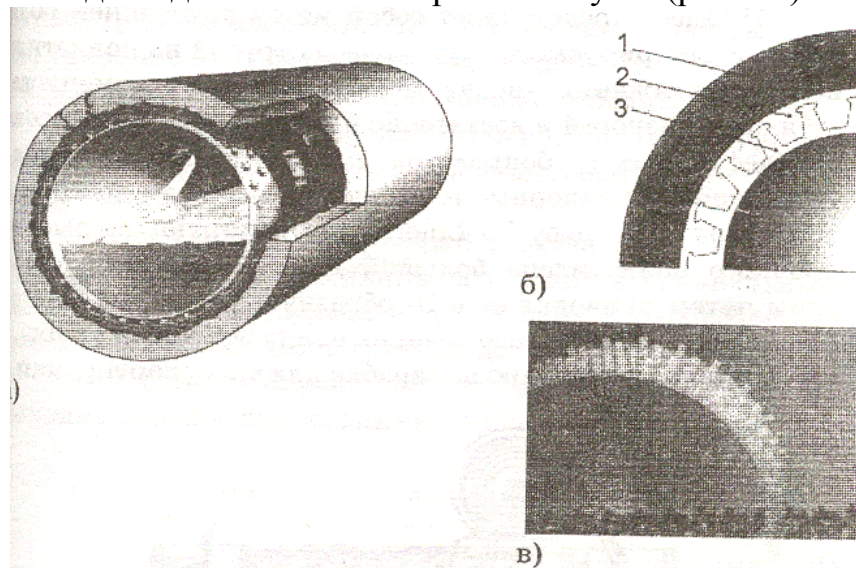


Рис.18. Реставрація трубопроводів методом "Trolining"

а) – конструктивні шари труби; б) – схема покриття:

1 – ушкоджений трубопровід; 2 – ін'єкційна композиція; 3 – плівка з анкерами;

в) – фрагмент плівки з анкерними виступами.

Після твердіння ін'єкційна маса має міцність, що відповідає міцності бетону марки 400.

В Україні облицувальну плівку з подовжніми анкерами випускає установка Донецького ПромбудНДІпроекта відповідно до ТУ 21-33-1-85 "Плівка поліетиленова з анкерними ребрами".

### **Реставрація за допомогою поліетиленових труб, оброблених термомеханічним способом (технологія "U-Liners")**

"U-Liners" – це метод внутрішнього облицювання трубопроводу, що реставрується, трубою з поліетилену. Протягом багатьох років цей метод зарекомендував себе як недорогий і досить швидкий спосіб санірування дефектних трубопроводів. Діапазон використання - безнапірні і напірні (з робочим тиском до 0,1 МПа) трубопроводи. Трубу "U-Liners" виготовляють екструзією з високоміцного поліетилену великою довжиною, термомеханічним шляхом приводять її в U-подібну форму, що сильно скорочує поперечний переріз поліетиленової труби, і намотують останню на барабан для транспортування. Для виконання операції втягування за допомогою лебідки потрібно провести лише незначні грабарства (об'єми грабарств менше, ніж у традиційних способах у 6 - 10 разів). При саніруванні каналізаційних трубопроводів робити грабарства не треба, тому що в цьому випадку для введення труби "U-Liners" можуть бути використані каналізаційні колодязі (рис. 19).

За одну проходку може бути відновлений трубопровід довжиною до 600 м з умовним діаметром від  $D_u = 100$  мм до  $D_u = 400$  мм.

Після введення у ділянку, що санується, труба "U-Liners" обрізується до потрібної довжини і глушиться спеціальними заглушками. При подачі в трубу

стиснутої пароповітряної суміші "U-Liners" розширюється до своєї первісної кругової форми (ефект пам'яті) таким чином, що відбувається щільне притискання до стінок старої труби.

