



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112902** (13) **C2**  
(51) МПК  
**G01F 23/292** (2006.01)  
**G01F 23/28** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

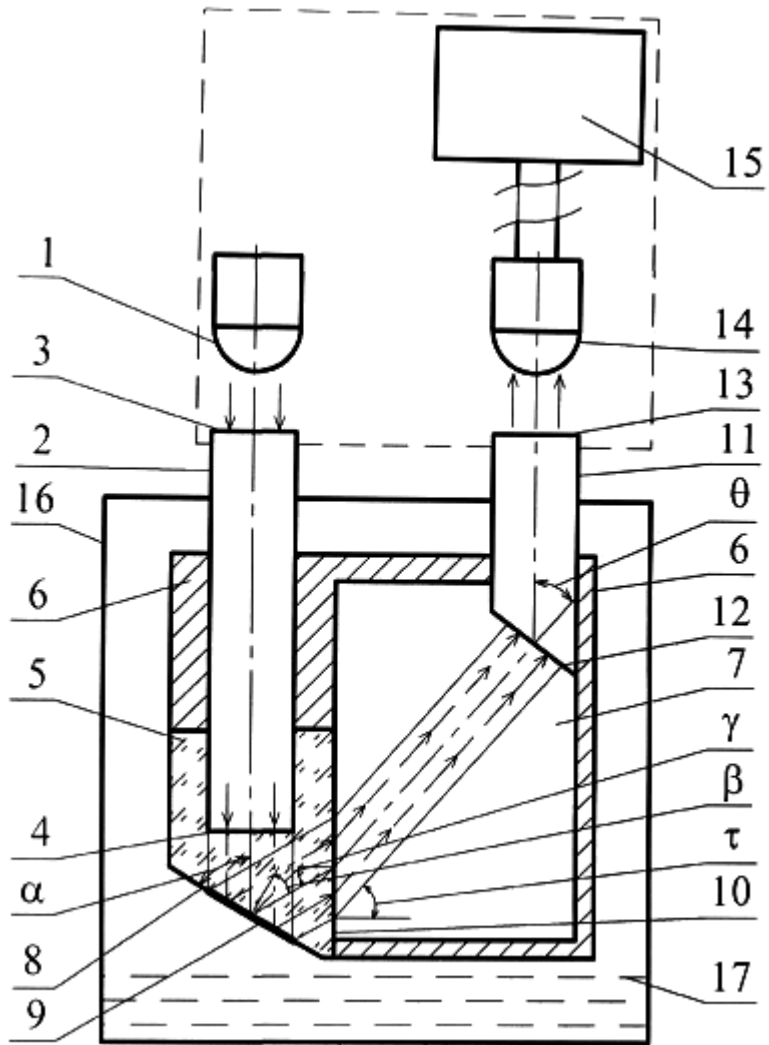
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2015 00816</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>02.02.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.11.2016</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.08.2016, Бюл.№ 15</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.11.2016, Бюл.№ 21</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Сухоруков Юрій Ігорович (UA), Фик Ілля Михайлович (UA), Сухоруков Ігор Васильович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1275220 A1, 07.12.1986 SU 1663440 A1, 15.07.1991 CN 102597721 A, 18.07.2012 US 4155013 A, 15.05.1979 JPS 57124215 A, 03.08.1982 SU 1244489 A1, 15.07.1986 JPH 0943029 A, 14.02.1997 UA 15043 U, 15.06.2006</p>
--	--

**(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ СИГНАЛІЗАТОР РІВНЯ РІДИНИ**

**(57) Реферат:**

Волоконно-оптичний сигналізатор рівня рідини, що містить джерело світлового випромінювання, передавальний волоконно-оптичний світловод, чутливий елемент, прийомний волоконно-оптичний світловод і фотоприймач, підключений до електронного блока, при цьому джерело світлового випромінювання монохроматичне, оправа чутливого елемента має призму з оптично прозорого матеріалу, передавальний волоконно-оптичний світловод складається з пучка одномодових оптичних волокон, торець якого спрямований на протилежну грань призми з відбиваючим покриттям, яка має кут нахилу  $\alpha$  відносно до осі передавального волоконно-оптичного світловода. Інша грань переломлення призми орієнтована паралельно осі передавального волоконно-оптичного світловода та перпендикулярно площині, що проходить через осі передавального та прийомного волоконно-оптичних світловодів. торець прийомного волоконно-оптичного світловода має зріз, площина якого спрямована у бік грані переломлення призми та перпендикулярно осі вихідного світлового потоку із грані переломлення за відсутністю рідини у чутливому елементі. За допомогою запропонованого винаходу досягають підвищену точність виміру, кращу чутливість спрацювання сигналізації на заданому рівні наповнення резервуара пожежонебезпечною рідиною незалежно від її оптичних властивостей та у широкому діапазоні зміни температурного режиму.

