

13. Степова О.В. Оцінка залишкового ресурсу згинальних залізобетонних конструкцій при корозії арматури в нормальних тріщинах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.В. Степова. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – 24 с.

14. Бондар Л.В. Розрахунок втрати площі перерізу розтягнутої арматури при її корозії в нормальній тріщині балкових залізобетонних конструкцій /Л.В. Бондар, О.В. Степова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб., Серия: технические науки. – Харьков, 2009. – Вып.88. – С. 29 – 34.

15. Бондар В.О. Математичне моделювання корозії залізобетонних конструкцій в тріщинах транспортних споруд / В.О. Бондар, О.В. Степова // Матер. Междунар. науч.-техн. конф. «Современные технологии и материалы в дорожном хозяйстве». – Харьков: ХНАДУ, 2006. – С.48 – 52.

Надійшла до редакції 22.04. 2011

© Е.В.Степовая

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА БАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УСЛОВИИ КОРРОЗИИ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ АРМАТУРЫ В НОРМАЛЬНОЙ ТРЕЩИНЕ

Предлагается метод оценки остаточного ресурса балочных железобетонных конструкций с многоэлементной арматурой, эксплуатирующихся в условиях агрессивных сред, на основе контроля некоторых электрохимических параметров.

Ключевые слова: железобетонные балки, агрессивная среда, трещины, остаточный ресурс.

EVALUATION OF THE RESIDUAL RESOURCES OF THE FLEXIBLE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS HAVING CORROSION OF THE FERRO-CONCRETE REINFORCEMENT IN THE NORMAL CRACK

It is proposed the method of assessment of remaining life of the reinforced concrete constructions, that are exploited with cracks in the conditions of the ingress of aggressive solutions.

Keywords: reinforced-concrete beams, corrosive environment, cracks, remaining life.

**С.Ф. Пічугін, д.т.н., проф., О.В. Семко, д.т.н., проф.,
О.Є. Зима, асп., Ж.Ю. Бескровна, асп.**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ ІЗ ЗАМІНОЮ ТРУБ

Розглянуті особливості капітального ремонту сталевих магістрального нафтопроводу із заміною труб та передумови для розрахунку надійності магістральних нафтопроводів при виникненні перехідної ремонтної ситуації.

Ключові слова: сталевий магістральний нафтопровід, капітальний ремонт, надійність магістрального нафтопроводу.

Постановка проблеми. В умовах сучасного виробництва від надійності функціонування таких складних промислово-транспортних комплексів, якими є магістральні нафтопроводи, залежить не тільки плановий розвиток багатьох галузей народного господарства, а й їх науково-технічний прогрес.

Один із найважливіших факторів підвищення ефективності трубопровідного транспорту – своєчасне та якісне проведення профілактичних заходів, які збільшують строк служби лінійної частини магістральних нафтопроводів. Отже, питання правильної технічної експлуатації і капітального ремонту, що забезпечують довговічне збереження трубопроводів в експлуатаційному стані, є актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Питанням капітального ремонту магістральних нафтопроводів займалися ряд авторів: В.Л. Березін [1, 2], К.Є. Ращепкін [1, 2], А.Г. Гумеров [4] та інші. Останнім часом робляться спроби оцінювання надійності магістральних трубопроводів [5, 6].

Формулювання цілей статті. Метою статті є узагальнення існуючого досвіду проведення капітального ремонту магістральних нафтопроводів із заміною труби й визначення передумов розрахунку надійності нафтопроводів при виникненні перехідної ремонтної ситуації.

Виклад основного матеріалу. Забезпечення надійної та безвідмовної роботи великих транспортних систем, до яких належать магістральні нафтопроводи, являє собою завдання стратегічного державного значення, при розв'язанні котрого значна роль відводиться питанням капітального ремонту лінійної частини трубопроводів.