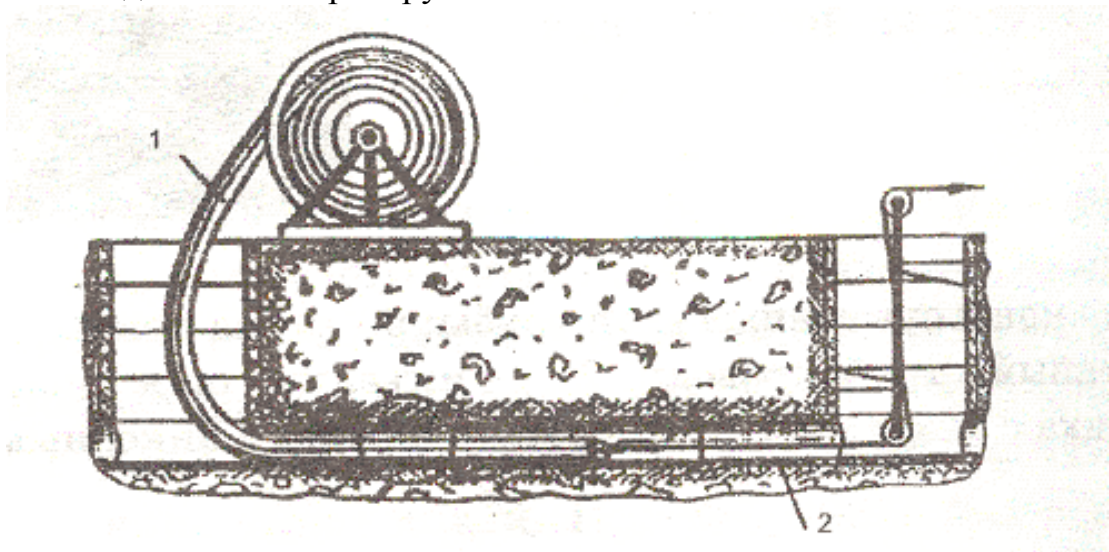


Рис. 19. Ремонт трубопроводу з використанням U-подібної полімерної труби.

1 – складена U-подібна полімерна труба; 2 – трубопровід, що ремонтується.

#### **Реставрація шляхом напилювання покриття.**

Прикладом цієї технології служить технологія "Twin-Line". Вона застосовується в трубопроводах круглого поперечного переріза діаметром 150 – 600 мм. Унаслідок напилювання поліуретану на внутрішню поверхню каналу утворюється нова труба товщиною від 5 до 14 мм (у залежності від розміру поперечного переріза трубопроводу, що реставрується).

Така технологія дозволяє виконати відновлення відразу 100-метрової ділянки трубопроводу і застосовується для самопливних і напірних колекторів.

Технологія "Twin-Line" здійснюється за допомогою пульверизатора, до якого по двох трубопроводах подається смола й отверджувач. За допомогою лебідки пульверизатор вводять у трубопровід через колодязь.

У пульверизаторі смола змішується з отверджувачем, після чого під тиском наноситься на внутрішню поверхню трубопроводу. Уже приблизно через 60 секунд плівка поліуретанового покриття здобуває 90 % своєї кінцевої міцності. До пульверизатора прикріплюється гумовий балон, що при переміщенні останнього вирівнює і вигладжує поверхню. За виконанням робіт можна спостерігати за допомогою відеокамери. Технологія використовується в бетонних і залізобетонних трубопроводах частково ушкоджених зсередини корозією.

#### **Технологія ущільнення "Sanipor"**

Основний процес герметизації ушкодженого трубопроводу і ґрунту довкола нього в місцях ушкоджень здійснюється в два етапи. Спочатку ділянка трубопроводу заповнюється субстанцією "А" і в залежності від місцевих умов у ньому підтримується тиск 10 - 40 кПа. Унаслідок цього субстанція "А"



проникає в нещільності й у ґрунт навколо трубопроводу. Падіння тиску компенсується постійним додаванням субстанції в трубопровід до моменту припинення падіння тиску.

Приблизно через 30 хвилин здійснюється другий етап - залишки субстанції "А" відкачують і в спорожнений трубопровід нагнітається субстанція "Б". Унаслідок реакції між компонентами "А" і "Б" утвориться необоротне водонепроникне желе. Процес ін'єкції завершується, після чого виробляється відкачка субстанції "Б".

Якщо в трубопроводі маються значні нещільності чи ґрунт навколо трубопроводу має великий коефіцієнт фільтрації, то підтримувати достатній рівень тиску неможливо. У цьому випадку процес нагнітання й ущільнення приходить виконувати ще раз або навіть багаторазово. Відкачування субстанцій "А" і "Б" у цьому випадку здійснюється з більш короткими інтервалами часу. Порожнечі, що залишилися, і нещільності поступово заповнюються утворювальним желе. Субстанції "А" і "Б" після очищення можна використовувати вдруге. Процес ін'єкціювання й ущільнення супроводжується контролем методу "Sanipor" ущільнюються всі дефекти трубопроводу і ґрунт довкола нього. Одночасно з трубопроводом герметизуються і колодязі.

### **Санація металевих трубопроводів за допомогою цементно-піщаного облицювання**

Сталеві трубопроводи каналізації, що працюють у напірному режимі, мають ступінь надійності, аналогічний водопроводам.

Найбільш надійними і перевіреними у світовій і вітчизняній практиці експлуатації сталевих трубопроводів водопостачання і каналізації є цементно-піщані покриття, що наносяться методом відцентрового набризку на внутрішні поверхні труб. Такі покриття, а також технологія й устаткування для їхнього нанесення однаково успішно застосовуються як при новому будівництві (у польових і базових умовах), так і на діючих трубопроводах.

При облицюванні трубопроводів зі значним ступенем зносу досягається нормативна герметизація свищів нещільних стикових з'єднань, що дозволяє відмовлятися від необхідності перекладки старих труб і в найкоротший термін відновити їхню працездатність.

