Корисна модель належить до пристроїв, які використовують для внутрішньотрубного обстеження трубопроводів великої довжини, головним чином магістральних нафтопроводів, нафтопродуктопроводів, а також для обстеження газопроводів методами неруйнівного контролю шляхом пропускання порожниною трубопроводу інспекційного снаряду - функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу (ФАГОТ).

Такий агрегат переміщується всередині трубопроводу разом з продуктом, що транспортується, і включає механічну систему транспортування, на якій установлена електронна система вимірювання обладнана контрольними датчиками, чутливими до будь-яких діагностованих параметрів трубопроводу та технологічного процесу транспортування.

З рівня техніки відомий внутрішньотрубний багатоканальний профілемір для контролю профілю порожнини трубопроводу, що за технічною суттю є найбільш близьким до заявленого функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, що містить

механічну систему транспортування, яка включає

корпус, на якому закріплені,

чутливі важелі, установлені по кільцевому периметру з періодичним кутовім кроком,

пружні елементи чутливих важелів,

одометричні колеса

і стабілізуючі манжети,

а також електронну систему вимірювання, змонтовану на складових елементах механічної системи транспортування, яка включає

датчики кутового положення агрегату за осями X, Y, Z,

датчик температури робочого середовища в трубопроводі,

датчик тиску робочого середовища в трубопроводі,

блок живлення та захисту ланцюгів,

блок нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації,

блок зв'язку і

перетворювачі сигналів одометричних коліс механічної системи транспортування

["Внутритрубный многоканальный профилемер" RU25218U1 (Открытое акционерное общество "Центр технической диагностики "Диаскан", RU) G01B 7/28; публ. 20.09.2002].

Недоліком відомого профілеміру є те, що він має обмежені експлуатаційні можливості.

Пояснюється це наступними недоліками його конструкції.

Так, в механічній системі транспортування чутливі важелі виконані негнучкими, без антифрикційних накладок, що знижує експлуатаційні можливості по точності діагностики стану внутрішньої поверхні трубопроводу.

Окрім цього, чутливі важелі установлені під постійним кутом до подовжньої осі β трубопроводу, що забезпечує використання профілеміру тільки для одного типорозміру трубопроводів.

При цьому кінцеві частини чутливих важелів виконані такими, що не забезпечують можливість реверсивного (зворотного) переміщення профілеміру в трубопроводі за наявності технологічної необхідності.

Стабілізуючі манжети виконані куполоподібними та суцільними і в результаті тертя їхніх кільцевих кромок об внутрішню поверхню трубопроводу та нерівномірного руху агрегату утворюється значний рівень шуму сигналів датчиків геометричних особливостей, що знижує інформативність цих сигналів і експлуатаційні можливості агрегату.

А в електронній системі вимірювання датчики геометричних особливостей трубопроводу, що поєднані з чутливими важелями механічної системи транспортування, виконані контактними та взаємодіють безпосередньо з чутливими елементами вимірювальної схеми, які в процесі контакту швидко зношуються, що знижує точність діагностики внутрішньої поверхні трубопроводу і обмежує експлуатаційні можливості агрегату по строку використання.

В основу корисної моделі поставлена задача усунення зазначених недоліків, тобто удосконалення механічної системи транспортування та електронної системи вимірювання заявленого агрегату шляхом:

- використання гнучких важелів з антифрикційними властивостями та заокругленими кінцевими частинами,

- установки важелів до осі агрегату під кутом β з можливістю їхнього повороту в заданому діапазоні,

- виконання стабілізуючих манжет таким чином, щоб при їхньої взаємодії з внутрішньою стінкою трубопроводу не виникало шуму, який знижує достовірність показників датчиків геометричних особливостей,

- використання таких датчиків геометричних особливостей трубопроводу, що не мають безпосереднього контакту з внутрішньою поверхнею трубопроводу.

Технічний результат - розширення експлуатаційних можливостей заявленого функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу.

