

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ТРАНСАЛЯСКІНСЬКОГО ТРУБОПРОВОДУ

Трансаляскінський трубопровід довжиною 12288 км є одним з наймасштабніших зварювальних і будівельних проєктів в історії. Протягом трьох років десятки тисяч зварювальників, незважаючи на суворий клімат і рельєф дикої місцевості Аляски, робили все щоб змонтувати і зварити разом всі частини 1220 мм трубопроводу. З тих пір було викачано більше 2,7 млрд м³ нафти з нафтового родовища Прадхо-Бей, яке знаходиться на півночі Аляски. Закінчується нафтопровід в місті Валдиз на узбережжі Тихого океану.

Будівництво такого величезного по обсягах роботи трубопроводу почалося в 1975 р. Для проєкту довелося залучати робітників з усієї країни. Люди, які залучалися до зварювання трубопроводу в своїй більшості були від профспілкової організації Pipeliners Local 798. Ця організація спеціалізується на наданні зварників для реалізації великомасштабних трубопровідних проєктів.

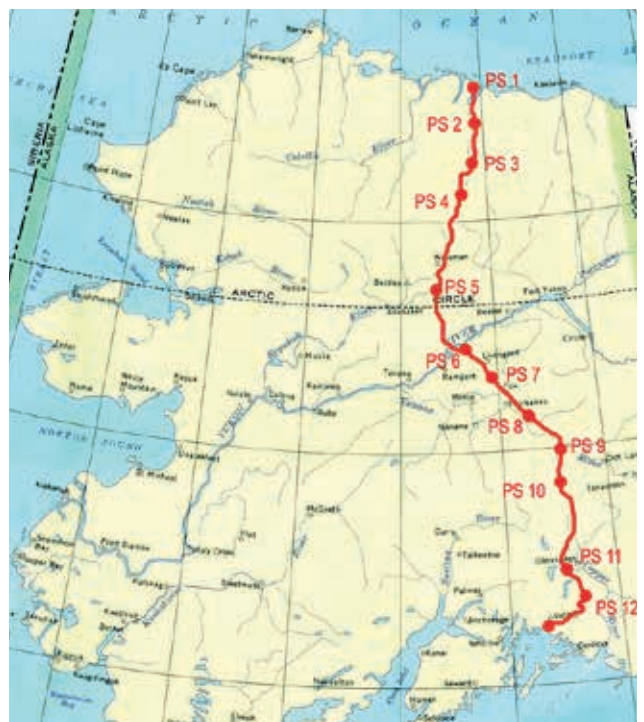
Зварювальники вперше приймалися на роботу за допомогою сертифікації, для якої потрібно було виконати декілька тестових зварних швів. Якщо зварнику не вдавалося зробити необхідні зварні шви, він уже ніяк не міг бути прийнятий на роботу за цим проєктом. Причиною такого суворого процесу найму на роботу, ймовірно, було те, що зварювальники повинні були виконувати зварювання нової сталеві труби, яка була товща і більша ніж в повсякденній роботі. Раніше лише невелика кількість фахівців стикалося з такою товщиною металу з урахуванням всіх вимог щодо якості зварного шву і умов, в яких доводилося працювати.

Перший крок до будівництва газопроводу передбачав проєктування і очищення ділянки довжиною в 800 миль. До роботи залучалися лише висококваліфіковані геодезисти. Робочим в свою чергу доводилося досить складно. Трансаляскінський трубопровід прокладали через ліс, після того, як шлях був очищений, взяли за буріння отворів у землі для опор з компенсаторами. Останні служили в якості основи для підтримки секцій трубопроводу з використанням напівкруглих опор. За допомогою крана опори опускалися в отвори, а потім приварювалися один до одного.

Якість зварних швів інженери управління перевіряли за допомогою радіографічного методу. Інспектори з контролю за якістю зварювання вказували дату перевірки прямо на опорному елементі. Прокладка траси нафтопроводу в цілому проводилася зигзагоподібною лінією. Таким чином стало можливим компенсувати напруги, що виникають

при зміщенні ґрунту під час сильних поздовжніх сейсмічних коливань. Крім того, така конструкція дуже ефективна при температурному розширенні металу.

Зварювальні роботи. Спочатку шви на трубопроводі повинні були мати середню ударну в'язкість 20 фут-фунт. Нижній поріг для цього параметра вимагав щонайменше 15 фут-фунт. Шви були зроблені з використанням зануреної зварювальної дуги і дроту, який містив 3 % нікелю. У загальній сукупності для трубопроводу було використано близько 80000 фунтів цього дроту. При цьому застосовувалися труби з стінкою завтовшки 11,7 мм на рівнинах і 14,3 мм в гірських районах, де потрібно підвищувати робочий тиск в трубопроводі. Межа плинності металу 422...492 МПа. В середині процесу будівництва, Департамент внутрішніх справ США та координаційна група по трубопроводу, що представляє штат Аляска, ввели більш жорсткі вимоги до ударної в'язкості зварного шву. Замість звичайного електроду, який спочатку використовувався для більшості монтажних швів, нові вимоги передбачали використання електроду E8010-G вищої якості. Ці електроди поставлялися на Аляску з Німеччини і були малознайомі для абсолютної більшості зварників. Протягом всього проєкту, зварювальники працювали в переносних алюмінієвих кабінках, які захищали їх від вітру і інших несприятливих погодних явищ. Такі хитрощі забезпечували робочим





освітлення, давали можливість працювати в нічний час. Після зварювання обов'язково слідувала перевірка якості швів за допомогою рентгенівського випромінювання. Інспектори подорожували разом з бригадами зварників в фургонках, де рентгенівська плівка автоматично оброблялася і перевірялася.

