



УКРАЇНА

(19) UA (11) 321 (13) U  
(51) G 01 F 23/28ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ

1

(21) 98084566

(22) 26 08 98

(24) 30 04 99

(46) 30.04 99 Бюл. № 2

(72) Жуков Борис Володимирович, Воронін Альберт Олексійович, Андрієнко Юрій Олександрович, Зиков Віктор Володимирович, Черепков Олексій Іванович, Спалек Юрій Михайлович

(73) Жуков Борис Володимирович, Воронін Альберт Олексійович, Андрієнко Юрій Олександрович, Зиков Віктор Володимирович, Черепков Олексій Іванович, Спалек Юрій Михайлович

(57) Пристрій для вимірювання рівня рідинних середовищ, що має вимірювальну трубу з акустичним випромінювачем зондуємого сигналу і приймачем акустичних сигналів, підсилювачі-формуємі зондуємого сигналу та сигналів, що приймаються, схему вимірювання часового інтервалу, функціонально зв'язаного з рівнем, що вимірюється, та індикатор, який в і д р і з н я є т ь с я тим, що вимірювальна труба вибирається з діаметром  $d < 1.22\lambda$ , де  $\lambda$  -

2

довжина хвилі головної гармоніки зондуємого сигналу, приймач встановлено нижче випромінювача на зовнішній поверхні стінці труби і зв'язано з її порожниною через трансформатор зв'язку, при цьому між випромінювачем та верхнім торцем вимірювальної труби знаходиться узгоджувальний елемент, а нижче приймача у поперечному зрізі 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

$$L_p = L - V \cdot t_x$$

де  $L$  - відстань від площини встановлення приймача до дна резервуару;  $V$  - швидкість звуку;  $t_x$  - вимірюваний часовий інтервал, функціонально зв'язаний з рівнем рідини.

Корисна модель, що заявляється, може бути віднесена до вимірювання рівня рідинних середовищ акустичним методом і може знайти широке поле використання у автоматичних системах контролю та обліку, у водопостачанні та водоотведенні у комунальному господарстві, нафтогазопереробній промисловості, інших галузях народного господарства, які пов'язані з виробленням, зберіганням та використанням рідинних

середовищ за умови нормального атмосферного тиску.

У наш час, за умови великої кількості найрізноманітніших конструкцій акустичних рівневимірювачів для вимірювання рівня рідинних середовищ у відкритих та закритих резервуарах, дуже актуальною є розробка та створення акустичних вимірювачів рівня, які б мали просту конструкцію, надійних та зручних у експлу-

(19) UA (11) 321 (13) U

атації, які б мали прийнятну похибку вимірювань та передбачали можливість оперативного автоматизованого обліку та контролю наявності та витрат рідинних середовищ як у процесі їх зберігання та реалізації, так і у технологічному процесі їх виробництва, а також передбачаючих самий широкий спектр використання, інакше кажучи універсальність.

Відомий пристрій для вимірювання рівня рідини [Авт. св. СРСР № 560144, кл. G 01 F 23/28], який складається з акустичного каналу, виконаному у вигляді трубки з приймачо-випромінюючим пристроєм, генератора зондуючих імпульсів та електричної схеми вимірювань. З метою підвищення точності вимірювань порожнина трубки виконана з уступами, що розподілені уздовж її осі з шагом квантування рівня, а електрична схема вимірювання містить підключені до приймально-передаючого пристрою послідовно з'єднані підсилювачі-формувачі, лінії затримки, клапан та лічильник імпульсів, а також тригер, один з входів якого підключений до виходу генератора зондуючих імпульсів, а вихід до клапана, та амплітудний селектор, вхід якого підключено до виходу приймально-передаючого пристрою, а вихід до другого входу тригера.

Недоліками цього пристрою є дуже складна конструкція акустичного каналу, що обмежує як точність вимірювань, так і максимальні величини рівней, що вимірюють. Крім того, установка приймача-передавача на дні резервуару (місткості) істотно обмежує галузі застосування пристрою.