Поставлена задача вирішується тим, що у заявленому функціональному агрегаті для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, що містить

механічну систему транспортування, яка включає

корпус, на якому закріплені,

чутливі важелі, установлені по кільцевому периметру з періодичним кутовим кроком,

пружні елементи чутливих важелів,

одометричні колеса

і стабілізуючі манжети,

а також електронну систему вимірювання, змонтовану на складових елементах механічної системи транспортування, яка включає

датчики кутового положення агрегату за осями X, Y, Z,

датчик температури робочого середовища в трубопроводі,

датчик тиску робочого середовища в трубопроводі,

блок живлення та захисту ланцюгів,

блок нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації,

блок зв'язку і

перетворювачі сигналів одометричних коліс механічної системи транспортування,

згідно з корисною моделлю,

в механічній системі транспортування

чутливі важелі виконані гнучкими, з поліуретановими накладками і з можливістю радіального кутового повороту на кут β, що забезпечує використання агрегату, щонайменше, на трьох суміжних типорозмірах трубопроводів,

причому кінцеві частини чутливих важелів виконані загнутими дугою до осі корпусу,

стабілізуючі манжети виконані з радіальними пружними пелюстками,

а в електронній системі вимірювання

датчики геометричних особливостей трубопроводу, що поєднані з чутливими важелями механічної системи транспортування, виконані безконтактними.

У зв'язку з тим, що в механічній системі транспортування чутливі важелі виконані гнучкими, з поліуретановими накладками і з можливістю радіального кутового повороту на кут β, що забезпечує використання агрегату, щонайменше, на трьох суміжних типорозмірах трубопроводі, досягається можливість використовувати один агрегат не тільки на один типорозмір трубопроводу, а щонайменше, на три суміжні типорозміри трубопроводів, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

Завдяки тому, що кінцеві частини чутливих важелів виконані загнутими дугою до осі корпусу, то оператор, при необхідності, може використовувати реверс - тобто тривалий рух агрегату в напрямку назад без пошкоджень, або у разі виявлення неподоланих перепон всередині трубопроводу для вилучення агрегату без пошкоджень та без порушення цілісності самого трубопроводу, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

Виконання стабілізуючих манжет з радіальними пружними пелюстками забезпечує значно менший рівень шуму сигналів з датчиків геометричних особливостей, які притиснені до внутрішньої поверхні трубопроводу з відомим зусиллям за допомогою пружних пелюстків, підвищує інформативність сигналу до рівня розрізнення зміни товщини стінки трубопроводу до 1 мм товщини, гарантує 100 % вірогідність подолання агрегатом рівнопрохідних трійників та звужень до 65 % номінального перерізу трубопроводу, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

У зв'язку з тим, що в електронній системі вимірювання датчики геометричних особливостей трубопроводу, що поєднані з чутливими важелями механічної системи транспортування, виконані безконтактними, тому вони не взаємодіють безпосередньо з внутрішньою поверхнею трубопроводу і не зазнають механічного зношування, досягається підвищення точності діагностики внутрішньої поверхні трубопроводу і розширення експлуатаційної можливості агрегату по строку використання.

Заявлений функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу має і інші удосконалення, що створюють додатковий технічний результат.

У функціональному агрегаті для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, згідно з корисною моделлю, механічна система транспортування включає три одометричні колеса, рівномірно розташовані по колу із зубчастою робочою поверхнею, з яких два одометричних колеса є робочими, а одне одометричне колесо є контрольним для визначення напрямку руху агрегату.

Використання трьох одометричних коліс унеможливлює їхнє бокове ковзання, а застосування зубчастої робочої поверхні одометричних коліс забезпечує можливість математичної компенсації похибки, що виникає з-за їхнього проковзування, з урахуванням алгоритму їхнього прослизання статистичними методами, використовуючи найбільш вірогідні показники, завдяки чому досягається зниження похибки вимірювання відстані від камери запуску агрегату в трубопровід або іншого візуального маркера з визначеним місцеположенням до місця розташування особливості до рівня 0,1-0,2 %, що підвищує точність вимірювання агрегату в цілому.

