



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **69105** (13) **U**
(51) МПК
F17D 5/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2011 10043**
(22) Дата подання заявки: **15.08.2011**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2012**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2012, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):
Тевяшев Андрій Дмитрович (UA),
Щербатюк Юрій Захарович (UA),
Сандул Сергій Володимирович (UA),
Левченко Олег Васильович (UA),
Сивер Руслан Олександрович (UA),
Лук'янчик Владислав Іванович (UA),
Тевяшева Ольга Андріївна (UA),
Виходцев Євген Іванович (UA)
(73) Власник(и):
Тевяшев Андрій Дмитрович,
вул. Велозаводська, 38, кв. 38, м. Харків,
61176 (UA),
Щербатюк Юрій Захарович,
пров. Бастионний, 7, кв. 81, м. Київ 01014
(UA),
Сандул Сергій Володимирович,
вул. Артема, 7/22, кв. 18, м. Полтава, 36014
(UA),
Левченко Олег Васильович,
вул. Баяна, 8, кв. 64, м. Полтава, 36000
(UA),
Сивер Руслан Олександрович,
вул. Пономарьова, 18а, кв. 2, Київська обл.,
Ірпінський р-н, смт Коцюбинське, 08298
(UA),
Лук'янчик Владислав Іванович,
вул. Нечуй-Левицького, 21, кв. 27, м.
Полтава, 36039 (UA),
Тевяшева Ольга Андріївна,
Салтанівське шосе, 250а, кв. 376, м. Харків,
61171 (UA),
Виходцев Євген Іванович,
вул. Данилевського, 8, кв. 130, м. Харків,
61058 (UA)

(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ І КРИМІНАЛЬНИХ ВІДБОРІВ РІДКИХ ВУГЛЕВОДНІВ З МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

(57) Реферат:

Спосіб виявлення витоків і кримінальних відборів рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів включає синхронне вимірювання тиску, масових витрат, температури і щільності рідких вуглеводнів в кожному замірному вузлі магістрального трубопроводу і в кожний фіксований момент часу. Потім здійснюють виявлення та усунення систематичних і фільтрацію випадкових помилок у результатах вимірювань. Визначають інтегральну масу. Обчислюють розподіл тиску, масові витрати, температуру і щільності рідких вуглеводнів між замірним вузлами. Визначають зміну маси рідких вуглеводнів на ділянці за той же проміжок часу. Обчислюють баланс маси рідких вуглеводнів на кожній ділянці.

UA 69105 U

Корисна модель належить до галузі трубопровідного транспорту нафти та нафтопродуктів, а саме до методів неруйнівного контролю трубопроводів, і призначена для автоматичного виявлення витоків і кримінальних відборів в магістральних трубопроводах, що забезпечують транспорт рідких вуглеводнів.

Відомий спосіб виявлення витоків методом неруйнівного контролю в трубопроводах. [Спосіб визначення місцезнаходження течії в трубопроводах, а.с. СРСР № 1651016, МКВ F17D 5/02, опубл. 23.05.1991, бюл. № 19], що полягає у визначенні місця розташування течії в трубопроводах шляхом реєстрації перевищення акустичного випромінювання над шумами в одній точці трубопроводу в низькочастотній і високочастотній областях робочого діапазону.

Недоліком цього способу є високий ступінь загасання акустичних коливань в металі трубопроводу, покритого теплоізолюючою оболонкою, що має високі віброгасильні і вібропоглинаючі властивості, тому для більш точного результату потрібна більша кількість діагностичної апаратури, що розташовується на незначних відстанях один від одного.

Відомий спосіб виявлення витоків, заснований на аналізі лінії гідравлічного ухилу, побудованої за даними про тиск в контрольних перерізах трубопроводу, при цьому переріз, в якому виникає злам вищевказаної лінії, є перерізом витоку [Ішмухаметов І.Т. та ін. - М.: Нафта і газ, 1999. - с. 212-217].

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі, що заявляється, є Спосіб виявлення витоків рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів, [пат. RU 2368843, МПК (2006.01) F17D 5/02, опубл. 27.09.2009], що включає вимірювання тиску і витрати рідких вуглеводнів, визначення зміни їх маси на контрольованій ділянці трубопроводу за фіксований проміжок часу, визначення розподілу тиску по довжині цієї ділянки за той же проміжок часу, обчислення інтегральної маси рідких вуглеводнів між перерізами контрольованої ділянки, порівняння отриманих значень зміни маси рідких вуглеводнів з розрахованою зміною інтегральної маси.