UA 112902 C2



Фиг. 1

Винахід належить до контрольно-вимірювальної техніки із застосуванням світлового випромінювання та волоконно-оптичних елементів для передачі випромінювання і обробки світлового сигналу електронним способом з використанням електричних індикаторних засобів. Пристрій призначений для контролю та сигналізації рівня рідини, наприклад палива, з різною оптичною проникністю при гарантуванні повної вибухобезпечності застосування із видачею електричного сигналу виконавчому пристрою та у диспетчерський пункт і може бути використане в нафтогазовій, авіаційній, автомобільній, хімічній, харчовій і інших галузях промисловості.

Відомий оптоелектронний сигналізатор рівня рідини, що містить джерело світлового випромінювання, оптично зв'язаний за допомогою заломлюючої призми з фотоприймачем, другу заломлюючу призму і другий фотоприймач, оптично зв'язаний за допомогою двох заломлюючих призм із джерелом світла, два інвертори, два елементи I, на зовнішні бічні грані заломлюючих призм нанесене покриття, що відбиває, причому вихід першого фотоприймача через перший інвертор і вихід другого фотоприймача з'єднані з відповідними входами першого елемента I, а вихід другого фотоприймача через другий інвертор і вихід першого фотоприймача з'єднаний з відповідними входами другого елемента I [1].

Недоліком зазначеного пристрою є неможливість влучення світлового випромінювання від джерела через першу призму й рідке середовище у другу призму на її грань із покриттям, що відбиває, тому що невірною оціненою ефект переломлення світлового променя при виході з першої призми в рідке середовище між призмами через різні коефіцієнти переломлення скла, матеріалу призми та рідини при існуючій співвідношенні  $n_{\text{повітря}} < n_{\text{рідини}} < n_{\text{скла}}$ , що виключає появу електричного сигналу з виходу другого фотоприймача та робить пристрій непридатним.

Найбільш близьким до заявленого винаходу є волоконно-оптичний сигналізатор рівня рідини, що містить послідовно встановлені і оптично погоджені джерело світла, оптичне волокно, що підводить, чутливий елемент, оптичне волокно, що відводить, і фотоприймач, підключений до електронного блока, при цьому чутливий елемент виконаний у вигляді встановлених в оправі із зазором двох відрізків оптичних волокон, одні торці яких у зазорі перпендикулярні їхнім оптичним осям, а інші оптично погоджені відповідно з оптичними волокнами, що підводять та відводять. Чутливий елемент виконаний у вигляді оправі з конічними поверхнями, з поверненими вершинами до зазору між відрізками оптичних волокон, при цьому відстань від торців відрізків оптичних волокон до оправі не менше двох діаметрів оптичних волокон, а ширина зазору більше двох їх діаметрів [2].

Недоліком зазначеного сигналізатора є великі втрати світла через те, що більша частина світлового потоку у чутливому елементі від багатомодового оптичного волокна, що підводить, поширюється поза апертурним кутом оптичного волокна, що відводить, також у випадку оптично прозорої рідини неможливо забезпечити достатню чутливість індицирування наявності рідини між торцями світловодів в оправі чутливого елемента. Крім того, необхідна точна юстировка торців волокон, що підводять та відводять, відносно один одного в чутливому елементі. Також, за рахунок вигину передавального і приймального волоконних світловодів, що необхідно при вбудовуванні їх у оправу чутливого елемента, можливе зменшення радіуса вигину менше критичного, що призводить до повного внутрішнього відбиття світлового променя з його замиканням усередині оптичної структури волокна світловода і, як наслідок, до відмови у роботі пристрою. При зміні в'язкості рідини (наприклад, при зміні температури) буде змінюватися сила поверхневого натягу і відповідно стягування крапель рідини та величина скривлення меніска між торцями світловодів в оправі чутливого елемента, відстань між якими  $\geq 1,2$  мм, що призводить до збільшення похибки спрацьовування електронного пристрою індикації.