А використання контрольного одометричного колеса окрім визначення напрямку руху агрегату, також дає змогу відокремити показники одного з двох вимірювальних коліс у разі виникнення розбіжності в їхніх показниках, що в комплексі з перетворенням сигналу в перетворювачі сигналів одометричних коліс з наступною комплексною математичною компенсацією похибки одометрів в блоці нормалізації та перетворення сигналів та зберігання інформації за даними датчиків прискорень та датчиків кутового положення, що використовуються для корекції даних, які надходять з перетворювача сигналів одометричних коліс.

Завдяки цьому підвищується точність позиціонування особливостей, що складає не гірше 0,1…0,2 % від початку трубопроводу чи маркерної точки, що підвищує точність вимірювання всього агрегату в цілому.

У функціональному агрегаті для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, згідно з корисною моделлю, в електронній системі вимірювання датчик тиску робочого середовища в трубопроводі розміщено всередині блоку нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації.

Таке компонування датчика тиску робочого середовища в трубопроводі не потребує використання кабельного підключення, що в свою чергу значною мірою підвищує безпечність експлуатації агрегату.

У функціональному агрегаті для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, згідно з корисною моделлю, електронна система вимірювання додатково включає датчики прискорення розгону та гальмування за осями X, Y, Z.

Завдяки цьому досягається розширення показників вимірювання та діагностики трубопроводу.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями.

На Фіг. 1 зображено функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, подовжній розріз.

На Фіг. 2 зображено функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, поперечний розріз.

На Фіг. 3 зображено функціональна схема електронної системі вимірювання функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу.

Функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу, що містить (Фіг. 1-3)

механічну систему 10 транспортування, яка включає

корпус 11, на якому закріплені,

чутливі важелі 12, установлені по кільцевому периметру з періодичним кутовім кроком,

пружні елементи 13 чутливих важелів 12,

одометричні колеса 14

і стабілізуючі манжети 15,

а також електронну систему 20 вимірювання, змонтовану на складових елементах механічної системи 10 транспортування, яка включає

датчики 22 кутового положення агрегату за осями X, Y, Z,

блок 26 живлення та захисту ланцюгів,

блок 27 нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації,

блок 28 зв'язку і

перетворювачі 29 сигналів одометричних коліс 14 механічної системи 10 транспортування.

Головними удосконаленнями заявленого агрегату є наступні особливості його конструкції.

В механічній системі 10 транспортування агрегату чутливі важелі 12 виконані гнучкими, з поліуретановими накладками 16 і з можливістю радіального кутового повороту на кут β, що забезпечує використання агрегату, щонайменше, на трьох суміжних типорозмірах трубопроводів.

Завдяки цьому досягається можливість використовувати один функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу не тільки на один типорозмір трубопроводу, а щонайменше, на три суміжні типорозміри трубопроводів, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

Наприклад, дослідні зразки агрегатів "ФАГОТ-12" для типового розміру трубопроводу DN=12″ можуть експлуатуватися в трубопроводі, як діаметром DN=10″, так і DN=14″.

Дослідні зразки агрегатів "ФАГОТ-8" для трубопроводів діаметрами DN=8″ мають змогу застосовуватися для DN=6″, DN=8″ та DN=10″.

Кінцеві частини чутливих важелів 12 виконані загнутими дугою до осі корпусу 11.

Завдяки цьому оператор, при необхідності, може використовувати реверс - тобто тривалий рух агрегату назад без пошкоджень, або у разі виявлення неподоланих перепон всередині трубопроводу для вилучення агрегату без пошкоджень та без порушення цілісності самого трубопроводу, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

Стабілізуючі манжети 15 виконані з радіальними пружними пелюстками 17.

Це забезпечує значно менший рівень шуму сигналів з датчиків 23 геометричних особливостей, які притиснені до внутрішньої поверхні трубопроводу з відомим зусиллям за допомогою пружних пелюстків 17, підвищує інформативність сигналу до рівня розрізнення зміни товщини стінки трубопроводу до 1 мм товщини, гарантує на 100 % вірогідність подолання агрегатом рівнопрохідних трійників та звужень до 65 % номінального перерізу трубопроводу, що розширює експлуатаційні можливості агрегату.

