

Корисна модель належить до способів визначення технічного стану ділянок трубопроводів шляхом обстеження їх внутрішнього стану і може бути використана для оперативного прийняття рішення щодо продовження експлуатації чи зупинки роботи трубопроводів, обладнання для виконання ремонтних робіт у випадку виявлення дефектів, що унеможливають їх подальшу експлуатацію.

Відомо спосіб моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів, який включає здійснення оцінки стану трубопроводів в режимі експрес-контролю з наступним визначенням рівня напружень і деформацій та реалізується на першому етапі із застосуванням датчиків напружень, дані про стан яких передають до діагностичного центру, де за допомогою комп'ютерної програми розраховують напружено-деформований стан контрольованої ділянки трубопроводу, який визначають наближено, а на другому етапі продовжують у вигляді уточненого вибіркового контролю стану окремих ділянок трубопроводу з підвищеним рівнем напружень за допомогою портативного вимірювального приладу [UA 87458 U, F17D 1/00, G01L 1/00; опубл. 10.02.2014, бюл. № 3]

Недолік цього способу полягає у відносно низькій точності визначення стану трубопроводу в режимі експрес-контролю, що пояснюється особливістю використання датчиків напружень та неможливістю окремого контролю деформування ділянок трубопроводів у осьовому і коловому напрямках

Відомо мобільний робот для діагностики й очищення трубопроводів, який оснащений гусеничною трансмісією, що встановлена на шарнірних паралелограмах, закріплених на центральному корпусі з приводами. Робот дозволяє обслуговувати трубопроводи діаметром від 200 до 1350 мм [Робот для діагностики й очищення трубопроводів Jetty Robot. Інтернет ресурс. URL: <https://www.jettyrobot.com/>, дата звернення 20.02.2022].

Але встановлення технологічного оснащення на корпусі, який має аксіальне розташування відносно гусеничної трансмісії, а також наявність шарнірних паралелограмів, не дозволяють даному роботу обслуговувати труби великого діаметра, наприклад, від 2-х до 20-ти метрів. Це пояснюється тим, що у першому випадку технологічне оснащення буде занадто віддалене від поверхні обслуговування, в другому випадку, у разі збільшення розмірів шарнірних паралелограмів, конструкція робота втрачає жорсткість, а значить і надійність роботи.

Відомо автономний внутрішньотрубний транспортний пристрій, що містить два ідентичних за конструкцією кінцевих модулів (секцій), кожний з яких складається з вертикальної панелі із шарнірно закріпленими на ній поперечними, так званими, електроактуаторами (приводами), на корпусах яких закріплені вільно обертові опорні колеса, що контактують із внутрішньою поверхнею трубопроводу. Пристрій містить також поздовжній електроактуатор, розташований по його поздовжній осі, і телескопічні напрямні. Даний пристрій, завдяки поперечним електроактуаторам, що здійснюють його фіксацію відносно внутрішньої поверхні труби, має здатність переміщення по вертикальних трубах [RU 2509255 C1, F16L 55/34; B62D 57/028; B62D 57/032, опубл. 10.03.2014, бюл. № 7].

Однак, через те, що поперечні електроактуатори є жорсткими конструкціями й мають постійний розмір, даний пристрій не здатний здійснювати переміщення по внутрішніх трубопроводах змінного перерізу, наприклад конусних трубах або трубах із значним перепадом їх діаметрів, що обмежує його технологічні можливості й тому є суттєвим недоліком.

Відомо спосіб визначення технічного стану ділянок трубопроводів - внутрішньотрубна діагностика, це спосіб діагностування технічного стану магістральних трубопроводів за допомогою спеціальних приладів ("інтелектуальні поршні", скребки, smart pigs), які рухаються всередині труби разом із потоком газу чи рідини, та сканують стінки труб, зварні з'єднання (методами неруйнівного контролю: магнітним чи ультразвуковим методом), виявляють дефекти геометрії труб та ін. Скребок може містити кілька датчиків, які сканують внутрішню поверхню трубопроводу на наявність різних типів дефектів, а також реєстратор для запису результатів перевірки [US3786684A, G01 3/12, 22.01.1971].

Проте у цій внутрішньотрубній діагностиці є суттєві обмеження та недоліки, які важливо враховувати при керуванні активами газо- чи нафтопроводів.

Непридатність для "непрохідних" ділянок: труби малого діаметра (<6"), із занадто різкими поворотами, з великою кількістю засувов, відводів або без запускних/приймальних камер можуть бути недоступні для інтелектуальних поршнів.

