



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44969

(13) A

(51) 6 G01F23/28

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДИНИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2000020833

(22) 15 02 2000

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р

(72) Терент'єв Олег Маркович, Чорний Валерій
Іванович, Вигівський Віктор Михайлович, Синяков
Юрій Борисович, Яворська Наталія Анатоліївна

(73) ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "НІК-ТСК"

(57) 1 Спосіб вимірювання рівня рідини, при якому
збуджують акустичні коливання шляхом дії на рі-
дину, приймають акустичні коливання, перетворюю-
ють і підсилюють сигнали, по яким визначають рі-
вень рідини, який відрізняється тим, що акустичні
коливання збуджують малим об'ємом того ж сере-
довища, в рідкому або замороженому вигляді,
який випускають з дозатора, наприклад крапель-
ниці, розташованого над рівнем рідини і після па-
діння та співударяння з поверхнею рідини виклика-
ють акустичні коливання, прийманням та електро-
нною обробкою яких забезпечують вимірювання та
обчислення відстані від верхньої точки ємності до
рівня рідини, що заповнює ємність за формулою

$$h_C = \dot{t} - \left(\left(-\sqrt{\frac{2}{g}} + \sqrt{\frac{2}{g} + \frac{4t}{V_a}} \right) / \frac{2}{V_a} \right)^2,$$

де

Спосіб та пристрій має відношення до вимірю-
вання рівня рідини в ємностях. Даний спосіб може
знайти використання у автоматичних системах ко-
нтролю та обліку у нафтодобувній і нафтоперероб-
ній промисловості, в інших галузях народного гос-
подарства, які пов'язані з виробленням, зберіган-
ням та використанням рідинних середовищ.

У відомому способі контролю приходу та ви-
трат рідини в каліброваній ємності місткістю біль-
ше 5 м³ (Україна, заявка № 97010086, кл
G01F17(00), 1997) вимірюють рівень звичайною мі-
рною лінійкою зі шкалою до та після витрати ріди-
ни, а також вимірюють кількість витраченої рідини,
після цього результати вимірювань зв'язують з таб-
лицею. Якщо мають місце розходження в резуль-
татах, то приймають за основу фактичний резуль-

H = h_r + h_e - висота ємності з горловиною, м,h_r - висота горловини ємності, м,h_e - висота ємності, м,g - прискорення вільного падіння, м/с²,t - часовий інтервал, функціонально пов'язаний з
рівнем рідини, що вимірюється, с,V_z = V + α · (τ - τ₀) швидкість звуку в газахV = 331 - швидкість звуку у газах при температурі
t₀ = 0°C, м/с,α = 0,59 - температурний коефіцієнт зміни
швидкості,τ - температура, при якій розраховують швидкість
звуку

2 Пристрій для вимірювання рівня рідини, що має
механізм для збудження акустичних коливань,
приймач сигналу, який зв'язаний з підсилювачем,
перетворювач аналогового сигналу у цифровий,
та індикатора, який відрізняється тим, що меха-
нізм для збудження акустичних коливань викона-
ний у вигляді дозатора з розподільно-переривним
пристроєм дозування речовини і приймача акусти-
чних сигналів від зіткнення малого об'єму речови-
ни з поверхнею рідини в ємності, та доповнений
світлочутливими елементами, синхронізатором
стробу вильоту малого об'єму речовини з дозато-
ра

тат вимірювань. Недоліком даного способу є те,
що кожний раз потрібно робити декілька вимірів до
витрачення рідини, заміряти кількість витраченої
рідини, а потім знову заміряти рівень рідини в єм-
ності. Крім того, даний спосіб контролю рівня ріди-
ни не враховує температури середовища, що нега-
тивно впливає на результат вимірювань, тому що
рідина має здатність при різних температурах зміню-
вати свій об'єм. При тому, що даний засіб не по-
требує ні якого складного обладнання, він не дає
можливості досягти достатньої точності вимірю-
вань рівня рідини в ємності.

Також відомий спосіб вимірювання рівня ріди-
ни (Патент України, № 18603, кл G01F17(00),
1997) при якому випромінюють в контрольне сере-
довище через стінку ємності ультразвукові імпуль-

(13) A

(11) 44969

(19) UA

си і вимірюють тривалість часових інтервалів між прийнятими сигналами, відбитими від верхньої границі рідини, що забезпечує визначення рівня рідкого середовища. Попередньо вимірюють товщину стінки ємності, визначають швидкість ультразвуку в рідині при даній температурі.