Недоліком цього способу є те, що при визначенні маси рідких вуглеводнів не враховуються зміни масової витрати, температури і щільності по тимчасовій та просторовій змінним, а також абсолютні геодезичні відмітки для замірних вузлів, які вказують висоту точок місцевості над рівнем моря, що призводить до значних помилок визначення балансу маси рідких вуглеводнів при їх транспортуванні по трубопроводу з різним тиском, масовою витратою, щільністю і температурою по довжині контрольованої ділянки, знижує чутливість і завадостійкість і, як наслідок, викликає помилкові спрацювання системи виявлення витоків при їх відсутності або пропуск початку витоку - при його наявності.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу виявлення витоків рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів, у яких склад і фізичні параметри рідких вуглеводнів можуть істотно змінюватися по тимчасовій і просторовій змінних, і кримінальних відборів з різними стратегіями інтенсивності відборів (від коротких, але інтенсивних, до тривалих, але таких, що незначно перевищують рівень шумів), в якому, за рахунок збільшення кількості вимірюваних параметрів рідких вуглеводнів, використання спеціальних засобів виявлення та усунення систематичних і фільтрації випадкових помилок у результатах вимірювань, забезпечується підвищення точності визначення балансу маси вуглеводнів, що транспортуються, між замірним вузлами, зниження допустимого рівня дисбалансу мас, підвищення чутливості та завадостійкості і, як наслідок, точності визначення моменту часу початку та інтенсивності витоку або кримінального відбору, а також моменту часу закінчення кримінального відбору.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі виявлення витоків і кримінальних відборів рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів, що включає вимірювання тиску і витрати рідких вуглеводнів, визначення зміни їх маси, на контрольованій ділянці трубопроводу за фіксований проміжок часу, визначення розподілу тиску по довжині цієї ділянки за той же проміжок часу, обчислення інтегральної маси рідких вуглеводнів між перерізами контрольованої ділянки, порівняння отриманих значень зміни маси рідких вуглеводнів з розрахованим зміною інтегральної маси, згідно з корисною моделлю, в кожному замірному вузлі магістрального трубопроводу і в кожний фіксований момент часу синхронно вимірюють тиск, масову витрату, температуру і щільність рідких вуглеводнів, здійснюють виявлення та усунення систематичних і фільтрацію випадкових помилок у результатах вимірювань, визначають інтегральну масу, що пройшла через кожний замірний вузол за заданий проміжок часу. Згідно з геодезичними відмітками замірних вузлів і рельєфом траси, обчислюють розподіл тиску, масової витрати, температури і щільності рідких вуглеводнів між замірним вузлами із заданим кроком по довжині контрольованої ділянки, визначають зміну маси рідких вуглеводнів на даній ділянці за той же проміжок часу, обчислюють баланс маси рідких

вуглеводнів на кожному контрольованому ділянці і за величиною дисбалансу приймають рішення про наявність витоків. Контроль параметрів рідких вуглеводнів здійснюють одночасно у всіх N замірних вузлах на N-1 послідовно підключених ділянках трубопроводу.

Синхронне вимірювання тиску, масової витрати, температури і щільності рідких вуглеводнів дозволяє зі значно більшою достовірністю обчислювати баланс маси рідких вуглеводнів на кожній контрольованій ділянці, за величиною дисбалансу приймати рішення про наявність витоків і з більшою точністю визначать момент часу початку витoku або кримінального відбору і момент часу закінчення кримінального відбору.

Одночасний контроль параметрів рідких вуглеводнів у всіх N замірних вузлах на N-1 послідовно підключених ділянках трубопроводу, дозволяє здійснювати безперервний моніторинг балансу мас рідких вуглеводнів, як по кожній з N-1 ділянок трубопроводу, так і по всьому магістральному трубопроводу.