Задачею винаходу є спрощення конструкції, підвищення точності виміру, чутливості та надійності спрацьовування сигналізації на заданому рівні наповнення резервуара пожежонебезпечною рідиною незалежно від її оптичних властивостей, при забезпеченні гарантованої пожежобезпечності використання пристрою, а також розширення області його застосування.

Поставлена задача вирішується пристроєм, яке містить джерело світлового випромінювання, передавальний волоконно-оптичний світловод, чутливий елемент, приймальний волоконно-оптичний світловод і фотоприймач, підключений до електронного блока, при цьому джерело світлового випромінювання монохроматичне, оправу чутливого елемента має призму з оптично прозорого матеріалу, передавальний волоконно-оптичний світловод складається з пучка одномодових оптичних волокон, торець якого спрямований на протилежну грань призми з відбиваючим покриттям, яка має кут нахилу  $\alpha$  відносно до осі передавального волоконно-оптичного світловода та розраховується за формулою:

$$\alpha \leq 0,5 \cdot \left\{ \text{Arcsin} \left[ \sin \left( 90^\circ - \text{Arcsin} \frac{n_2}{n_3} \right) \cdot \frac{n_3}{n_1} \right] + 90^\circ \right\},$$

де:  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  - коефіцієнти переломлення призми, газового середовища і рідини відповідно, інша грань переломлення призми орієнтована паралельно осі передавального волоконно-оптичного світловода та перпендикулярно площині, що проходить через осі передавального та приймального волоконно-оптичних світловодів, торець приймального волоконно-оптичного світловода має зріз, площина якого спрямована у бік грані переломлення призми та перпендикулярно осі вихідного світлового потоку із грані переломлення за відсутності рідини у чутливому елементі, при цьому кут між віссю вихідного світлового потоку і віссю приймального волоконно-оптичного світловода менше апертурного кута приймального волоконно-оптичного світловода.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, на яких зображується: фіг. 1 - вигляд збоку вертикального розрізу площиною пристрою за віссю волоконно-оптичних каналів введення та виводу світлового сигналу в оправу чутливого елемента при відсутності в ньому рідини; фіг. 2 - вигляд фіг. 1 при наповненні рідиною чутливої зони до положення перекриття переломленого пучка світла, що виходить із грані переломлення призми; фіг. 3 - вигляд фіг. 1 при повному заповненні рідиною чутливої зони чутливого елемента.

На фіг. 1 зображений у розрізі волоконно-оптичний сигналізатор рівня рідини, який складається із світлодіода 1, передавального волоконно-оптичного світловода 2 з торцевою частиною 3, яка оптично погоджена зі світлодіодом 1, а другий торець 4 знаходиться у призмі 5, яка є оптично прозорою та вбудована в оправу 6 чутливого елемента. Чутливий елемент виконаний у вигляді оправу 6 з вбудованою призмою 5 та з чутливою зоною 7. Призма 5 має дві робочі грані, одна з яких - 8 розташована навпроти торця 4 та має відносно його осі кут нахилу  $\alpha$  і має відбиваюче (дзеркальне) покриття 9, друга грань переломлення 10 має плоско-поліровану поверхню, яка орієнтована паралельно осі передавального волоконно-оптичного світловода та перпендикулярно площині, що проходить через осі передавального та приймального волоконно-оптичних світловодів. У чутливій зоні 7 оправу 6 розташований приймальний волоконно-оптичний світловод 11, торець 12 якого має зріз, плоскість якого спрямована у бік грані переломлення 10 і перпендикулярно вихідному з неї лучу світла при відсутності рідини в чутливій зоні 7, інший торець 13 приймального волоконно-оптичного світловода 11 оптично погоджений з фотоприймачем (фотодіодом) 14, пов'язаного з електронним блоком 15. Пристрій розміщено в резервуар 16 з рідиною 17.