Вартість робіт із санірування зношених трубопроводів методом цементно-піщаного облицювання не перевищує 50 % витрат на прокладку нових труб, зі збільшенням діаметра трубопроводу ці витрати знижуються на 18 – 20%. Починаючи з 1997 р., фірма "Доркомтехника" (Росія) приступила до виготовлення і постачань технологічного устаткування для внутрішнього цементно-піщаного облицювання трубопроводів. Устаткування дозволяє робити обробку труб з довжиною ремонтних ділянок до 180 м у широкому діапазоні діаметрів: від 100 до 2000 мм. Захисний шар цементно-піщаного покриття, що наноситься методом відцентрового набризку за допомогою пневморотаційних облицювальних машин з одночасним наступним загладжуванням, має гладку поверхню і рівномірну товщину, що у залежності від діаметра труб складає 4 – 16 мм.

Комплект устаткування для санірування трубопроводів за допомогою цементно-піщаного облицювання включає:

- агрегат для готування і подачі цементно-піщаного розчину, у складі якого маються розчинозмішувач і розчинонасос продуктивністю 20 – 80 (160) л/хв. і робочим тиском до 60 кг/см<sup>2</sup>;
- гумовотканинні рукави діаметром 38 чи 50 мм на тиск 40 (60) кг/см<sup>2</sup> з швидко роз'ємними з'єднаннями;
- лебідку зі стискальним зусиллям до 2,2 т, що має одну передачу з безступінчастим регулюванням швидкостей у діапазоні 0,6 - 6,0 м/хв. для переміщення лицювальних машин і другу передачу зі швидкістю намотування каната 18 м/хв. для виконання робіт з очищення;
- технологічну лебідку для повернення каната при очищенні трубопроводу;
- пристрій для первісного проходу ремонтних ділянок труб;
- лицювальні пневморотаційні машини в комплекті з конусами, що загладжують, для труб діаметром 100 - 700 мм, а також з лопатками, що загладжують, для труб діаметром 800 - 2000 мм;
- шкребки для механічного очищення внутрішньої поверхні труб і гумові поршні для витягу з них забруднень;
- направляючі блоки, ролики й інше технологічне оснащення.

Спосіб нанесення цементно-піщаного покриття на внутрішню поверхню ремонтуемого трубопроводу полягає в тім, що на очищену поверхню трубопроводу 3 за допомогою повітряної турбіни 2 наноситься цементно-піщана суміш 1 (рис. 20).

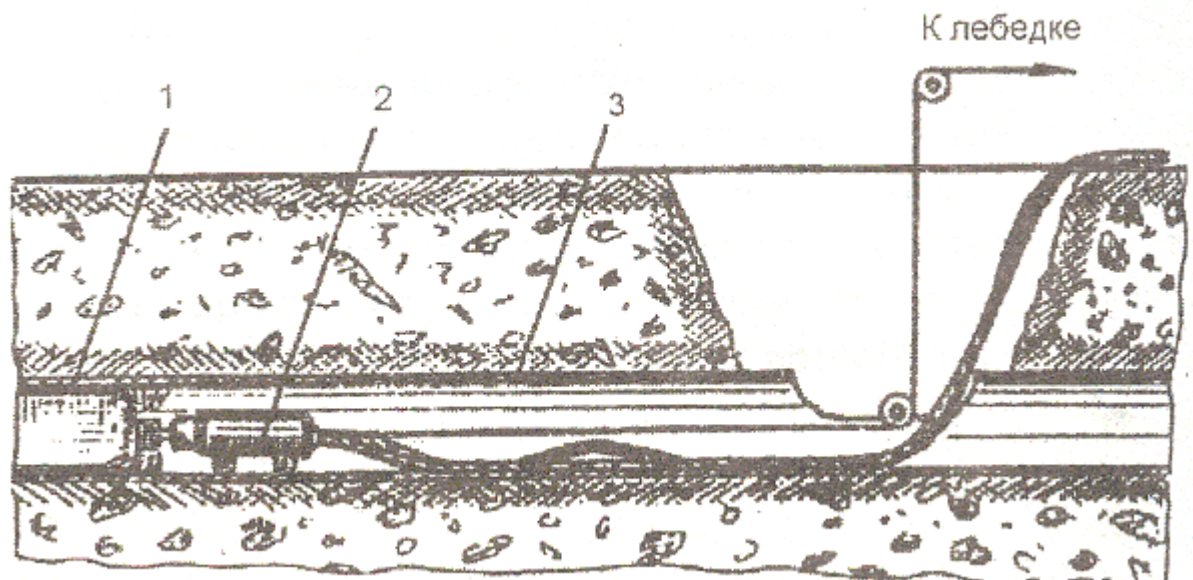


Рис.20. Ремонт трубопроводу цементно-піщаним розчином.

- 1- цементно-піщане внутрішнє облицювання;
- 2- повітряна турбінна машина;
- 3- трубопровід, що ремонтується.

До переваг методу слід віднести його технологічну простоту і відносно низьку вартість ремонтних робіт. З недоліків методу можна відзначити, насамперед, порівняно тривалий (від 3 до 5 діб) технологічний цикл. Крім того,

спосіб не може бути використаний для відновлення зруйнованих трубопроводів.

## **МЕТОДИ ЗАМІНИ ІСНУЮЧИХ ТРУБОПРОВОДІВ З МОЖЛИВІСТЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇХНЬОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ**

1. Технологія демонтажу трубопроводу і заміни його новим.
2. Технологія усунення старого трубопроводу і ґрунту довкола нього.