Вимірюють довжину часових інтервалів, між прийнятими луна-сигналами, а рівень рідини знаходять за формулою

$$h = \frac{1}{n} [C_0 + a(t - t_0)] \sum_{k=1}^n \left[\frac{1}{2(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \tau_{ik} - \frac{h_k}{C_1} \right]$$

Недоліком способу є те, що заміри та розрахунки роблять для кількох довільно вибраних точок. Також недоліком є те, що потрібно попередньо вимірювати товщину стінки ємності, визначити швидкість ультразвуку. Вище приведені недоліки роблять цей засіб трудомістким та непридатним для постійного використання.

Спосіб вимірювання рівня рідких середовищ (Патент СССР № 1777004 кл. G01F23/28, 1990) полягає у тому, що у рідину направляють струмінь газу та вимірюють параметри струменю після відбиття від рідини. Під дією струменю газу виникають акустичні коливання, за їх характеристиками визначають рівень рідини. Недоліком даного способу є те, що для виникнення коливань використовують струмінь газу, але турбулентність потоку газу робить даний спосіб не придатним для широкого використання вимірювання рівня рідкого середовища.

Відомий пристрій для вимірювання рівня рідини (Авт. св. СССР № 4754209/00-03 кл. E21B47/04, 1989) пристрій містить в собі генератор акустичних імпульсів, привід клапану, підсилювач, компаратор, блок світлової та звукової індикації, генератор еталонної частоти, коректор, лічильник метрів, пристрій імпації і контролю, задавач часу дії, вибратор, ключ, інтегратор, блоки вибірки - зберігання, компаратор, блок відображення. Пристрій встановлюють на кришці ємності з рідиною. За сигналом генератор збуджує акустичний імпульс. Приймач фіксує прямий сигнал, відбитий сигнал та сигнал перешкод. Компаратор перетворює вхідні сигнали в однополярні імпульси. За сигналом з виходу елемента і блок здійснює вибірку та зберігання прямого сигналу з інтегратора. Лічильник метрів починає рахування еталонних імпульсів, за складом яких на виході компаратору одновібратор виробляє короткий керуючий імпульс для обнулення інтегратора. В блоці здійснюється запам'ятовування відбитого сигналу та сигналу перешкод. Компаратор послідовно зрівнює вихідні сигнали. Лічильник метрів завершує роботу по приході відбитого сигналу. Застосування приладу дозволяє зрівнювати прямий сигнал, відбиті сигнали та сигнали перешкод по площі. Перешкодостійкість та вибірковість досягається збільшенням площі прямого імпульсу впливу. Недоліком даного пристрою є те, що блок приймача сигналів порівнює та обробляє три види імпульсів (прямий, відбитий та сигнал перешкод), а не один сигнал, як у пристрої, що пропонується. Також має місце опромінення рідини.

З відомих пристроїв вимірювання рівня рідини найбільш близьким по технічним та конструктивним особливостям є пристрій для вимірювання рів-

ня рідини (Україна, заявка № 98084566, кл. G01F23/28, 1998), що має акустичну трубу з акустичним випромінювачем зонduючого сигналу і приймачем акустичних сигналів, підсилювачі-формувані зонduючого сигналу та сигналів що приймаються, схему вимірювання часового інтервалу, функціонально зв'язаний з рівнем, що вимірюється, та індикатор. Приймач встановлено нижче випромінювача у поперечному зрізі труби і зв'язано з її порожнечою через трансформатор зв'язку, при цьому між випромінювачем та верхнім торцем вимірювальної труби встановлена узгоджена з нею діафрагма, що "проникна" для звукової хвилі і "непроникна" для парів рідини, нижче якої у стінці зроблені вентиляційні отвори, при цьому схема вимірювання часового інтервалу, що функціонально зв'язаний з рівнем, що вимірюється, виконана у вигляді мікропроцесора, що реалізує задану програму керування процесом вимірювання та обчислення вимірюваного рівня рідини L_p за формулою $L_p = L - Vt_x$, де L - відстань від площі встановленого приймача до дна ємності, V - швидкість звуку, t_x - вимірюваний часовий інтервал, функціонально зв'язаний з рівнем рідини. В пристрої, вибраному в якості прототипу, є певні недоліки. Для керування пристроєм в прототипі використовується акустична труба, яка має досить складну конструкцію. В один час акустична труба з випромінювачем та приймачем акустичних сигналів, також встановлені підсилювачі-формувані зонduючих сигналів та сигналів, що приймаються. Формула, яка закладена в програму для обчислення рівня рідкого середовища в ємності, не враховує температуру, що негативно впливає на результати розрахунку рівня рідкого середовища. Ці недоліки приводять до певних труднощів в використанні. При встановленні та керуванні цим пристроєм виникають певні проблеми, пов'язані з встановленням акустичної труби та її управлінням. Крім того, цей пристрій не придатний для постійного використання.