Для врахування впливу стохастичності зовнішніх факторів у техніці широко застосовується теорія надійності. Використання теорії надійності є доцільним з огляду на значну кількість зовнішніх і внутрішніх факторів, які впливають на несучу здатність трубопроводів, що може призвести до аварійної ситуації, оскільки ці фактори є випадковими. До подібних випадкових чинників відносять: фактичний опір сталі трубопроводу, зміну внутрішнього тиску перекачуваної рідини, перепад температур, опір ґрунту основи під трубопроводом, корозійний вплив на метал тощо. Крім того, слід визначити навантаження, що виникають при капітальному ремонті нафтопроводів.

Під капітальним ремонтом цих трубопроводів розуміють комплекс технічних заходів, направлених на повне або часткове їх відновлення до характеристик, які обумовлюють надійне нафтозабезпечення, з урахуванням перспективи їх завантаження, а також експлуатаційних пошкоджень.

Пошкодження магістральних нафтопроводів викликаються дією двох груп факторів. Перша група пов'язана зі зниженням несучої здатності нафтопроводу, друга – зі збільшенням навантажень та впливів. Зниження несучої здатності нафтопроводу виникає через наявність дефектів у стінці труби, старіння і корозії металу. Фактори другої групи з'являються при експлуатації діючого нафтопроводу. На нафтопровід діє цілий ряд силових факторів. До них належать внутрішній тиск, напруження від дії температур нафти, що перекачується, і ґрунту навколо труби, тиск шару ґрунту над трубою, різноманітні стагичні й

рухомі навантаження, сейсмічні дії. Ці фактори формують у трубах кільцеві та поздовжні напруження, сприяють переміщенням трубопроводу в поздовжньому й поперечному напрямках.

Капітальний ремонт – найбільший за обсягом і складом вид ремонту, котрий проводиться при досягненні технічних станів зносу лінійних споруд та пов'язаний із розробленням, відновленням і заміною зношених або несправних складових частин споруди. Капітальний ремонт лінійних споруд проводять без зупинки й із зупинкою перекачування. До цього виду ремонту належать: заміна дефектних ділянок трубопроводу та антикорозійної ізоляції; усунення дефектів труб нафтопроводу; прокладання нового дюкера; спорудження захисних кожухів на перетині із залізничними й шосейними дорогами; ремонт і спорудження захисних протипожежних споруд, земляних гребель на переходах через яри й т.п.

Капітальний ремонт магістральних трубопроводів із заміною труб передбачає повну заміну дефектних, фізично зношених ділянок трубопроводу, що являють небезпеку для життєво важливих інтересів суспільства, не дозволяють забезпечити необхідний об'єм перекачування нафти, а також ділянок, котрі перешкоджають розвитку міст, населених пунктів і т.п.

Ремонт із заміною труб виконують такими способами:

- укладанням нової ділянки нафтопроводу в окрему траншею у межах існуючого технічного коридору комунікацій або поза його межами з подальшим розкопуванням і демонтажем ділянки, що замінюється;
- демонтажем ділянки, котра замінюється, й укладанням нової ділянки нафтопроводу в попереднє проектне положення;
- укладанням у сумісну траншею нової ділянки нафтопроводу поряд із ділянкою, що замінюється, з подальшим демонтажем нафтопроводу.

Підставою для проведення капітального ремонту ділянки нафтопроводу є аналіз результатів контролю за технічним станом нафтопроводу та його внутрішньотрубна діагностика.

Контроль за технічним станом передбачає визначення корозійної активності середовища по всій трасі нафтопроводу; стану захисного покриття по всій довжині трубопроводу (місця пошкодження, зміна фізико-механічних властивостей покриття за час експлуатації тощо); стану засобів електрохімічного захисту (ЕХЗ); захищеності за протяжністю та захищеності у часі кожної ділянки трубопроводу як з початку експлуатації, так і за будь-який період експлуатації, а також установлення корозійного стану трубопроводу.