### **Технологія демонтажу трубопроводу і заміни його новим**

Заміну існуючого трубопроводу новим - однакового чи більшого діаметра, можна здійснити, використовуючи технології “Berstlining”, “Berstverfahren”, “Pim-Berstlining”. Ці технології дозволяють замінити труби з різних матеріалів (сталі, чавуна, азбестоцементу, поліхлорвінілу, кераміки, бетону) поліетиленовими, сталевими й іншими.

Цей метод зручно застосовувати в тих випадках, коли доступ до каналізаційних трубопроводів утруднений через велику глибину залягання, суцільного кріплення чи проблем, зв'язаних з рухом транспорту.

У даному методі основним устаткуванням, що руйнує стару трубу і встановлює нову, є пневмопробійник (підземна російська ракета).

Лебідка, з'єднана тросом із пневмопробійником, є допоміжною і призначена тільки для організації спрямованого руху пневмопробійника. У протилежному випадку пневмопробійник може відхилитися від вісі старої труби і піти убік, у ґрунт.

Застосування цього методу дозволяє відремонтувати ділянки каналізаційної мережі, що має невеликі провали і зсув труб відносно один одного. При заміні чавунних, бетонних, азбестоцементних і керамічних труб, ділянки трубопроводів довжиною до 120 м можна реконструювати за один день. Розміри нових напірних трубопроводів, що вводяться, від 50 до 315 мм, каналізаційних самотливих трубопроводів - від 100 до 600 мм.

### **Технологія усунення старого трубопроводу і ґрунту довкола нього**

Ця технологія відома за назвою “Pipe eating”, “Uberfahren” і складається в проходженні через існуючий канал щитового комплексу більшого діаметра, чим існуючий трубопровід, його руйнуванні і впровадженні замість нього нового, більшого перетину. Фрагменти зруйнованого старого трубопроводу і ґрунту довкола нього віддаляються гідравлічним способом до траншеї на вхідному котловані.

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ВІДГАЛУЖЕНЬ ТРУБОПРОВОДІВ**

У залежності від виду ушкодження відгалуження каналу можуть ремонтуватися за допомогою кожного з вищенаведених способів.

В даний час фірма Per Aarsleff A/S/Pipe echnologies розробила метод реконструкції відгалужень (підключень) трубопроводів. Відгалуження можна реконструювати таким же способом, що і магістральні трубопроводи. "Панчоха" Insituform у м'якому стані вводиться в ушкоджений трубопровід, а потім вулканізується.

Основним елементом методу реконструкції відгалужень є просочена смолою полімерна панчоха так званого "капельюшного" профілю.

Він виготовляється на замовлення і тому в точності відповідає трубопроводу, що реконструюється.

"Капельюшний" профіль вводиться в магістральний трубопровід. Потім переміщається до отвору відгалуження за допомогою телевізійної камери і лазерного променя. Перед уведенням панчохи у відгалуження його нижня ділянка, "поля", приєднується до магістрального трубопроводу навколо отвору відгалуження.

Потім "тулія капелюха" у м'якому стані вводиться у відгалуження під напором води і вулканізується за технологією "Insituform" (гарячою водою чи паром).

Самою новою технологією даного виду є реконструкція випусків від магістрального колектора до будинку. (У закордонній практиці будинкові випуски часто приєднуються прямо до вуличного колектора, без установки колодязя в місці підключення).

### **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СПОСОБІВ БЕЗТРАНШЕЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

З різноманіття існуючих методів санації трубопроводів безтраншейним способом розглянемо деякі, що одержали найбільше поширення у світовій практиці:

- нанесення цементно-піщаного покриття на внутрішню поверхню труб;
- використання пневмопробійника для створення нового полімерного трубопроводу на місці старого каналу;
- використання гнучкого рукава (панчохи), що дозволяє формувати нову композитну трубу усередині старої;
- довгий релейнинг, що полягає в протяганні гнучкої полімерної труби усередину старого трубопроводу, що ремонтується;
- використання рулонної пластмасової нескінченної профільної стрічки ("Expanda-Pipe"), тобто створення нової полімерної труби усередині старої за допомогою обмотувальної машини.

Кожний з перерахованих вище способів безтраншейного відновлення трубопроводів має свої переваги і недоліки. Одні способи (цементно-піщані покриття, пневмопробійники) відомі порівняно давно й одержали широке поширення; інші ("Rib-Log"; "Expanda-Pipe") розроблені недавно і тільки починають завойовувати своє визнання. Доцільність використання того чи іншого способу визначається окремо в кожному конкретному випадку і залежить



від безлічі факторів, головними з яких є: стан трубопроводу, його розміри, вид середовища, що транспортується, навколишня підземна інфраструктура.

У нашій країні спостерігається помітне відставання від передових країн як у технічному рівні, так і в обсягах робіт, проведених за новими технологіями.