Вимога до гідравлічного режиму: потрібен стабільний потік газу/рідини. На відгалужених, тупикових або низькопотоківих ділянках запуск може бути неможливим.

Потреба у спеціальній інфраструктурі: камери запуску/приймання, байпаси, можливість регулювання режимів - не завжди існують на старих газопроводах.

Та несуть відповідні операційні ризики:

- застрягання поршня у трубі (особливо на ділянках із деформаціями чи відкладеннями);
- ризик пошкодження обладнання або навіть трубопроводу при некоректному пропуску.

Найближчим аналогом є спосіб діагностування технічного стану магістральних трубопроводів теплових мереж шляхом отримання термографічного зображення земної поверхні над магістральними трубопроводами теплової мережі, зробленого тепловізійною камерою, встановленою на безпілотному літальному апараті (БПЛА). Калібрування тепловізійної камери відбувається за наземними

температурними еталонами, а діагностування технічного стану магістрального трубопроводу проводять за рівнем теплових втрат від земної поверхні над зоною розташування трубопроводів, при цьому нормовані тепловтрати від трубопроводу розраховують за формулою:

$$Q = F_n A (T_n - T_h) / K,$$

де Q - тепловіддача трубопроводу;

F_n - площа зовнішньої поверхні трубопроводу;

A - коефіцієнт теплопередачі через земну поверхню;

T_n - температура земної поверхні над трубопроводом;

T_h - температура навколишнього повітря;

K - коефіцієнт теплопередачі через стінку трубопроводу [UA 121084 C2, F17D 1/00, G01K 17/00; опубл. 25.03.2020, бюл. № 6].

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу визначення технічного стану ділянок трубопроводу, який забезпечує безпосередній контроль внутрішнього стану трубопроводу на ділянках, недоступних для внутрішньотрубно́ї діагностики.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення технічного стану ділянок трубопроводу, що включає використання безпілотного літального апарату з камерою, згідно з корисною моделлю, у трубопровід, звільнений від продукту, який транспортують, через вирізані вікна вводять безпілотний літальний апарат з відеокамерою та 3D-сканером, за допомогою яких проводять візуальний огляд, сканують внутрішній стан ділянки трубопроводу, виявляють непрохідні ділянки, дефекти геометрії труб, відгалужені, тупикові та низькопотоківі ділянки, труби малого діаметра, ділянки з поворотами та із засувками, відводи, наявність приварених решіток для проведення внутрішньотрубно́ї інспекції з наступним продовження експлуатації чи зупинки роботи трубопроводу.

Технічним результатом способу є забезпечення можливості обстеження внутрішньої поверхні трубопроводу, включаючи непрохідні, тупикові та низькопотоківі ділянки, з підвищенням достовірності оцінки технічного стану.

Спосіб, що заявляється, має наступні переваги порівняно з найближчим аналогом:

- не потребує облаштування спеціальних камер запуску/приймання;
- не потребує регулювання режимів;
- відсутні вимоги до потоку газу/рідини;
- дає можливість обстежувати непрохідні ділянки, відгалуження, тупикові або низькопотоківі ділянки, труби малого діаметра (<6"), труби із занадто різкими поворотами, з великою кількістю запірної арматури, відводів, при наявності отвору, достатнього для прольотів БПЛА.

Спосіб визначення технічного стану ділянок трубопроводів здійснюють наступним чином.

Спочатку трубопровід звільняють від продукту, який транспортують, після чого у трубопроводі вирізають вікна або роблять інші отвори. Далі через вирізані вікна чи інші отвори трубопроводу вводять безпілотний літальний апарат з камерою. За допомогою БПЛА, що пролітає по трубопроводу, використовуючи відеокамеру, установлену на БПЛА, проводять візуальний огляд, сканують внутрішній стан ділянки трубопроводу, виявляють непрохідні ділянки, дефекти геометрії труби, відгалужені, тупикові або низькопотоківі ділянки, труби малого діаметра, ділянки із занадто різкими поворотами, з великою кількістю запірної арматури, відводів, наявність приварених решіток для визначення можливості проведення внутрішньотрубно́ї інспекції. За отриманими даними оперативно приймають рішення щодо продовження експлуатації чи зупинки роботи трубопроводу, обладнання для виконання ремонтних робіт у випадку виявлення дефектів, що унеможливають їх подальшу експлуатацію.