Спосіб реалізується наступним чином. Весь магістральний трубопровід розбивається на N-1 послідовно підключених ділянок трубопроводу довжини від 10 до 60 км. (фіг. 1). У місцях з'єднання ділянок встановлюються замірні вузли (ЗВ), у кожному з яких розташовуються вимірювачі масової витрати (W), надлишкового тиску (P), температури (T) і щільності (ρ), дані з яких із заданою періодичністю (Δt) надходять на обчислювальний пристрій (ОП).

Обробка результатів вимірювань і прийняття рішення про наявність витoku або кримінального відбору здійснюється в результаті виконання наступних етапів.

1. Попередня обробка оперативних даних: перевірка оперативних даних на достовірність; відновлення пропусків в оперативних даних; адаптивна багатоетапна фільтрація результатів вимірювань; обчислення оцінок наведених щільності та об'ємної витрати в кожному ЗВ.

2. Перевірка ступеня квазістаціонарності режиму роботи магістрального трубопроводу здійснюється за трьома критеріями квазістаціонарності: критерію відносини правдоподібності; модифікованого критерію Німана; критерію вибіркової дисперсії.

Якщо виконуються умови квазістаціонарності режиму, то здійснюється формування даних для оцінювання систематичних помилок вимірювань масової витрати і щільності в кожному ЗУ.

3. Оцінювання систематичних помилок вимірювань масової витрати і щільності здійснюється відповідно до СОУ: Магістральні конденсатопроводи. Визначення систематичних похибок вимірювання масової витрати та густин стабільного конденсату. Метод. СОУ 11.2-30019775-095:2006, Київ, ДК "Укргазвидобування", 2006, 36 с.

4. Відновлення значень об'ємної витрати, тиску, температури і щільності по кожній ділянці трубопроводів в момент часу здійснюється шляхом чисельного рішення системи рівнянь математичної моделі нестационарного неізотермічного режиму транспорту рідких вуглеводнів при відповідному завданні початкових і граничних умов. (Лур'є М. В. Математичне моделювання процесів трубопровідного транспорту нафти, нафтопродуктів і газу. - М.: Нефть и газ, 2003.-336 с.). Чисельне рішення системи диференціальних та алгебраїчних рівнянь математичної моделі здійснюється кінцево-різницевою методом з неявною схемою апроксимації частинних похідних (Бахвалов Н.С, Жидков Н. П. Кобельков Г. М. Чисельні методи. - М.: Наука, 1987.-598 с.).

Виявлення витоків та несанкціонованих відборів здійснюється шляхом порівняння $\hat{M}_{n,n+1}^{(nom)}(t_1, t_2)$ - обчисленого значення дисбалансу рідких вуглеводнів на ділянці магістрального трубопроводу між N-м і N-1-м ЗВ на інтервалі часу $[t_1; t_2]$ з $M_{n, n+1}^+$ пороговим значенням допустимого рівня дисбалансу маси за умовою:

$$\hat{M}_{n,n+1}^{(nom)}(t_1, t_2) > M_{n, n+1}^+ \quad (1)$$

Якщо умова (1) виконується, то це означає що на ділянці магістрального трубопроводу між N-м та N-1-м ЗВ на інтервалі часу $[t_1; t_2]$ виявлено витікання рідини або кримінальний відбір. Якщо умова (1) не виконується, то це означає відсутність витoku або припинення кримінального відбору. Визначення чисельного значення порогового рівня дисбалансу маси здійснюється адаптивним методом з урахуванням вимог до чутливості способу, допустимого рівня помилкових спрацьовувань, фактичних режимів роботи магістральних трубопроводів, статистичних властивостей випадкових помилок вимірювань параметрів рідких вуглеводнів в ЗВ і випадкових помилок у каналах зв'язку.