В електронній системі 20 вимірювання агрегату датчики 23 геометричних особливостей трубопроводу, що поєднані з чутливими важелями 12 механічної системи 10 транспортування, виконані безконтактними.

Безконтактні датчики 23 геометричних особливостей трубопроводу не взаємодіють безпосередньо з внутрішньою поверхнею трубопроводу і не зазнають механічного зношування, що підвищує точність діагностики внутрішньої поверхні трубопроводу. і розширює експлуатаційні можливості агрегату по строку використання.

Додатковими удосконаленнями заявленого агрегату є наступні особливості його конструкції.

Механічна система 10 транспортування агрегату включає три одометричні колеса 14, рівномірно розташовані по колу із зубчастою робочою поверхнею, з яких два одометричних колеса 14 є робочими, а одне одометричне колесо 14 є контрольним для визначення напрямку руху агрегату.

Використання в механічній системі 10 трьох одометричних коліс 14 суттєво зменшує їхнє бокове проковзування.

Застосування різної зубчастої робочої поверхні одометричних коліс 14, надає можливість водночас із зменшенням похибки, що виникає з-за їх проковзування, одночасно ввести математичну компенсацію цієї похибки з використанням алгоритму на основі статистичних даних з використанням найбільш вірогідних показників.

Завдяки цьому досягається зниження похибки вимірювання відстані від камери запуску агрегату в трубопровід або іншого візуального маркера з визначеним місцеположенням до місця розташування особливості до рівня 0,1-0,2 %, що підвищує точність вимірювання агрегату в цілому.

А використання контрольного одометричного колеса 14 дає змогу відокремити показники одного з двох вимірювальних коліс 14 у разі виникнення розбіжності в їхніх показниках, що в комплексі з перетворенням сигналу в перетворювачі 29 сигналів одометричних коліс 14 з наступною комплексною математичною компенсацією похибки в блоці 27 нормалізації та перетворення сигналів та зберігання інформації за даними датчиків 21 прискорення розгону та гальмування, а також датчиків 21 прискорень та датчиків 22 кутового положення, що використовуються для корекції даних, які надходять з перетворювача 29 сигналів одометричних коліс 14, завдяки чому підвищується точність позиціонування особливостей, що складає не гірше 0.1…0.2 % від початку трубопроводу чи маркерної точки, що підвищує точність вимірювання всього агрегату в цілому.

В електронній системі 20 вимірювання агрегату датчик 25 тиску робочого середовища в трубопроводі розміщено всередині блоку 27 нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації.

Таке компонування датчика 25 тиску робочого середовища в трубопроводі не потребує використання кабельного підключення, що в свою чергу значною мірою підвищує безпечність експлуатації агрегату.

Електронна система 20 вимірювання агрегату додатково включає датчики 21 прискорення розгону та гальмування за осями X, Y, Z.

Завдяки цьому досягається розширення показників вимірювання та діагностики трубопроводу.

Ці датчики 21 прискорення розгону та гальмування за осями X, Y, Z використовують для додаткового виявлення наступних особливостей:

1) для виявлення характеру переміщення агрегату трубопроводом (прискорення розгону та гальмування за віссю X, що дозволяє непрямим чином виявляти наявність звужень на швах, виявляти спірні шви (неявні за показниками чутливих важелів 12 із-за високого рівня фонових завад у безшовних трубопроводах. наявності овальності, засмічень; також може використовуватися до непрямої прив'язки до рельєфу місцевості;

2) для корекції даних щодо швидкості та дистанції за віссю X (компенсація похибки одометрів);

3) для вимірювання показників (кутова швидкість, кутове прискорення) за осями Y, Z обертання агрегату в трубопроводі, як спосіб непрямого визначення зміни товщини стінки в безшовних трубах, яке не вимірюється прямим чином (чутливими важелями) з достатньою вірогідністю;

4) для корекції даних вимірювання кутів поворотів, зокрема непрямого диференціювання відводів у горизонтальній площині від підйомів та спусків;

5) для вимірювання значень перевантажень, які діють на агрегат впродовж пропуску трубопроводом (для непрямої діагностики відмов, працездатності та визначення можливих причин виходу з ладу вузлів агрегату).