Відомий ультразвуковий рівневимірювач [Авт. св. СРСР № 777457, кл. G 01 F 23/28], який містить приймально-випромінюючий вузол, підключений до генератора зондуючих імпульсів та підсилювача, генератор пилоподібної напруги, пороговий елемент, ключ, двовходовий елемент збігу, підключений одним з входів до виходу підсилювача та тривходовий елемент збігу. З метою підвищення точності вимірювань у нього введено динамічний запам'ятовуючий пристрій, що запам'ятовує, формує імпульси та суматор, об'єднані відповідними входами-виходами один з одним та з іншими елементами схеми.

До недоліків цього пристрою слід віднести:

обмежений діапазон вимірюємих рівней через використання ультразвукової хвилі та ділянку повітряного середовища приймач-передавач – поверхня рідини;

можливість відбитків та перевідбитків зондуючого сигналу від бічних стінок

резервуару що обмежує застосування пристрою у "вузьких" резервуарах, трубах та лотках.

складність формування інформаційного сигналу.

Для контролю рівня рідинних середовищ у закритих резервуарах відомий пристрій [Авт. св. СРСР № 877342, кл. G 01 F 23/28], у основі якого є використання ультразвукових хвиль, що містить випромінюючий та приймаючий електроакустичні перетворювачі нормальних хвиль, які встановлюють по вертикальній осі на стінці резервуару; імпульсний генератор, підсилювач та індикатор. З метою підвищення точності вимірювань за рахунок зменшення температурної похибки, він забезпечений ланцюгом, який складається з послідовно з'єднаних першого очікуючого блокунг-генератору, першого суматора, інтегратора, підсилювача постійного струму і другого суматора, а також другим очікуючим блокунг-генератором, причому до виходу підсилювача підключено вхід першого очікуючого блокунг-генератору та вхід пікового детектора, вихід якого підключено до одного з входів другого суматора, виходом з'єднаного з індикатором, другим очікуючим блокунг-генератором своїм входом підключений до імпульсного генератора, а виходом – з одним із входів першого суматора.

Головним недоліком даного пристрою є сам метод вимірювань за яким вимірюємих рівень рідини пов'язаний з амплітудою приймаемого сигналу. Крім того, до недоліків слід віднести обмежене поле використання (резервуари з лінійними бічними стінками) та складність реалізації обумовленої встановленням приймача та випромінювача на стінці резервуару.

Відомий порівняно простий акустичний рівневимірювач [Патент РФ № 2010180, кл. G 01 F 23/28] Рівневимірювач містить звуковід, який виконаний у вигляді труби, яка забезпечена відбивачем з шліфованими поверхнями акустичний вимірювальний елемент, з'єднаний з блоком реєстрації. З метою спрощення конструкції, у нього введено стержневий хвильовід, встановлений соосно у трубі, а відбивач виконано у трапецевидній формі та закріплено на трубі навпроти робочого торцю хвильовода, при цьому бічні грані відбивача встановлені під кутом  $60^\circ$  до горизонтальної грані відбивача, котра розташована перпендикулярно робочому торцю хвильовода.

До недоліків цього пристрою слід віднести достатньо складну конструкцію звуководу, а також наявність відбивача з полірованою поверхнею, що істотно обмежує поле використання рівневимірювача, наприклад у водовідведенні комунального господарства, у резервуарах та лотках обмежених розмірів. Крім того, пристрій непристосований до роботи в умовах механічних вібрацій та за умови руху рідини.