З відомих способів та пристроїв вимірювання рівня рідини найбільш близьким по технічній суттєвості є спосіб вимірювання кількості рідини в ємності та пристрій для його здійснення (Патент СССР № 1770763 кл. G01F23/22, 1990). Спосіб вимірювання рівня рідини в ємності, побудований на збудженні коливань шляхом нанесення удару по стінці ємності, їх перетворювання, а потім в ресетрації параметрів коливань і порівнянні їх з еталоним, одержаний аналогічним шляхом в порожній ємності. З метою підвищення точності вимірювань, коливання збуджують центральним ударом та концентрують їх в зоні вимірювань. Пристрій для вимірювання рівня рідини в ємності, містить в собі ударний механізм та приймальний датчик, який електрично зв'язаний через підсилювач з індикатором. З метою підвищення точності вимірювань, в нього введений акустичний концентратор, виконаний у вигляді порожнистого конуса, основу якого задемпфовано, а приймальний датчик виконаний у вигляді петлі з оптоволоконного світловода, встановлений консольно на мембрані в площині, перпендикулярно направленню розповсюдження коливань в середині концентратора, при цьому один кінець оптоволоконного світловода зв'язаний з джерелом, а другий - з приймачем світлового випромінювання.

До недоліків даного способу та пристрою, вибраного в якості прототипу, слід віднести

можливість відбиття сигналу від бічних стінок ємності, що обмежує застосування пристрою у трубах та лотках,

складність формування та концентрації сигналу у зоні вимірювань

В основу винаходу поставлено задачу вимірювання рівня рідини в ємності, вирішення якої, дозволило б підвищити точність і оперативність знаходження рівня рідини в ємності. Спосіб та пристрій, які використовуються для досягнення даної мети повинні бути зручними та простими у використанні, з малим енергоспоживанням. Використання персональної електронної обчислювальної машини (ПЕОМ) дозволяє підвищити надійність керування пристроєм

Поставлена задача вирішується таким чином акустичні коливання збуджують малим об'ємом того ж середовища, в рідкому або замороженому вигляді, який випускають з дозатору, наприклад крапельниці, розташованого над рівнем рідини і після падіння та співударяння з поверхнею рідини викликають акустичні коливання, прийманням та електронною обробкою яких забезпечують вимірювання та обчислення відстані від верхньої точки ємності до рівня рідини, що заповнює ємність за формулою

$$h_g = H - \left(\left(-\sqrt{\frac{2}{g}} + \sqrt{\frac{2}{g} + \frac{4t}{V\alpha}} \right) / \frac{2}{V\alpha} \right)^2$$

де $H = h_r + h_e$ - висота ємності з горловиною, м,

h_r - висота горловини ємності, м,

h_e - висота ємності, м,

g - прискорення вільного падіння, m/s^2 ,

t - часовий інтервал функціонально пов'язаний з рівнем рідини, що вимірюється, с,

$V = V_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$ - швидкість звуку в газах,

$V = 331$ - швидкість звуку у газах при температурі $t_0 = 0^\circ\text{C}$, m/s ,

$\alpha = 0,59$ - температурний коефіцієнт зміни швидкості,

t - температура, при якій розраховують швидкість звуку

Згідно винаходу, новиною даного способу є те, що відсутнє опромінення рідини, а використовується малий об'єм того ж середовища, в рідкому або замороженому вигляді, який падає з дозатору (крапельниці), розташованого над рівнем рідини і після падіння та співударяння з поверхнею рідини викликає акустичні коливання, приймання яких забезпечує вимірювання відстані від верхньої точки ємності до рівня рідини, що заповнює ємність