Заявлений функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу працює наступним чином.

Перед початком роботи функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей за допомогою лотка доправляється до камери запуску, яка приєднана до трубопроводу.

Після проведення необхідних переключень, згідно з регламентом запуску, відбувається вхід функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу з камери запуску до номінального діаметру трубопроводу і починається рух функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей порожниною робочої частини обслідуваного трубопроводу.

Під час руху функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей порожниною робочої частини обслідуваного трубопроводу відбуваються наступні вимірювання засобами, які розміщені на механічній системі 10 транспортування.

Чутливі важелі 12, встановлені по кільцевому периметру з періодичним кутовім кроком, закріплені на корпусі 11, реагують на зміну діаметра трубопроводу в той чи інший бік відповідною зміною куту нахилу, завдяки пружним елементам 13 чутливих важелів 12, який в свою чергу перетворюється на зміну напруги і далі в цифрове значення, яке ставиться у відповідність до пройденої відстані, яка вимірюється за допомогою одометричних коліс 14.

Додатково, для зменшення впливу вібрації під час руху на функціональному агрегаті для виявлення геометричних особливостей встановлені стабілізуючі манжети 15.

Впродовж всього часу руху функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей електронна система 20 вимірювання, змонтована на складових елементах механічної системи 10 транспортування, виконує вимірювання та зберігання наступних даних кожні 0.001с. з кроком довжини не більше 0,01м, згідно з сигналами одометричних коліс 14, які формують додаткові переривання для здійснення контролю повноти та достовірності даних, що записуються:

1) кутового положення агрегату за осями X, Y, Z за допомогою датчиків 22 кутового положення агрегату за осями X, Y, Z;

2) температури робочого середовища в трубопроводі за допомогою датчика 24 температури робочого середовища в трубопроводі;

3) тиску робочого середовища в трубопроводі, за допомогою датчика (25) тиску робочого середовища в трубопроводі.

Водночас електронна система 20 вимірювання, змонтована на складових елементах механічної системи 10 транспортування, здійснює контроль стану блока 26 живлення та захисту ланцюгів, а також контроль повноти та достовірності даних, що надходять до блока 27 нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації, з датчиків, а також з перетворювачів 29 сигналів одометричних коліс 14 механічної системи 10 транспортування.

Після закінчення технологічного процесу профілеметрії функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей виймають з приймальної камери трубопроводу, і, використовуючи блок 28 зв'язку, передають дані для подальшої обробки та аналізу на персональний комп'ютер.

Розміщення датчика 25 тиску робочого середовища в трубопроводі розміщено всередині блока 27 нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації електронної системи 20 вимірювання та безконтактних важелів дає перевагу в тому, що виключається необхідність у зовнішніх кабельних з'єднаннях для їхнього підключення; а використання в механічній системі 10 транспортування трьох одометричних коліс 14, рівномірно розташованих по колу із зубчастою робочою поверхнею, дає можливість визначати напрямок руху всього агрегату в цілому, та контролювати достовірність даних, що надходять з кожного з одометричних коліс 14, а також компенсувати статистично похибки, що виникають під час прискорень на основі даних датчиків 21 прискорення розгону та гальмування за осями X, Y, Z.