Для вибору найбільш пріоритетного способу для вітчизняних умов проаналізуємо деякі технологічні, експлуатаційні і технічні показники розглянутих методів безтраншейного ремонту трубопроводів (табл. 3).

З таблиці випливає, що найбільш широкими можливостями володіє метод ремонту трубопроводів з використанням комбінованого рукава. Цей технологічний принцип дозволяє ремонтувати локальні ушкодження глибоко усередині трубопроводу, санувати бічні відгалуження і вертикальні стовбури. Підбираючи структуру комбінованого рукава, можна відновлювати трубопроводи різного призначення. Широкий вибір армуючих матеріалів дозволяє створювати ремонтні покриття з міцністю на рівні чавуна і сталі. На жаль, у нашій країні в найближчому майбутньому важко очікувати широкого поширення цього перспективного методу санації трубопроводів, оскільки закупівля й освоєння запатентованих технологій - справа дорога.

Тому нашим практикам потрібно бути вирішувати задачу відновлення трубопроводів аналогічними, але більш дешевими вітчизняними способами.

ТАБЛИЦЯ 3

## Аналіз безтраншейних способів ремонту трубопроводів

Технологічні, експлуатаційні і технічні показники	Методи					
	Цементно- піщаний	З використанн ям пневмопробі	З використання м комбінованого	Довжинотрубний		Rib-Log. Expand a-Pipe
				Комбінован а труба	Складена (U-подібна труба)	
1	2	3	4	5	6	7
Тип трубопроводів: каналізаційні водопровідні технічні	+	+	«панчоха» +	+	+	+
	+	+	+	-	+	-
	-	+	+	-	+	-
Діапазон діаметрів, мм	100-2500	100-300	100-1500	150-300	100-400	200-1200
Максимальна протяжність ділянки, що ремонтується, м	180	100	300	200	600	200
Види ремонтуючих пошкоджень	Міlkі тріщини, корозія, знос	Будь-які	Крупні тріщини, відколи, невеликі про- вали	Середні тріщини, нещільності з'єднань	Середні тріщини, відколи, нещільності з'єднань	Середні тріщини, відколи, нещільності з'єднань
Матеріал ремонтного покриття	Цементно- піщана суміш	Поліпропіле н, полівінілхло- рид, поліети- лен	Композит на основі поліефірних, епоксидних смол	Термопласт ичні полімери (поліети- лен)	Поліетилен високого тиску, поліпропі- лен	Поліпропіле н, полівінілхло- рид, полі- етилен низького
Тривала термостійкість, °С	Без обмежень	45	70	45	50	тиску50

## ПРОДОВЖЕННЯ ТАБЛИЦІ 3

1	2	3	4	5	6	7
Вимоги до підготовки внутрішньої поверхні трубопроводу, що ремонтується	Якісна очистка йоржами, поролоновим и пробками	Не потрібна	Очистка водою під тиском, контроль дисками, TV	Очистка водою під тиском, контроль дисками,	Очистка водою під тиском, контроль дисками,	Очистка водою під тиском, контроль дисками, TV
Вимоги до водовідливу	Вимагається	Потрібна	Потрібна	Потрібна	ВМ/4 рівня заповнення	Не потрібна
Мінімальний монтажний отвір (при ремонті каналізаційних трубопроводів)	Кришка колодязю	Кришка колодязю	Кришка колодязю	Кришка колодязю	Кришка колодязю	Кришка колодязю
Тривалість технологічного циклу для ремонтуємої ділянки довжиною 100 м (ро-	3 - 5	2 - 3	1	1	1	1
Термін служби ремонтного покриття, років	Більше 10	Більше 15	Більше 20	Більше 10	Більше 10	Більше 5
Втрата діаметра трубопроводу після ремонту	5 – 10	Ні	3 - 5	10 - 15	10 - 15	10 - 15
Витрати на випробування герметичності	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так

## ВІДНОВЛЕННЯ ПРОХІДНИХ КАНАЛІВ.

1. Облицювання внутрішньої поверхні каналів склопластиком.
2. Облицювання тунельних колекторів керамічними плитками.
3. Метод уставок.

У прохідних каналах мається можливість пересування робітників; багато з описаних вище технологій відновлення трубопроводів не знаходять застосування в основному з економічних розумінь. До них відносяться технології з застосуванням каналізаційних роботів, ущільнення за допомогою дистанційно керованих пакерів, "U-Liners", "Swage-Lining" і технології розширення чи заміни каналів. Деякі з вищенаведених реставраційних технологій, наприклад короткий релейинг, "Insituform", можуть бути використані в прохідних каналах. І, нарешті, третя група технологій відновлення - це специфічні технології для великих перетинів каналів. Їх можна використовувати і для відновлення каналізаційних колодязів.

### Облицювання внутрішньої поверхні каналів склопластиком.

У тих випадках, коли канал, що ремонтується (тунель) має неправильну форму, наприклад овалоподібну чи шатрового перетину, доцільно застосовувати спосіб відновлення колекторів - "Ченнелайн" (рис. 21).