31 травня 1977 р. Трансаяльський трубопровід був готовий до експлуатації. Три місяці по тому танкер ARCO Juneau відплив з порту Вальдез з першим вантажем нафти, перекачаною по Трансаяльському трубопроводу.

Труби виготовлені зі сталі, в незначній мірі легуюваною ванадієм, причому були використані три типи труб з товщиною стінок 12 і 14 мм. Мінімальна межа плинності сталі труб становить 4218, 4570 і 4920 кгс/см². Труби з поздовжнім швом були поставлені з Японії. Трубопровід діаметром 1220 мм виготовлявся з труб методом стикового зварювання, як звичайні трубопроводи. Зварювання проводилося на трасі відповідно до федеральних стандартів на забезпечення безпечної експлуатації. Стики на трубах з товщиною стінки 14,3 мм виконувалися методом дугового зварювання під флюсом за сім проходів, з яких 1–3 виконувалися всередині труби, а 4–6 – зовні. В основному застосовувалося ручне і напівавтоматичне зварювання. Зварювання труб довжиною 12 м в двотрубні секції здійснювалося на спеціалізованих трубоукладальних базах.



Випробування матеріалів для зварювання і розробка методів зварювання здійснювалися задовго до початку будівництва. Були вивчені майже всі існуючі види зварювальних матеріалів обладнання та технології. У процесі кожного випробування проводилося зварювання труб, які передбачалося використовувати для Трансаяльського нафтопроводу, їх візуальний огляд і контроль якості зварних швів радіографічним методом. Потім труби розрізали на частини, з яких шляхом механічної обробки виготовлялися невеликі зразки для випробування в металургійних лабораторіях з руйнуванням зразка. Зразки проходили ударне випробування за методом Шарпі (метод з V-подібною розробкою), перевірку мікротвердості, випробування на зрушення з розкриттям тріщин, на розрив, на згин, а також випробування з руйнуванням зварного зразка з двома надрізами, передбачене стандартами нафтової промисловості США. Проводилися також випробування зварювальних машин і електродів з метою визначення меж сили струму, напруги та рекомендованих швидкостей зварювання. В процесі будівництва з трубопроводу періодично вирізалися зразки швів і спрямовувалися в лабораторію на дослідження. Якість зварного шву оцінювалося візуально, а потім проводилася рентгенодефектоскопія всіх швів із заповненням відповідного сертифіката. Зварні шви двотрубних секцій після зварювання на трубозаставельних базах також піддавалися радіографічному контролю і огляду з метою виявлення внутрішніх дефектів. Контроль якості зварювання після закінчення зварювальних робіт показав, що близько 4000 швів мали ті чи інші дефекти. На пе-



реставрації швів потрібні були додаткові витрати, які оцінюються в 30–40 млн. дол. Всього на трубопроводі було зварено близько 106 тис. стиків.

Детектування коливань ґрунту. Для детектування коливань ґрунту на Трансаяльскінському нафтопроводі передбачалася спеціальна система, що складається з ряду акселерографів, встановлених на 10 перекачувальних станціях і в диспетчерському центрі в м. Валдез. Чутливість акселерографів становить мінімум 0,001 прискорення сили тяжіння. Зміни коливань ґрунту безперервно реєструються в цифровій формі.

Детектування тепловиділення. Унікальна система, що включає вертоліт «Jet Ranger», телевізійну апаратуру та обладнання для детектування інфрачервоного теплового випромінювання, забезпечувала вимір, реєстрацію та аналіз кількості тепла, що виділяється теплими трубами на наземних ділянках трубопроводу. Вертоліт, пролітаючи над трасою трубопроводу на висоті 30,5 м зі швидкістю 64 км/год, виконував роль повітряного термометра, що вимірює температуру майже 120 тис. труб. Система забезпечувала контроль теплового режиму трубопроводу і теплорегулюючих пристроїв. Комплект з 20 детекторів інфрачервоного випромінювання сканував поле зору об'єктива. Чутливість контрольної-вимірної апаратури становила $\pm 0,5$ °С.

Заповнення нафтопроводу почалося 20 червня 1977 р. Перша нафта поступила в резервуари терміналу Вальдес 1 серпня 1977 р. 3 листопада

2002 р. цей трубопровід витримав випробування при землетрусі магнітудою 7,9 балів в зоні регіонального розлому Деналі. Епіцентр землетрусу розташовувався в 80 км на захід від трубопроводу, але горизонтальні зміщення трубопроводу в зоні розлому досягали 2,5 м, а вертикальні – 1,5 м. Було зруйновано кілька демпферних конструкцій, але сам трубопровід не пошкоджено. При таких зсувах на ділянках довжиною близько 600 м труби розташовуються на рейкових і демпферних 133 конструкціях, що компенсують можливі переміщення ґрунтів землі в горизонтальних (до 6 м) і вертикальних (до 3 м) напрямках.

Одним з основних розробників Трансаяльскінського проекту був уродженець Києва Ігорь Павлович Попов (він також брав участь в проектуванні мосту між Сан-Франциско і Оклендом), головним інженером будівництва нафтопроводу був Франк П. Молін.

У 2002 р. Американське товариство по зварюванню оголосило Трансаяльскінській трубопровід видатним проектом в зварювальному виробництві. Alyeska Pipeline Service Company була вручена нагорода за реалізацію такої складної конструкції, яка до сих пір є символом інженерної думки. У 2006 р. відбулася перша за 29 років аварія, трубопровід на час ремонтних робіт був закритий. Незважаючи на це, завдяки модернізації та зниження швидкості потоку, передбачається, що нафта зможе текти через трубопровід до 2075 року.

За матеріалами закордонних публікацій.