Обчислення значення $\hat{M}_{n,n+1}^{(nom)}(t_1, t_2)$ - дисбалансу маси рідких вуглеводнів на ділянці магістрального трубопроводу між N-м і N-1-м ЗВ на інтервалі часу $[t_1; t_2]$ здійснюємо за формулою:

$$\hat{M}_{n,n+1}^{(nom)}(t_1, t_2) = \hat{M}_n(t_1, t_2) - \hat{M}_{n+1}(t_1, t_2) + \hat{M}_{n,n+1}^{(mp)}(t_1) - \hat{M}_{n,n+1}^{(mp)}(t_2),$$

де $\hat{M}_n(t_1, t_2)$, $\hat{M}_{n+1}(t_1, t_2)$ оцінка маси рідких вуглеводнів, що пройшла відповідно через N-й і iV-1-й ЗВ за інтервал часу $[t_1; t_2]$;

$\hat{M}_{n,n+1}^{(mp)}(t_1)$, $\hat{M}_{n,n+1}^{(mp)}(t_2)$ оцінка маси рідких вуглеводнів, акумульованих на ділянці трубопроводу між N-м і N-1-м ЗВ відповідно в початковий момент часу t_1 і в кінцевий момент часу t_2 .

5 На прикладі магістрального конденсатопроводу розглянемо реалізацію запропонованого способу. Конденсатопровід характеризується наступними параметрами: довжина - 158,8 км; структура однониткова; внутрішній діаметр - 205 мм; кількість ЗВ - 5; відстані між ЗВ - від 30 до 55 км; вимірювані параметри в кожному ЗВ - тиск, масова витрата, температура і щільність стабільного конденсату; цикл вимірювання фізичних параметрів у кожному ЗВ - 1 сек.; величина розсинхронізації даних, що надходять з ЗВ, не більше 0,1 сек. Інтервал часу приймався рівним 180 сек. Порогові значення допустимого рівня дисбалансу на кожній з ділянок приймалися рівними

$M_{1,2}^+ = 33,5$ кг, $M_{2,3}^+ = 33,0$ кг, $M_{3,4}^+ = 33,3$ кг, $M_{4,5}^+ = 45,5$ кг.

На фіг. 1-3 наведені схема і графіки, що ілюструють приклад реалізації способу.

15 На фіг. 1 представлена схема магістрального конденсатопроводу, де ЗВ - вимірний вузол; L, d, z - відповідно, довжина, зовнішній діаметр і абсолютна геодезична відмітка ділянки трубопроводу.

20 На фіг. 2 - графіки зміни тиску, масової витрати, температури і щільності стабільного конденсату в ЗВ при двох короткочасних кримінальних відборах з різною швидкістю відкриття крана.

На фіг. 3 - графіки зміни тиску, масової витрати, температури і щільності стабільного конденсату в ЗВ при кримінальному відборі з різним ступенем відкриття крана.

У таблицях 1-4 наведено результати реалізації способу. У таблицях 1, 2 наведено параметри виявлених відборів відповідно до графіків на фіг. 2

Таблиця 1

Характеристика відборів.

	Відбір № 1	Відбір № 2
Час виникнення відбору, характер відкриття крана на врізці	11:39:00, різке відкриття крана	12:27:30, плавне відкриття крана
Час закінчення відбору, характер закриття крана на врізці	12:03:20, різке закриття крана	12:48:30, різке закриття крана
Тривалість відбору	24,3 хв.	21 хв.

Таблиця 2

Результати аналізу відборів.

	Відбір № 1	Відбір № 2
Оцінка інтенсивності відбору	0,81 т/ч (1,2 %)	0,75 т/ч (1,1 %)
Оцінка обсягу втрат конденсату	0,33 т	0,21 т

У таблицях 3-4 наведено результати параметрів відборів відповідно до графіків на фіг. 3.

Таблиця 3

Характеристика відборів.

Час виникнення відбору	23:08:50
Час закінчення відбору	23:16:00
Тривалість відбору	7,2 хв.
Зміни ступеня відкриття крана на врізці	23:08:50 - плавне відкриття крана
	23:11:10 - прикриття крана
	23:12:30 - часткове відкриття крана
	23:14:15 - прикриття крана
	23:14:35 - часткове відкриття крана
	23:15:25 - прикриття крана
	23:16:00 - закриття крана

Таблиця 4

Результати аналізу відборів.