Внутрішньотрубна діагностика – визначення, реєстрування або передавання геометричних, фізичних та інших параметрів магістрального нафтопроводу та його антикорозійного покриття, які характеризують його технічну надійність, за допомогою технічних приладів, що розміщуються всередині трубопроводу і виконують обстеження стінки, зварних з'єднань труб, а також деталей магістрального нафтопроводу.

Розглянемо для прикладу магістральний нафтопровід III категорії тривалого терміну експлуатації, розташований у Полтавській області. З метою підвищення надійності й безаварійності роботи нафтопроводу, а також з урахуванням наявності дефектів ізоляції та неможливістю її ремонту, тому що нафтопровід знаходиться в заболочених ґрунтах (характерними пошкодженнями таких спіральшовних труб є корозія металу, що примикає до спірального шва, й тип ізоляції), було прийняте рішення про виконання капітального ремонту із заміною ізоляції та труб із застосуванням звичайної землерийної техніки на рівнинній сухій і обводненій місцевості для нескількох типів ґрунтів. Довжина ділянки лінійної частини магістрального нафтопроводу, яка підлягає заміні, складає 632 м. Зовнішній діаметр магістрального нафтопроводу складає $D_{зовн} = 1020$ мм, товщина стінки трубопроводу $\delta = 9$ мм. Заглиблення трубопроводу до верху труби прийнято не менше 1 м відповідно до вимог СНиП 2.05.06-85 [7]. Заглиблення нафтопроводу також обумовлено вимогами до оптимального режиму перекачування та властивостей матеріалів, що перекачуються. Ширина траншеї по дну визначена як не менша ніж $1,5D_{зовн}$ й дорівнює 1,6 м [7].

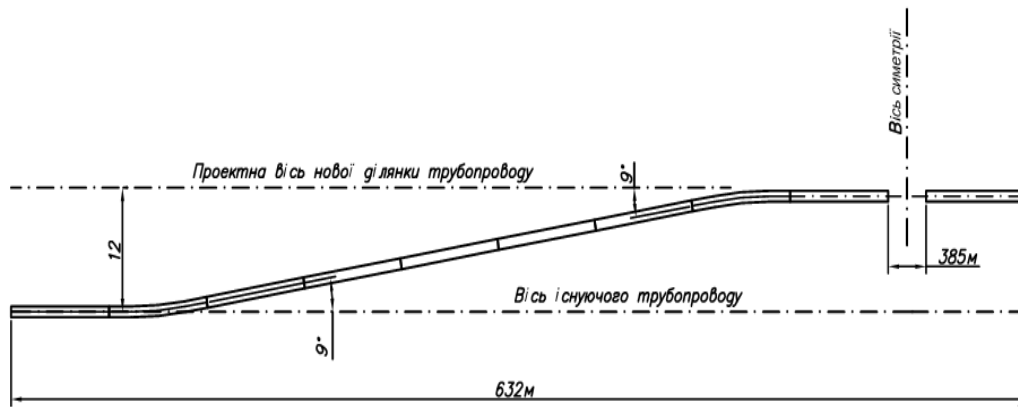


Рисунок 1 – Схема відводів нової ділянки нафтопроводу (в плані)

Переукладання ділянки трубопроводу проведено на відстані до 12 м праворуч, по ходу нафти, від існуючого нафтопроводу (рис. 1). Ділянка нової частини магістрального трубопроводу має на своєму початку та в кінці по дві криві з кутами повороту 9° для того, щоб оминати ділянку магістрального нафтопроводу, котра підлягає заміні та витягуванню на поверхню землі після закінчення монтажу й уведення в експлуатацію нової ділянки. Для використання кутів повороту траси нафтопроводу у вертикальній і горизонтальній площинах застосовані відводи труби холодного гнuttя радіусом 40 м. Захист нафтопроводу від корозії здійснювався влаштуванням протикорозійного покриття труб та використанням системи ЕХЗ.

При капітальному ремонті нафтопроводів із заміною труб нова ділянка перед підключенням до основної магістралі підлягала очищенню порожнини, випробуванню на міцність і перевірці на герметичність.