Працює волоконно-оптичний сигналізатор рівня рідини у такий спосіб. Дивитися фіг. 1. Пучок світла, який вийшов з випромінюючого світлодіода 1, оптично погодженого з торцем 3 передавального волоконно-оптичного світловода 2, передається по оптичному каналу до торця 4 і випромінюється у прозору призму 5, яка вбудована в оправу 6 чутливого елемента, на робочу грань 8 з відбиваючим покриттям 9, яка має заданий кут нахилу  $\alpha$  стосовно вихідного пучка світла з торця 4 передавального волоконно-оптичного світловода 2, відбивається від відбиваючого покриття 9 під кутом  $\beta$  і падає на другу робочу грань переломлення 10, яка має плоскополіровану поверхню, спрямовану своєю площиною паралельно осі передавального волоконно-оптичного світловода 2 і перпендикулярно площині, що проходить через осі передавального 2 та приймального 11 волоконно-оптичних світловодів. Пучок світла, що вийшов із грані переломлення 10 призми 5, переходить у чутливу зону 7 з газовим середовищем, розташовану усередині оправу 6, при цьому за рахунок різниці коефіцієнтів переломлення відбувається переломлення світлового променя під кутом  $\tau$  і далі пучок світла попадає в приймальний волоконно-оптичний світловод 11 через його торець 12, який має плоский зріз під кутом  $\nu$ , спрямований у бік грані переломлення 10 і перпендикулярно вихідному з неї пучку світла, при цьому кут  $\theta$  між падаючим пучком світла та віссю приймального волоконно-оптичного світловода 11 не повинен перевищувати апертурний кут приймального волоконно-оптичного світловода. Далі пучок світла проходить через оптичний канал приймального волоконно-оптичного світловода 11 і через його торець 13, який оптично погоджений з фотоприймачем (фотодіодом) 14, засвічує його, що викликає видачу фотоприймачем 14 електричного сигналу в електронний блок 15, який індицирує відсутність рідини в чутливій зоні 7 пристрою, що перебуває в резервуарі 16 з рідиною 17.

При наповненні резервуара 16 і чутливої зони 7 рідиною 17 до рівня перекриття пучка світла, що виходить із грані переломлення призми 10 під кутом  $\mu$ , дивитися фіг. 2, і кутом падіння  $\lambda$  на поверхню розподілу рідина-газове середовище, який більше критичного кута, що призводить до повного внутрішнього відбиття пучка світла, яке не виходить за межі поверхні

рідини, і відповідно не засвічується фотоприймач 14, при цьому електронний блок 15 індицирує наявність рідини 17 у чутливій частині пристрою на заданому рівні в резервуарі 16.

При можливому перепоповненні резервуара 16 рідиною 17, дивитися фіг. 3, переломлений пучок світла в чутливій зоні 7, не попадає на торець 12 волоконно-оптичного світловода 11, при цьому також не засвічується фотоприймач 14 і електронний блок 15 індицирує наявність рідини в чутливій зоні пристрою, тобто не відбувається хибне спрацьовування електронного блока 15.

Електронний блок 15 пристрою розміщений за межами пожежонебезпечної зони на безпечній відстані і містить блок порівняння та електронний перемикач, на вхід якого надходить електричний сигнал від фотоприймача 14.

Пристрій являє собою систему, що містить оптичний елемент, який перетворює зміну параметрів зовнішнього середовища у зміну параметрів світлового променя, який проходить через чутливу зону на вході в торець приймального волоконно-оптичного світловода. Як передавальний й приймальний оптичні канали застосовується пучок одномодових оптичних волокон. Як джерело монохроматичного світла використовується світлодіод червоного спектра випромінювання через його низький енергетичний вплив на вибухонебезпечну рідину, а як детектор світла застосовується світлодіод, який має термостабільну характеристику. Таким чином, конструкція та спосіб застосування пристрою гарантують його абсолютну вибухопожежонебезпечність.

Технічним результатом використання даного пристрою є спрощення технології його виготовлення, підвищення точності виміру, чутливості та надійності спрацьовування сигналізації на заданому рівні наповнення резервуара пожежонебезпечною рідиною незалежно від її оптичних властивостей та у широкому діапазоні зміни температурного режиму, а також розширення області застосування пристрою, у тому числі, на вибухопожежонебезпечних об'єктах.

Джерела інформації:

1. Патент SU 1663440 A1, кл. G01F 23/22. Оптоэлектронный сигнализатор уровня жидкости; опублікований 15.07.91, Бюл. № 26. - Аналог.