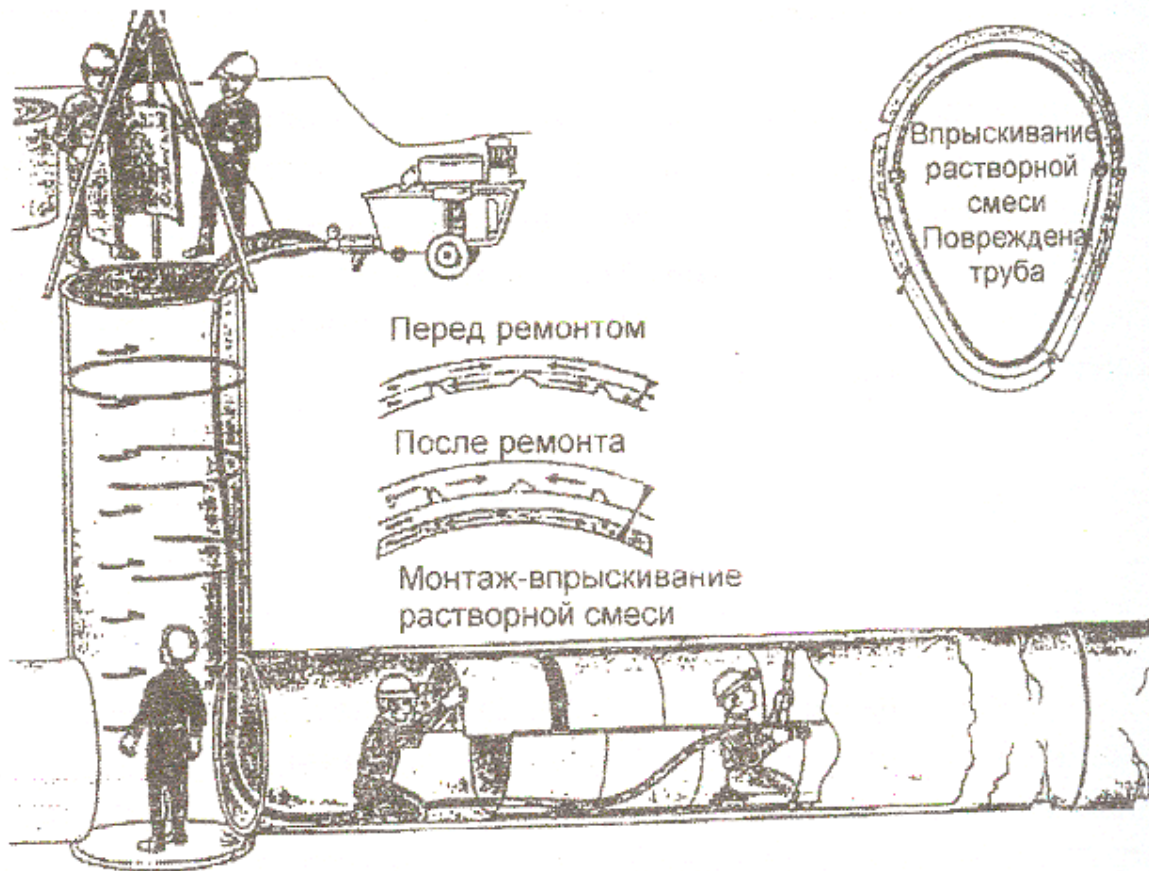


Рис.21. Технологічна схема ремонту колектора методом "Ченнелайн"

Технологічний процес відновлення колекторів по цьому методі зводиться до визначення технічного стану відновлюваної ділянки колектора, установленню розмірів поперечного перерізу, попередньому виготовленню на заводі окремих елементів внутрішньої футерівки колектора зі склопластику, доставка їх на робоче місце, монтажу елементів у колекторі, нагнітання цементно-піщаного розчину в кільцевий простір між знову встановленими панелями і внутрішньою поверхнею трубопроводу.

Канали можна облицьовувати плівками і плитками, виготовленими зі склотекстильної полотна, просоченого поліестеровими смолами. Такі покриття прикріплюються до бетону за допомогою дюбелів. Крім цього, для облицювання каналів використовуються скляні покриття. Для цього застосовується спеціальне скло "Transplus", стійке до ударів, вигину і перепаду температур. Такі системи використовуються і для відновлення каналізаційних колодязів і шахт.

### Облицювання тунельних колекторів керамічними плитками

Цей спосіб заснований на облицюванні зруйнованих чи ушкоджених конструкцій керамічними плитками.

У заводських умовах з окремих керамічних плиток за допомогою епоксидної смоли формуються великоформатні аркуші загальною площею до 1 м<sup>2</sup> і більш. При виборі розміру великоформатних плит приймається в увагу можливість подачі їх у тунель до місця установки через оглядові шахти. Шов між облицювальними аркушами заповнюється епоксидною смолою, що забезпечує однорідність облицювання. Розроблена система не відноситься до самонесучих облицювань, тобто облицювальні плити повинні бути міцно з'єднані на цементному розчині з несучими елементами тунельних колекторів.