Згідно з нормами [3], з метою підвищення надійності магістрального нафтопроводу випробувальний тиск $P_{вип.}$ має бути не меншим ніж $1,1P_{роб.}$ та не повинний перевищувати величину заводського тиску $P_{зав.}$. Випробування проводяться при цілком засипаній ділянці нафтопроводу, не засипаними залишаються тільки кінці випробувальної ділянки (по 50 м) із привареними котушками, оснащеними сферичними заглушками. Трубопровід витримується під випробувальним тиском упродовж 24 годин, після чого тиск знижується до $P_{роб.}$, а трубопровід витримується під робочим тиском 12 годин для перевірки на герметичність. Він вважається випробуваним на міцність і перевіреним на герметичність, якщо за час випробування на міцність тиск залишився незмінним і при перевірці на герметичність не було виявлено витоків.

Розглянемо особливості технології капітального ремонту даного магістрального нафтопроводу з конкретними значеннями геометричних характеристик частини, яка замінюється, що дає можливість визначити ремонтні навантаження на сталеву конструкцію трубопроводу.

Для поєднання нової ділянки трубопроводу та існуючої видалено частину труби, котра підлягала заміні. Далі було набито глиняний тампон в існуючий нафтопровід, оскільки в ньому залишалися газові пари. Край труби, що було відрізано, розмагнічено на довжині, яка відповідає зовнішньому діаметрові трубопроводу.

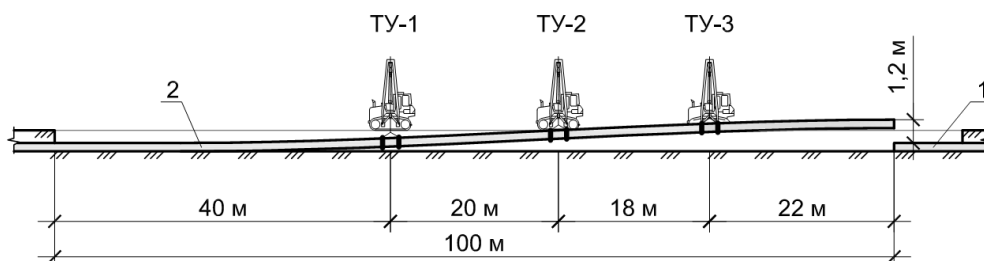


Рисунок 2 – Схема монтажного положення нової ділянки конструкції магістрального нафтопроводу: 1 – існуюча частина; 2 – нова ділянка



Рисунок 3 – Процес поєднання нової та існуючої ділянок нафтопроводу

Для забезпечення технологічних умов стикування заміненої ділянки магістрального трубопроводу з існуючою необхідна вільна довжина нафтопроводу до 100 м (рис. 2). Це обумовлено значними розмірами поперечного перерізу труби та її власною вагою. Оскільки, за умовами монтажу, в крайній точці нової частини нафтопроводу необхідно досягти кута повороту, що дорівнює 0° , та підняти вільний кінець трубопроводу над існуючою частиною на 20 см, використовують три трубоукладачі. До цього вдаються, щоб досягти паралельності нової та існуючої частин магістрального трубопроводу у вертикальній площині, тобто консольна частина під дією власної ваги викривляється і стає паралельною до існуючого нафтопроводу (рис. 3). Переміщення нової частини трубопроводу у місці стикування – 1,2 м. Із довжини 100 м вільної ділянки нафтопроводу внаслідок значної довжини піднятої частини та значної власної ваги конструкції трубопроводу три трубоукладачі підіймають лише частину ділянки, довжина якої складає 85 м.

Укладання трубопроводу після зварювання в нитку й виконання ізоляції стиків здійснювалося кранами-трубоукладачами з брівки траншеї (рис. 4). Засипання траншеї після укладання виконувалось бульдозером.