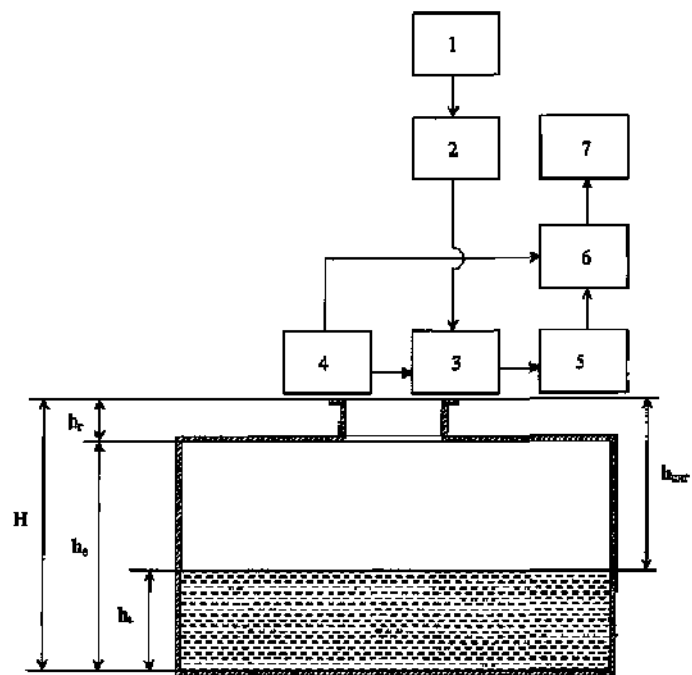
Технічний результат винаходу полягає у тому, що вимірювання рівня заповнення ємності рідиною здійснюють за рахунок віднімання із загального об'єму ємності її незаповненого об'єму. Оскільки переріз ємності не змінюється у часі, то необхідно знайти одну невідому величину - висоту незаповненого об'єму ємності. Вимірювання незаповненого об'єму складається у визначенні часу польоту краплі рідини того ж складу, що і рідина, яка знаходиться в ємності (для запобігання забруднення чужорідними речовинами тієї речовини, що міститься

у ємності)

Запропонований спосіб вимірювання рідини в ємності, впроваджується шляхом використання пристрою, що встановлюється в ємності, схема якого показана на фігурі, до якого входять дозатор 1, наприклад крапельниця, який з'єднано з розподільно-перериваючим пристроєм 2 (РПП). Вони призначені для дозування малого об'єму речовини, який падає з дозатору. Нижче РПП встановлено синхронізатор 3 з світлочутливими елементами (С - світловод та Ф - фотодіод) - призначений для послання на персональну електронну обчислювальну машину спеціального стробу, який фіксує початок вимірювання по вильоту малого об'єму рідини з дозатору. Приймач акустичних сигналів 4 (звуковий датчик) пристрою встановлюється на горловині ємності і призначений для прийому акустичного сигналу після зіткнення об'єму рідини, що падає, з поверхнею рідини у ємності. Підсилювач 5, з'єднано з синхронізатором для підсилювання імпульсів від синхронізатора. Приймач акустичних сигналів і підсилювач з'єднані з аналого-цифровим перетворювачем 6, (АЦП) де перетворюється аналоговий сигнал від приймача акустичних сигналів у цифровий, для подальшої передачі його на центральний процесор персональної електронної обчислювальної машини 7. У якості АЦП використовується звукова плата ESS 3D Sound. За допомогою програмного забезпечення, наприклад Cool Edit Pro Synttrillium Software corp USA, обчислювальна машина дозволяє отримати спектрограму процесу у реальному часі

Пристрій для вимірювання рівня рідини в ємності працює таким чином, при натисканні на РПП 2 з дозатору випадає малий об'єм рідини. Проходячи через проміжок між світлоелементом С і фотоелементом Ф синхронізатора 3, об'єм рідини, який падає, перериває світловий потік. Таким чином, на фотоелементі змінюється потенціал, який потім посилюється підсилювачем 5 до рівня придатного для пересилання на лінійний вхід Line in звукової плати. Малий об'єм рідини пролітає відстань від горловини ємності, на якій встановлено дозатор до рівня рідини в ємності. При співударянні після падіння малого об'єму рідини виникає акустичний імпульс, який проходить відстань до приймача акустичних сигналів 4. Сигнал від приймача акустичних сигналів надходить на мікрофонний вхід, Mic in, звукової плати ПЕОМ. Обидва сигнали - з синхронізатора і приймача акустичних сигналів приходять відповідно на входи Line in та Mic in АЦП, де перетворюються в цифрові сигнали. При надходженні на центральний процесор ПЕОМ обидва сигнали мікшуються за допомогою програмного забезпечення, та відображаються на моніторі ПЕОМ

Таким чином, запропонований спосіб та пристрій вимірювання рівня рідини у ємностях, які пропонуються, випробувані у реальних умовах. Випробування підтвердили їх надійність, мале енергоспоживання, а точність вимірювань рівня рідини не перевищує 0,5 % при висоті ємностей до 10м



Фіг.