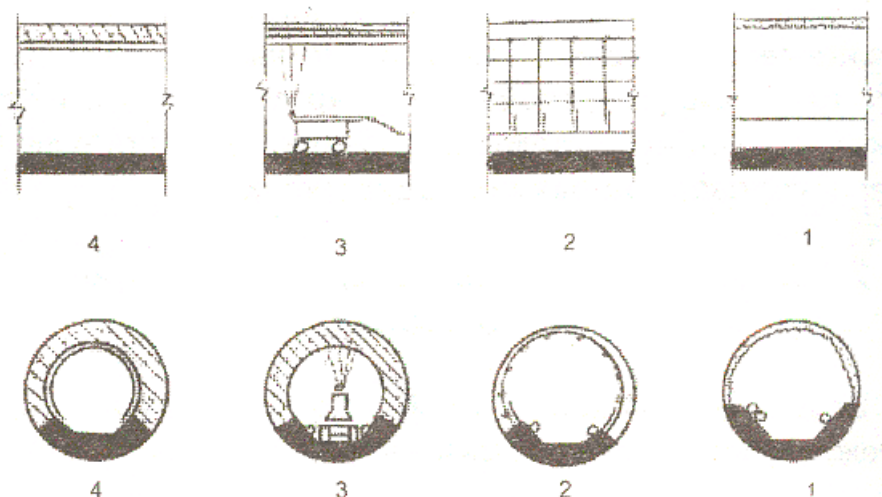


Рис.22. Технологічна послідовність облицювальних робіт.

- 1- очищення поверхні колектора від продуктів корозії;
- 2- установка й очищення арматури;
- 3- торкретбетонування для вирівнювання поверхні колектора;
- 4- облицювання плитами.

При проведенні лицювальних робіт, насамперед, необхідно підготувати внутрішню поверхню тунельних колекторів. Підготовка містить у собі очищення стін від продуктів корозії, торкретування поверхні каналу і вирівнювання (рис. 22).

Існує два варіанти кріплення лицювальних аркушів:

- прямий, безпосередньо на конструкцію тунелю (у заводських умовах при новому будівництві);
- побічний – на несучий поперечний розріз колектора за допомогою цементного розчину (при ремонті).

Таблиця 4

*Основне устаткування для ремонтно-відбудовних робіт при відведенні стічних вод через оглядову шахту*

Устаткування і машини	Характеристика	Кількість
1. Насос	500 м <sup>3</sup> /година	4
2. Вентилятор	3 м <sup>3</sup> /година	1
3. Електрощит		1
4. Ресивер		1
5. Компресор пересувний	20 м <sup>3</sup> /хв	1
6. Торкрет-бетономішалка	5 м <sup>3</sup> /година	1
7. Кранове устаткування для сухої суміші	0,5 м <sup>3</sup>	6
8. Кран (швидкість підйому 0,7-0,8 м/с)	15 т	1

### Метод уставок

Одним з ефективних методів відновлення каналів великого діаметра є метод уставок. Цей метод аналогічний методу "Ченнелайн". Його відмінність полягає в тому, що в заводських умовах виготовляються вставки - окремі короткі секції комбінованих тонкостінних труб. Їхня внутрішня частина футерується або керамічними плитками на епоксидній смолі, або пластиковими аркушами. Для створення жорсткості ці корозійностійкі оболонки армуються каркасами, що заповнюються бетоном. Отримана двошарова коротка труба - вставка вводиться в ушкоджений тунель і відіграє роль незнімної опалубки. Зазор між цією опалубкою і старим каналом заповнюється цементно-піщаним розчином.

На рис. 22 показано технологічну схему зведення монолітної обробки, що складається з двох технологічних циклів: протягання в трубопровід незнімної опалубки-футерівки з армокаркасами чи без них і нагнітання розчину. При введенні в трубопровід чи кілець труб опалубки-футерівки з армокаркасами здійснюється протягання армокаркасів, що при необхідності послідовно зачіпаються. У середині армокаркасів розміщається опалубка-футерівка, що стикується і переміщається разом з армокаркасами.



При нагнітанні розчину використовуються цементні агрегати продуктивністю  $6 \text{ м}^3 / \text{год}$ . Заповнення міжтрубного простору виробляється через шланг або через ін'єктори, що встановлені в торцях ділянки. Устаткування, що використовується при способі вставок, аналогічне устаткуванню, використовуваному при способі облицювання керамічними плитками (табл. 4).

У тих випадках, коли трубопровід, що ремонтується, має неправильну форму, доцільне застосування виготовлених на заводі окремих елементів внутрішньої футерівки колектора зі склопластику.