Найбільш близький за технічною суттю та досягаемому ефекту (аналогом-прототипом) моделі, яка пропонується, є акустичний рівневимірювач [Авт. св. СРСР № 1530926, кл. G 01 F 23/28], який містить тригер формування строба, виходи котрого з'єднані з першим та другим входами лічильника, частотний датчик температури та автоциркуляційний вимірювальний канал, який містить послідовно з'єднані одновібратор, блок збудження, який складається з підсилювача-формуєча зондуєчого сигналу та випромінювача, а також приймач акустичних коливань, з'єднаний з підсилювачем-формуєчем. З метою підвищення завадостійкості автоциркуляційний канал додатково забезпечений першим та другим стробуючими компараторами, блоком затримки та джерелом опорних напруг, з'єднані відповідними входами-виходами один з одним та іншими елементами схеми. Випромінювач та приймач акустичних коливань встановлені у вимірювальній трубі.

Головні недоліки аналога-прототипу обумовлені встановленням випромінювача та приймача акустичних сигналів на одному рівні, що призводить до необґрунтованого збільшення діаметру вимірювальної труби, ускладненню пристрою узгодження випромінювача та приймача з трубою, невизначеності положення площин фазових центрів випромінювача та приймача. Крім того, пристрій схильний до впливів міцних імпульсних завад, а також шумових завад, що з'являються у районі переходу сигналу через рівень "нуля".

Завданням даного технічного рішення є розробка акустичного вимірювача рівня рідинних середовищ, який мав би просту конструкцію, мале енергоспоживання, надійного та зручного у експлуатації, маючого достатньо високу (прийнятну на практиці) точність вимірювань, передбачаючого самий широкий спектр використання, тобто універсальність, в тому числі у багатоканальних автоматизованих системах збору та обробки даних.

Це завдання розв'язується наступним чином.

У пристрої для вимірювання рівня рідинних середовищ, що має вимірювальну трубу з акустичним випромінювачем зондуєчого сигналу і приймачем акустичних сигналів, підсилювачі-формуєчі зондуєчого сигналу та сигналів, що приймаються, схему вимірювання часового інтервалу, функціонально пов'язаного з рівнем, що вимірюється, та індикатор, вимірювальну трубу обирають з діаметром  $d < 1,22\lambda$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі головної гармоніки зондуєчого сигналу. Приймач встановлено нижче випромінювача на зовнішній поверхні стінки труби і пов'язаний з її порожниною через трансформатор зв'язку. Нижче приймача у поперечному зрізі труби встановлена узгоджена з нею діафрагма "проникна" для звукової хвилі і "непроникна" для парів рідини, нижче якої у стінці труби зроблені вентиляційні отвори.

Схема вимірювання часового інтервалу, функціонально пов'язаного з рівнем, що вимірюється, виконана у вигляді мікропроцесору, що реалізує задану програму керування процесом вимірювання та обчислення рівня рідини  $L_p$ , що вимірюється за формулою

$$L_p = L - L_x = L - V \cdot t_x,$$

де  $L$  – відстань від площини встановлення приймача до дна резервуару,

$L_x$  – відстань від приймача до поверхні рідини;

$V$  – швидкість звуку;

$t_x$  – часовий інтервал функціонально пов'язаний з рівнем рідини, що вимірюється.

Поставлене завдання, у даному приладі досягається сукупністю наступних технічних рішень.

– обрання вимірювальної труби з діаметром  $d < 1,22\lambda$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі головної гармоніки зондуєчого сигналу, дозволяє сформувати у ній плоску акустичну хвилю, що характеризується достатньо малим погонним затуханням та здатністю дифрагування крізь отвори малого діаметру, що забезпечує зниження потрібного рівня потужності відеосигналу, який подається на випромінювач, а також забезпечує можливість встановлення чутливого елемента приймача на зовнішній стінці вимірювальної труби.