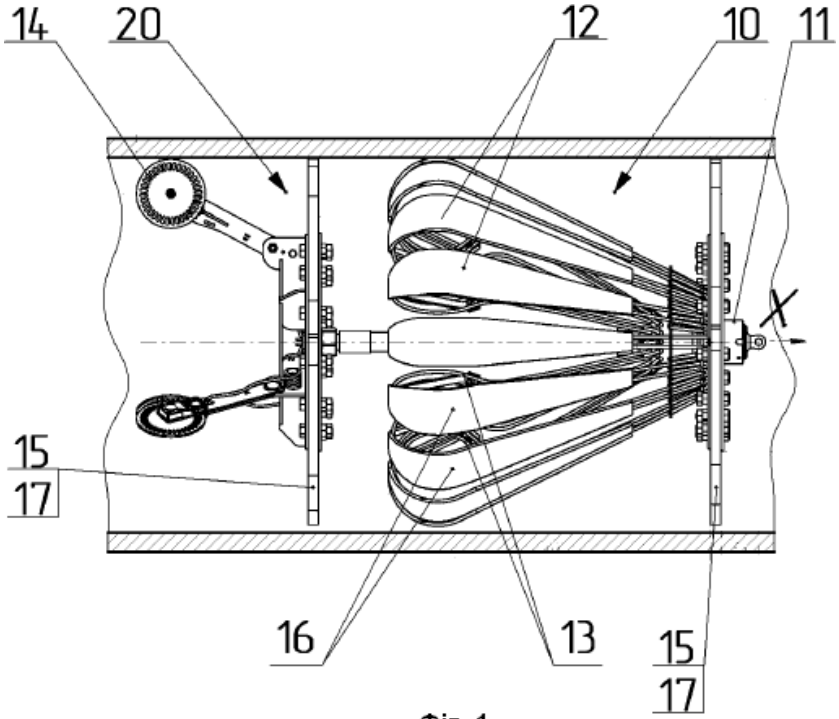
Наведені відомості підтверджують можливість промислової придатності заявленого функціонального агрегату для виявлення геометричних особливостей трубопроводу (ФАГОТ), який завдяки введеним до нього технічним удосконаленням забезпечує розширення його експлуатаційних можливостей.

Заявлений функціональний агрегат для виявлення геометричних особливостей трубопроводу може бути виготовлений на спеціалізованому підприємстві і може знайти широке застосування при внутрішньотрубному обстеженні трубопроводів великої протяжності, головним чином магістральних нафтопроводів, нафтопродуктопроводів, а також при обстеженні газопроводів методами неруйнівного контролю шляхом пропускання усередину трубопроводу цього агрегату.

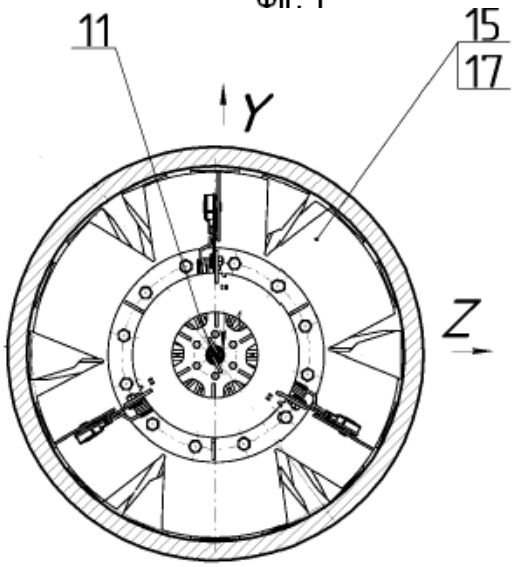
Перелік позначень.

10. Механічна система транспортування
11. Корпус
12. Чутливі важелі
13. Пружні елементи важелів
14. Одометричні колеса
15. Стабілізуючі манжети
16. Поліуретанові накладки чутливих важелів
17. Радіальні пружні пелюстки стабілізуючих манжет