Оцінка інтенсивності відбору	23:08:50-23:11:10 (9,5 %)	7,0 т/г
	23:11:10-23:12:30 (5,4 %)	4,0 т/г
	23:12:30-23:14:15 (14,9 %)	11,0 т/г
	23:14:15-23:14:35 (6,8 %)	5,0 т/г
	23:14:35-23:15:25 (13,5 %)	10,0 т/г
	23:15:25-23:16:00 (6,8 %)	5,0 т/г
Оцінка обсягу втрат конденсату	1,0 т	

5 Пропонований спосіб дозволяє автоматично визначати витоки і кримінальні відбори з магістральних трубопроводів при транспортуванні різних типів рідких вуглеводнів з різними фізичними, просторово розподіленими по довжині контрольованого ділянки параметрами (тиском, масовою витратою, температурою і щільністю) і може бути реалізований в системах магістрального транспорту нафти і нафтопродуктів, а також у трубопровідних комунікаціях промислових підприємств.

10

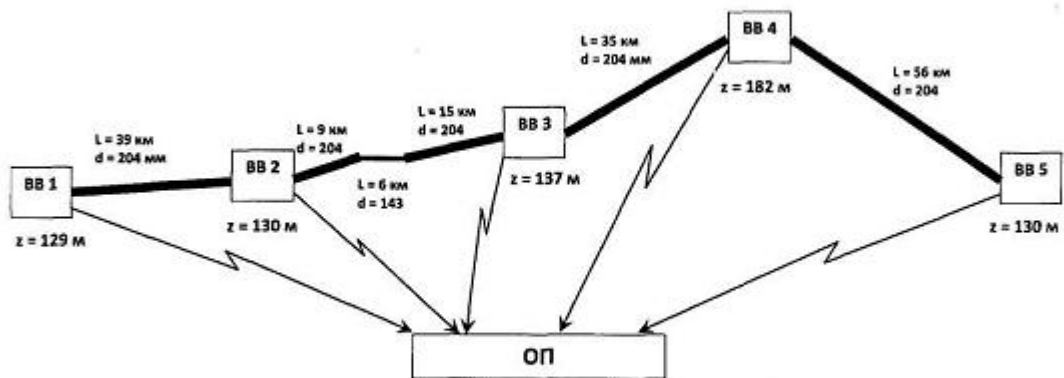
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 1. Спосіб виявлення витоків і кримінальних відборів рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів, що включає вимірювання тиску і витрати рідких вуглеводнів на кінцях контрольованої ділянки, визначення зміни маси рідини на вказаній ділянці за фіксований проміжок часу, визначення розподілу тиску по довжині цієї ділянки за той же проміжок часу, обчислення інтегральної маси рідких вуглеводнів між перерізами контрольованої ділянки, порівняння отриманих значень зміни маси рідких вуглеводнів з розрахованою зміною інтегральної маси, який **відрізняється** тим, що в кожному замірному вузлі магістрального

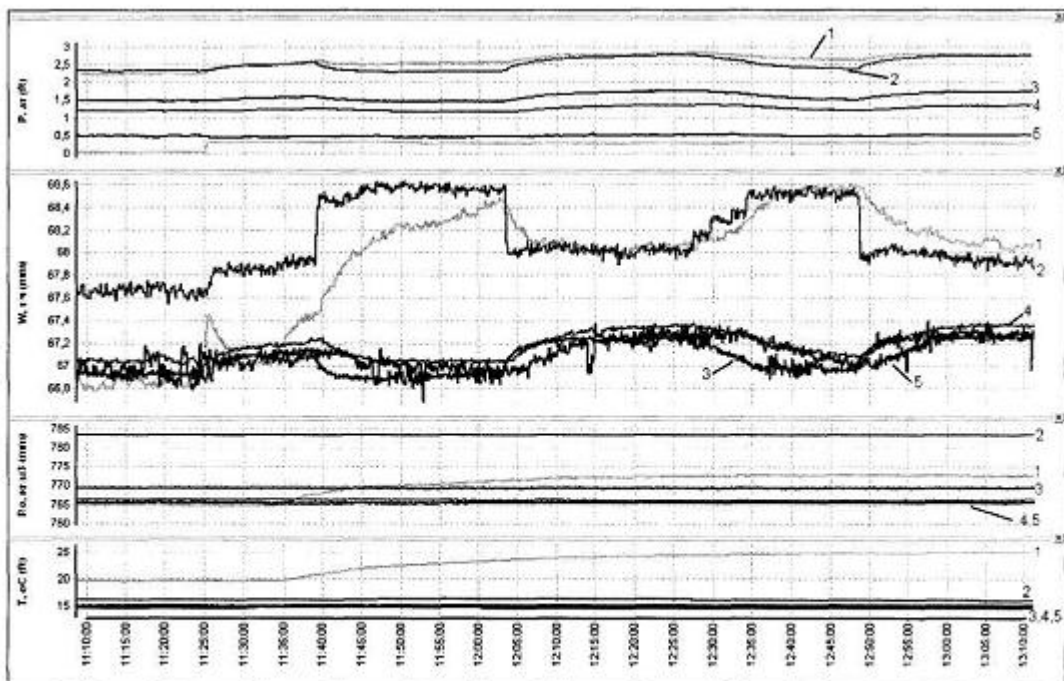
20 трубопроводу і в кожний фіксований момент часу синхронно вимірюють тиск, масову витрату, температуру і щільність рідких вуглеводнів, здійснюють виявлення та усунення систематичних і фільтрацію випадкових помилок у результатах вимірювань, визначають інтегральну масу, що пройшла через кожний замірний вузол за заданий проміжок часу, згідно з геодезичними відмітками замірних вузлів і рельєфом траси, обчислюють розподіл тиску, масової витрати, температури і щільності рідких вуглеводнів між замірним вузлами із заданим кроком по довжині