– встановлення приймача нижче рівня випромінювача на зовнішній стінці вимірювальної труби забезпечує можливість "жорсткої" фіксації початкової точки відліку (площина встановлення чутливого елемента приймача), що забезпечує достатню точність вимірювань при зміні довжини вимірювальної труби, а також усуває мож-

ливисть виникнення у трубі Інтерференційних явищ, які збільшують похибку вимірювань при певних рівнях рідини. Крім того, досягається компактність конструкції приладу;

– введення узгоджуючого елемента між випромінювачем і верхнім торцем труби дозволяє знизити енергоспоживання приладу;

– введення узгодженої діафрагми, яка встановлена нижче приймача, забезпечує збільшення надійності і довговічності прилада, а також його універсальність за рахунок можливості підстикування вимірювальної труби потрібної довжини;

– введення мікропроцесора забезпечує розширення функціональних можливостей (універсальність) приладу (вимірювання рівня, об'єму, витрат), можливість індивідуальної адаптації кожного пристрою до конкретних умов експлуатації, а також підключення приладу до різноманітних систем збору і обробки інформації;

– наявність вентиляційних отворів, розташованих нижче узгодженої діафрагми, призводить до встановлення у вимірювальній трубі практично незмінної від рівня рідини швидкості звуку, яка може повільно змінюватися у відповідності із зовнішніми умовами (температура, тиск, вологість).

Суть технічного рішення (корисної моделі) пояснюється кресленнями, де зображено: на фіг. 1 – блок-схема запропонованого пристрою для вимірювання рівня рідинних середовищ; на фіг. 2 – часові діаграми роботи пристрою.

Запропонований пристрій для вимірювання рівня рідинних середовищ, що встановлюється в резервуарі (місткості) 1 (див. фіг. 1), містить вимірювальну трубу 2, діаметр якої  $d$  обраний з умови  $d < 1,22 \lambda$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі головної гармоніки зонduючого сигналу. На верхньому торці труби 2 встановлено акустичний випромінювач 3 зонduючого сигналу. Між випромінювачем 3 і верхнім торцем вимірювальної труби 2 розміщено узгоджуючий елемент 4, виконаний у вигляді кільця з пружного матеріалу. Нижче випромінювача 3 на зовнішній поверхні стінки труби 2 встановлено приймач 5, зв'язаний з її порожниною через трансформатор зв'язку 6. Нижче приймача 5 у поперечному зрізі труби 2 встановлена узгоджена з нею діафрагма 7 "проникна" для звукової хвилі і "непроникна" для парів рідини, виконана, наприклад, з гідроодpornої плівки, розміщеної між двома пружними кільцями. Нижче діафрагми 7 у стінці труби 2 виконані вентиляційні отвори 8. Акустичний випромінювач 3 і приймач 5 акустичних сигналів підключені через

підсилювачі-формувачі 9, 10 відповідно до керуючого виходу і сигнального входу схеми вимірювання часового інтервалу, функціонально пов'язаного з рівнем, що вимірюється, виконаної у вигляді мікропроцесора 11, який реалізує завдану програму керування процесом вимірювання і вирахування рівня рідини, що вимірюється. Мікропроцесор 11 одним із своїх виходів підключений до індикатора рівня 12, а також має додатковий інформаційний вихід для зв'язку з зовнішніми приладами, наприклад ЕОМ збору і обробки інформації.

Запропонований пристрій для вимірювання рівня рідинних середовищ працює наступним чином.

Мікропроцесор 11 виробляє сигнал  $V_{zap}$  (див. фіг. 2а) запуску підсилювача-формувача 9 зонduючого відеосигналу. З виходу підсилювача-формувача 9, сформований сигнал надходить на випромінювач 3, який випромінює у вимірювальну трубу 2 зонduючий сигнал. Через трансформатор 6 зв'язку у момент часу  $t_{вип}$  зонduючий сигнал надходить на вхід приймача 5, де діється його перетворення у електричний сигнал  $V_{вип}$  і підсилення. З виходу приймача 5 сигнал  $V_{вип}$  надходить на вхід підсилювача-формувача 10, де з нього формується короткий відеоімпульс, передній фронт якого відповідає надходженню зонduючого імпульсу на вхід приймача 5. Умовне подання імпульсу  $V_{вип}$  подане на фіг. 2б.