2. Патент SU 1275220 A1, кл. G01F 23/28. Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости; опублікований 07.12.86, Бюл. № 45.

30

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Волоконно-оптичний сигналізатор рівня рідини, що містить джерело світлового випромінювання, передавальний волоконно-оптичний світловод, чутливий елемент, приймальний волоконно-оптичний світловод і фотоприймач, підключений до електронного блока, який **відрізняється** тим, що джерело світлового випромінювання монохроматичне, оправа чутливого елемента має призму з оптично прозорого матеріалу, передавальний волоконно-оптичний світловод складається з пучка одномодових оптичних волокон, торець якого спрямований на протилежну грань призми з відбиваючим покриттям, яка має кут нахилу  $\alpha$  відносно до осі передавального волоконно-оптичного світловода та розраховується за формулою:

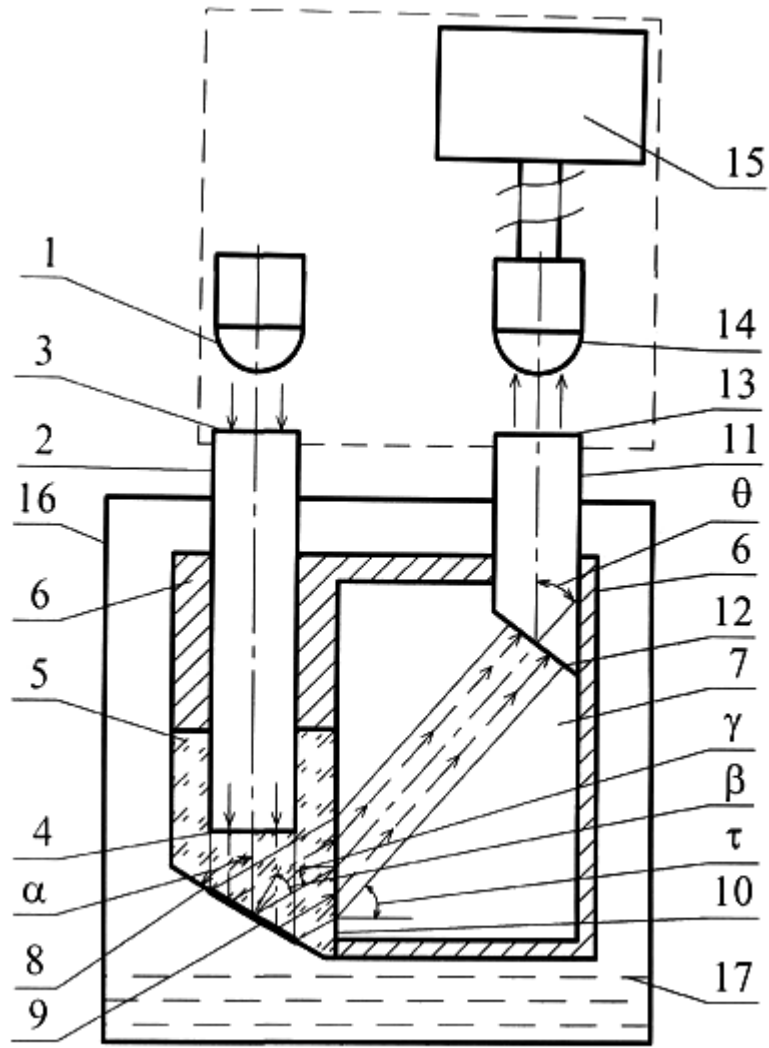
40

$$\alpha \leq 0,5 \cdot \left\{ \text{Arcsin} \left[ \sin \left( 90^\circ - \text{Arcsin} \frac{n_2}{n_3} \right) \cdot \frac{n_3}{n_1} \right] + 90^\circ \right\},$$

45

де:  $n_1$ ,  $n_2$  і  $n_3$  - коефіцієнти переломлення призми, газового середовища і рідини відповідно, інша грань переломлення призми орієнтована паралельно осі передавального волоконно-оптичного світловода та перпендикулярно площині, що проходить через осі передавального та приймального волоконно-оптичних світловодів, при цьому торець приймального волоконно-оптичного світловода має зріз, площина якого спрямована у бік грані переломлення призми та перпендикулярно осі вихідного світлового потоку із грані переломлення за відсутністю рідини у чутливому елементі, при цьому кут між віссю вихідного світлового потоку і віссю приймального волоконно-оптичного світловода менше апертурного кута приймального волоконно-оптичного світловода.