25 контрольованої ділянки, визначають зміну маси рідких вуглеводнів на даній ділянці за той же проміжок часу, обчислюють баланс маси рідких вуглеводнів на кожній ділянці, за обсягом дисбалансу приймають рішення про наявність витоку або кримінального відбору.

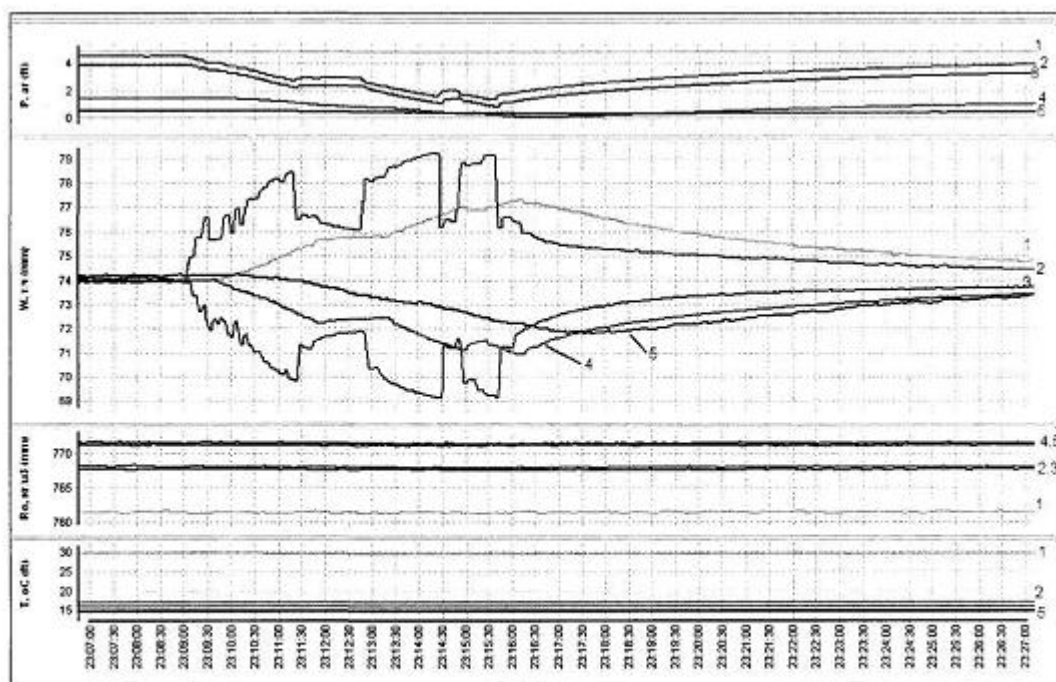
30 2. Спосіб виявлення витоків і кримінальних відборів рідких вуглеводнів з магістральних трубопроводів за п. 1, який **відрізняється** тим, що контроль параметрів рідких вуглеводнів здійснюють одночасно у всіх N замірних вузлах на N-1 послідовно підключених ділянках трубопроводу.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601