Зонduючий сигнал, досягнувши поверхні рідини і відбившись від неї, знову через трансформатор зв'язку 6 у момент часу  $t_{відб}$  надходить на вхід приймача 5. Прийнятий відбитий сигнал  $V_{відб}$ , аналогічно зонduючому, після перетворення і підсилення потрапляє на вхід підсилювача-формувача 10, де з нього формується короткий відеоімпульс, передній фронт якого відповідає потраплянню відбитого сигналу до входу приймача 5. Умовне подання імпульсу  $V_{відб}$  приведено на фіг. 2в.

Відеоімпульси  $V_{вип}$  та  $V_{відб}$  потрапляють на інформаційний вхід мікропроцесора 11, де з них формується вимірювальний інтервал  $t_x$  (див. фіг. 2в) функціонально пов'язаний з вимірюємим рівнем рідини  $L_p$  виразом

$$L_p = L - V \cdot t_x,$$

де  $L$  – відстань від площини встановлення приймача 5 до дна резервуару;

$V$  – швидкість звуку;

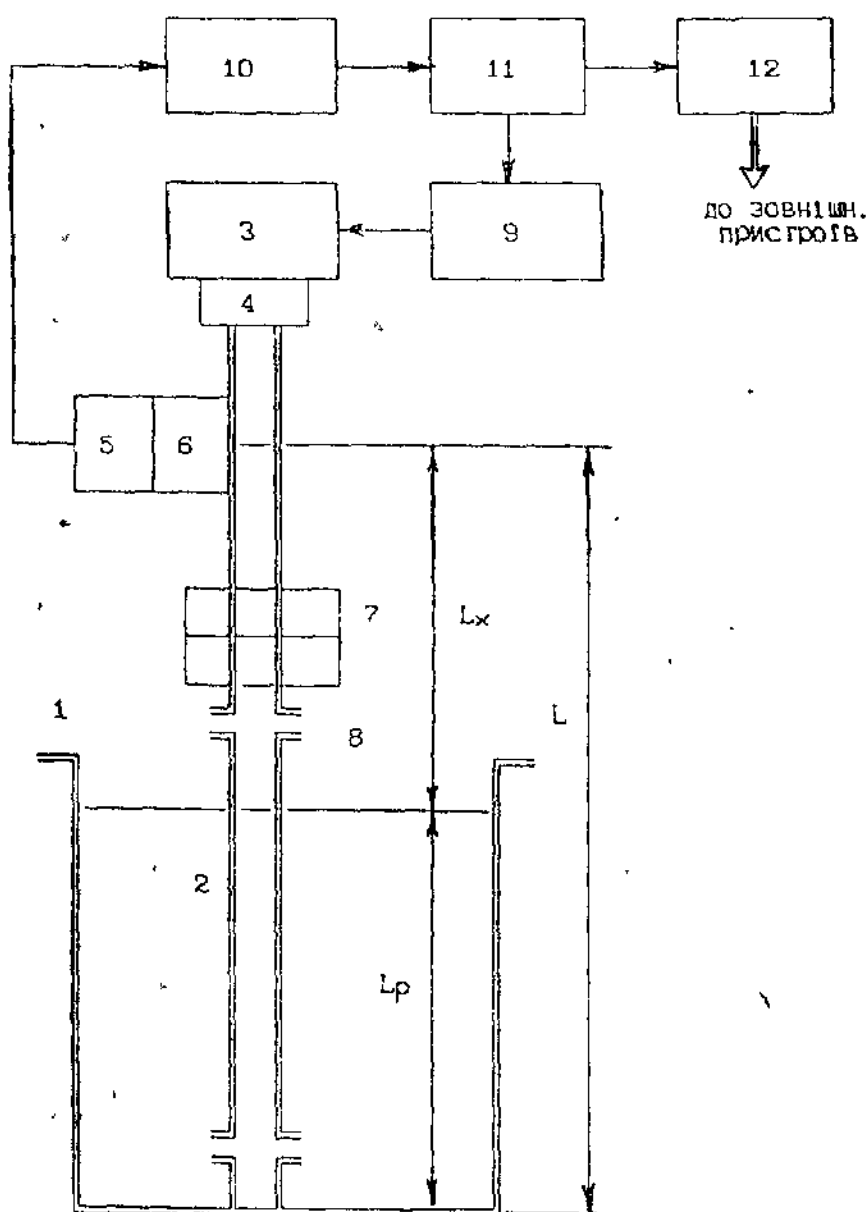
$t_x$  – вимірюємий часовий інтервал, функціонально пов'язаний з вимірюємим рівнем рідини.