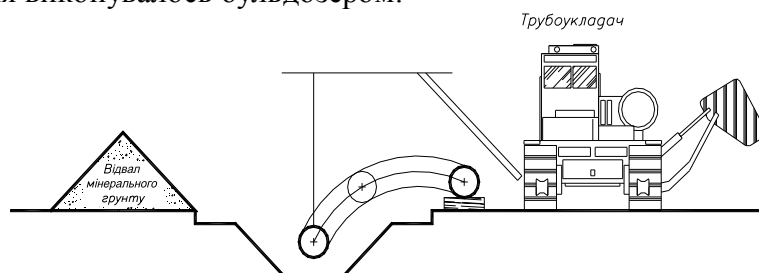


Рисунок 4 – Принципова схема укладання трубопроводу в траншею

У процесі будівельно-монтажних робіт здійснювався поопераційний контроль якості робіт за всіма технологічними процесами згідно з нормами [8].

Аналіз особливостей капітального ремонту магістральних нафтопроводів із заміною труб дозволив сформулювати такі передумови для оцінювання надійності конструкції магістрального нафтопроводу під час ремонтної ситуації:

– випадковими величинами, котрі пов’язані з особливостями конструкції нафтопровідної системи, вважаються: товщина стінки труби, фізико-механічні властивості матеріалу труби;

– імовірнісними параметрами, які зумовлені ремонтними технологічними процесами, є довжина монтажної ділянки, зусилля на гаках трубоукладачів, взаємне розташування трубоукладачів, просторова геометрія магістрального трубопроводу, властивості ґрунту основи;

– відомими є закони розподілу та стохастичні параметри розрахункових випадкових величин.

Висновки. Зважаючи на перераховані вище передумови, можна зробити висновок, що відхилення від технологічної схеми монтажу може призвести до перевищення напруженнями межі текучості сталі R_y та вплинути на надійність конструкції в цілому.

Література

1. Березин, В.Л. Капитальный ремонт нефтепроводов без остановки перекачки / В.Л. Березин, К.Е. Рацеккин. – М.: Недра, 1967. – 128 с.

2. Капитальный ремонт магистральных трубопроводов / В.Л. Березин, К.Е. Рацеккин и др. – М.: Недра, 1978. – 363 с.

3. ВБН В.2.3-00013741-09:2009. Магістральні трубопроводи. Будівництво. Лінійна частина. Очищення порожнини та випробування

4. Капитальный ремонт подземных нефтепроводов / А.Г. Гумеров, А.Г. Зубаиров, М.Г. Векиштейн, Р.С. Гумеров, Х.А. Азметов. – М.: 000 «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 525 с.: ил. ISBN 5-8365-0013-4

5. Пічугін, С.Ф. Питання імовірнісного розрахунку сталевих підземних трубопроводів / С.Ф. Пічугін, А.В. Махінько // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. Вип. 9. – Рівне: УДУВГП, 2003. – С. 90 – 96.

6. Пічугін, С.Ф. Розрахунок надійності сталевого магістрального трубопроводу / С.Ф. Пічугін, О.Є. Зима // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку академічної та університетської науки», 16–18 грудня 2009 р. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – С. 210 – 214.

7. СНиП 2.01.06-85. Магистральные трубопроводы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 52 с.

8. СНиП III-42-80*. Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1997. – 74 с.

Надійшла до редакції 24.02. 2010

© С.Ф. Пичугин, А.В. Семко, А.Е. Зима, Ж.Ю. Бескровная

ОСОБЕННОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ С ЗАМЕНОЙ ТРУБ

Рассмотрены особенности капитального ремонта стального магистрального нефтепровода с заменой труб и предпосылки для расчета надежности магистрального нефтепровода при появлении переходной ремонтной ситуации.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, капитальный ремонт, надежность магистрального нефтепровода.

FEATURES OF OVERHAUL OF MAIN OIL PIPELINE WITH THE REPLACEMENT PIPE

Features of overhaul of main oil pipeline with the replacement pipe were considered. Preconditions for the reliability analysis of main oil pipeline in case of transient repair situation were considered.

Key words: steel main pipeline, overhaul, reliability of main oil pipeline.