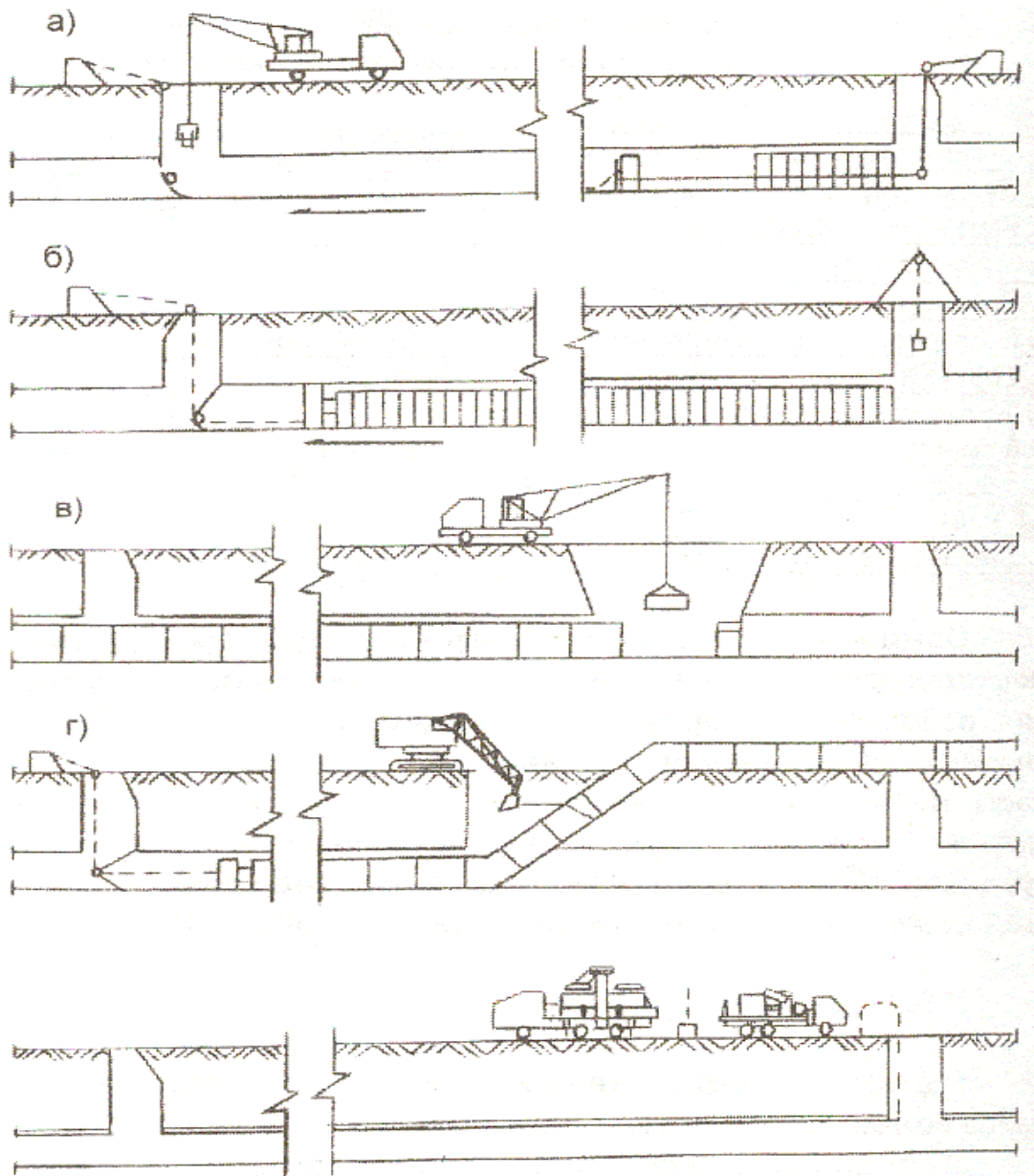


Рис.23. Технологічна схема відбудовних робіт:

- а, б) – протягання кілець незнімної опалубки-футерівки;
- в, г) – протягання керамічних чи пластмасових труб незнімної опалубки-футерівки;
- д) - нагнітання розчину пересувною установкою.

## Література

1. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2000. – 260 с.
2. Белецкий Б.Ф., Зотов Н.И., Ярославский Л.В. Конструкции водопроводно-канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1989.
3. Москвитин Б.А., Мирончик Г.Н., Москвитин А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1984.
4. Производство земляных работ в зимних условиях. Справочное пособие. М.: ЦНИИОМТП, Стройиздат, 1984.
5. Алексеев Т.И., Дмитриев В.Д., Быховский В.М., Ким А.Н., Лялинов А.М. Городские инженерные сети и коллекторы. – Л.: Стройиздат, 1990.
6. Кулічковський А. Огляд безвикопних технологій відновлення каналізаційних трубопроводів // Ринок інсталяцій. – 1999. – Липень, С. 20-22.
7. Храменков С.В., Дрейцер В.И., Плешков Л.В. Ремонт трубопроводов бестраншейным способом с помощью комбинированного рукава // ВСТ. – 1998. - № 7. – С. 20-22.
8. Корнополев В.А. Реконструкция коммунальных трубопроводов с помощью цементно-песчаной облицовки // ВСТ – 1998. № 4. – С. 30-31.
9. Бейербах. В.А. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и стройплощадок. – Ростов –на- Дону. Феникс, 2004.
- 10.. Храменков С.В, Орлов В.А., Харькин В.А.. Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами. – М. Издательство АСВ, 2004.
11. Орлов В.А., Е.В. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами – М.: ИНФРА-М, 2007