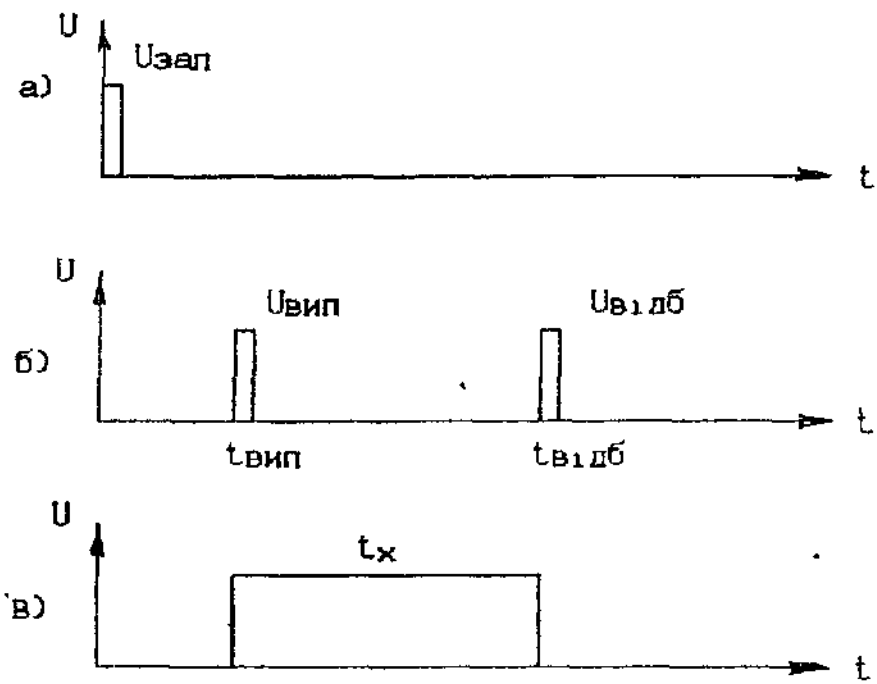
Мікропроцесор 11 обчислює рівень рідини у місткості та видає результат обчислення на цифровий індикатор 12 та додатковий інформаційний вихід зв'язку з зовнішніми пристроями (наприклад EOM).

Таким чином, запропонований пристрій вимірювання рівня рідинних середовищ має мале енергоспоживання, передбачає широкий спектр використання (відкриті, закриті, підземні резервуари та лотки), має просту конструкцію, технологічний у виконанні та лагідний у експлуатації, забезпечує прийнятну на практиці точність вимірювань. Крім того, запропонований пристрій являє собою гнуч-

ку процесорну систему, забезпечуючу функціонування як у індивідуальному варіанті, так і у системі збору даних з поданням інформації у цифровому та аналоговому вигляді.

У даний час пристрій створено, проведені його випробування у необслуговуємому режимі у реальних умовах (резервуар з питною водою), котрі підтвердили його надійність, заводо захищеність, мале енергоспоживання, достатню точність вимірюємих рівней, можливість роботи у комплексі з існуючими системами збору інформації.





Фіг. 2

Упорядник

Техред М Моргентал

Коректор Н Король

Замовлення 4674

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл, 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м Ужгород вул Гагаріна 101