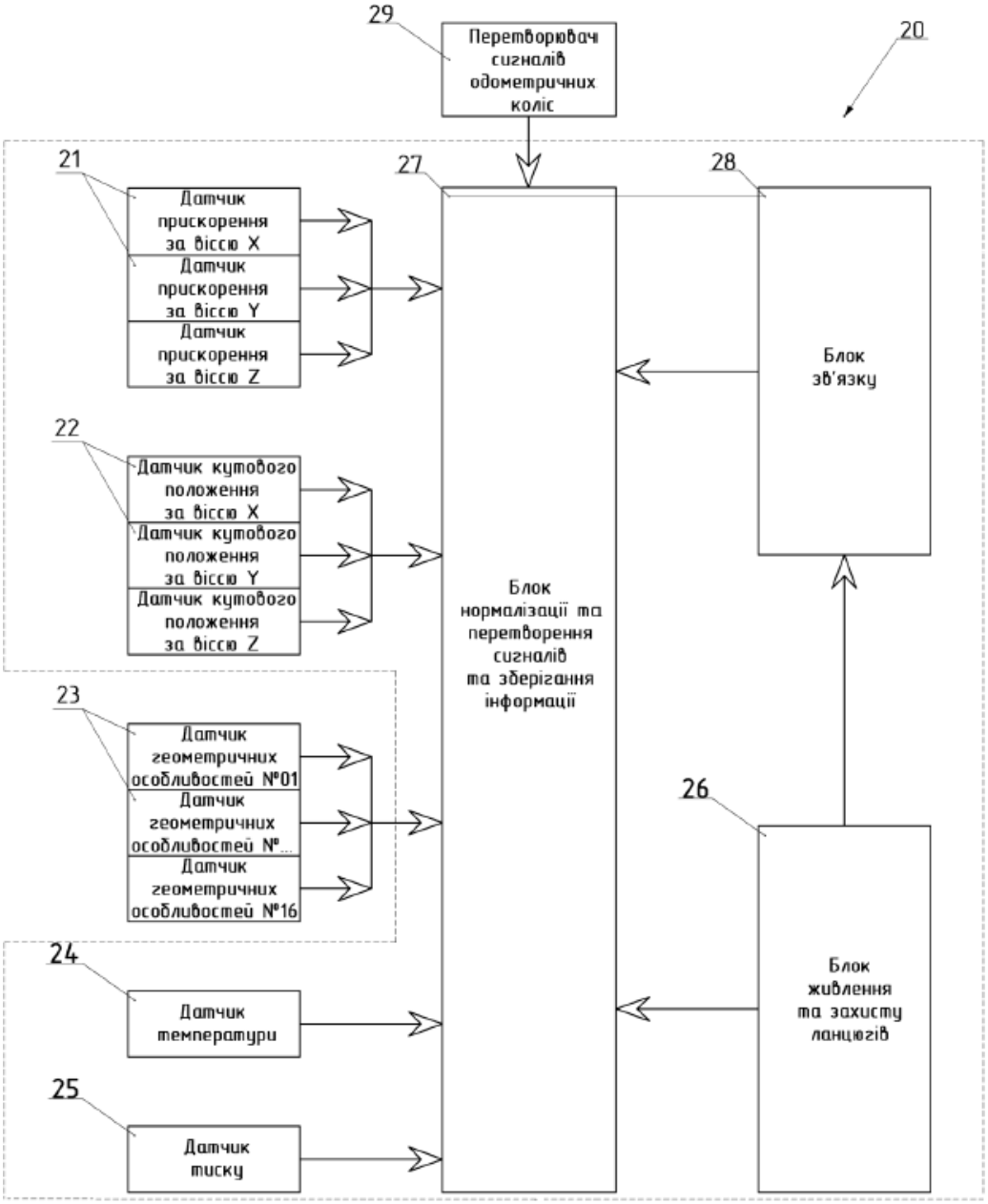
20. Електронна система вимірювання
21. Датчики прискорення, розгону та гальмування за осями X, Y, Z
22. Датчики кутового положення за осями X, Y, Z
23. Датчики геометричних особливостей трубопроводу,
24. Датчик температури робочого середовища в трубопроводі
25. Датчик тиску робочого середовища в трубопроводі
26. Блок живлення та захисту ланцюгів
27. Блок нормалізації, перетворення сигналів та зберігання інформації
28. Блок зв'язку
29. Перетворювач сигналів одометричних коліс



Фіг. 1



Фіг. 2


29
Перетворювачі сигналів одометричних коліс
20
21
Датчик прискорення за віссю X
Датчик прискорення за віссю Y
Датчик прискорення за віссю Z
27
28
Блок зв'язку
22
Датчик кутового положення за віссю X
Датчик кутового положення за віссю Y
Датчик кутового положення за віссю Z
Блок нормалізації та перетворення сигналів та зберігання інформації
23
Датчик геометричних особливостей №01
Датчик геометричних особливостей №...
Датчик геометричних особливостей №16
26
Блок живлення та захисту ланцюгів
24
Датчик температури
25
Датчик тиску

Фіг. 3