50



Фиг. 1

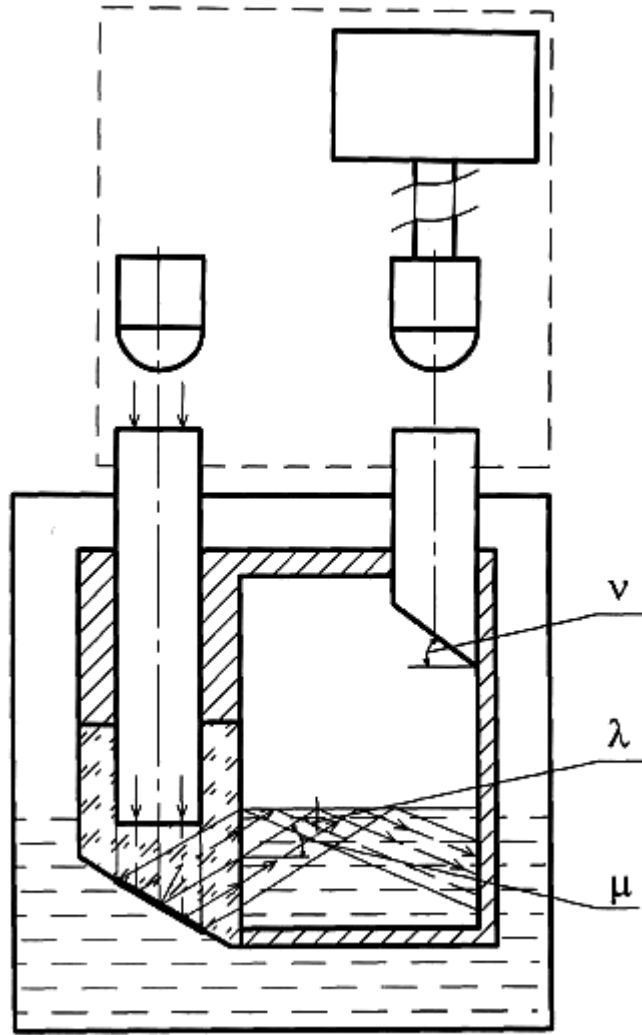
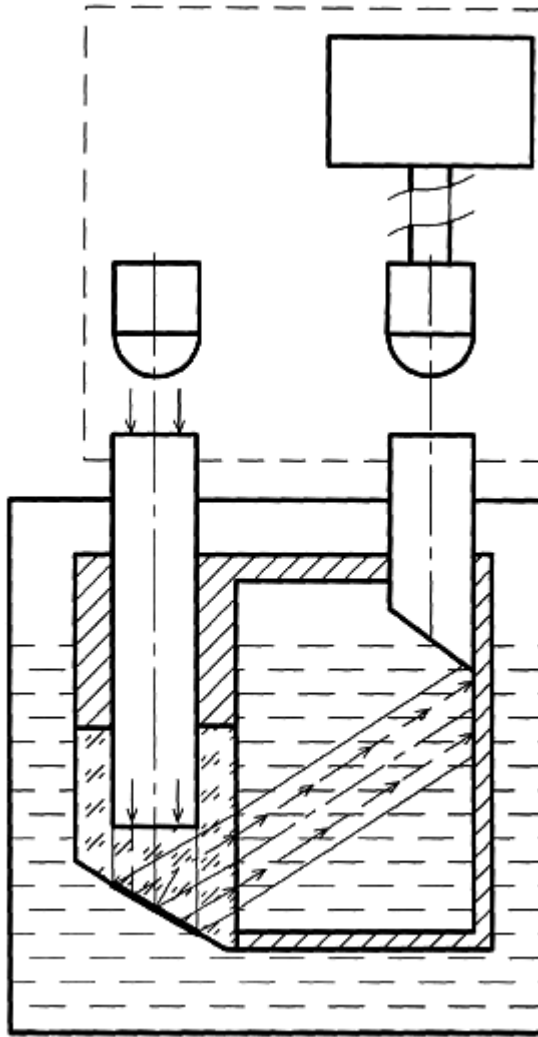


Fig. 2



Фіг. 3

---

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

---

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

---

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