



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **133776** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01F 23/16** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

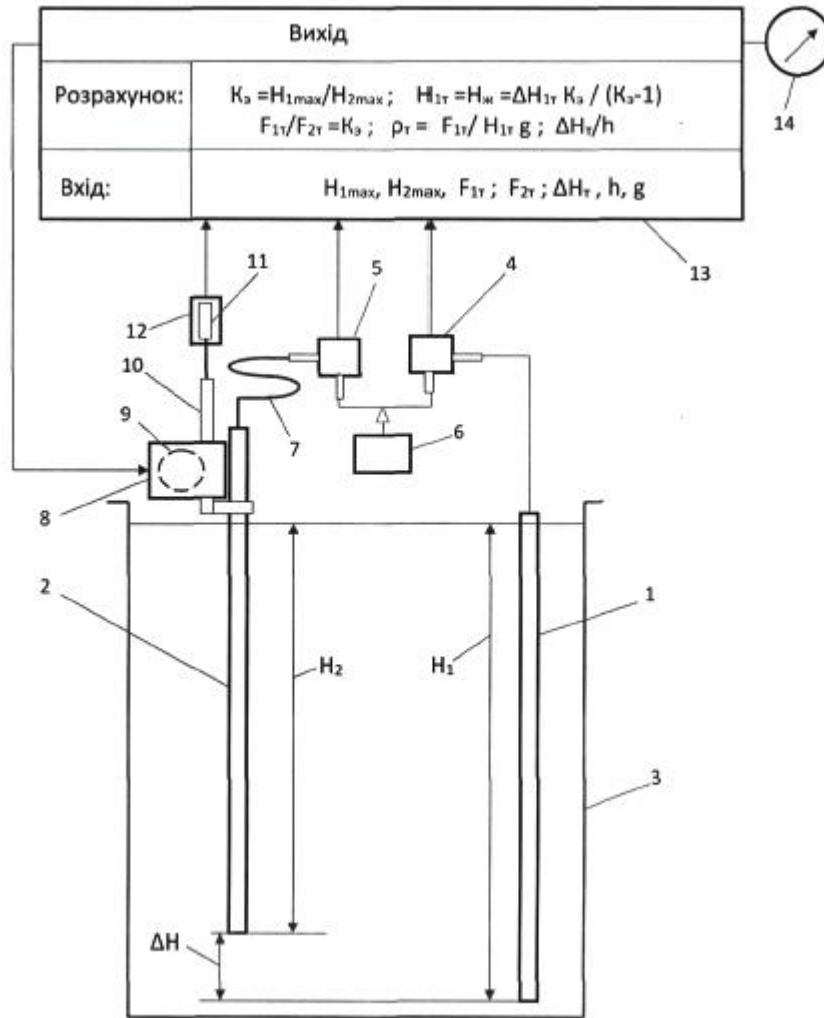
(21) Номер заявки: <b>u 2018 10622</b>	(72) Винахідник(и): <b>Дубовець Олексій Миколайович (UA), Подустов Михайло Олексійович (UA), Дзевочко Олександр Михайлович (UA), Бобух Анатолій Олексійович (UA), Шутинський Олексій Григорович (UA), Букатенко Олексій Іванович (UA), Деменкова Світлана Дмитрівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>29.10.2018</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2019, Бюл.№ 8</b>	

## (54) П'ЕЗОМЕТРИЧНИЙ РІВНЕМІР

### (57) Реферат:

П'езометричний рівнемір містить занурені на різну глибину в контрольовану рідину дві п'езометричні трубки є системою, яка безперервно стежить за дотриманням еталонних умов виміру рівня і щільності рідини, формованих на основі об'єктивних закономірностей  $H_{1max}/H_{2max}=K_E$  і  $F_{1T}/F_{2T}=K_E$ , друге з яких забезпечується за допомогою переміщення рухливої п'езометричної трубки з меншою глибиною  $H_2$  вниз при  $K_T > K_E$  і вгору при  $K_T = K_E$  до отримання рівності  $K_T = K_E$  і визначення поточного рівня рідини відповідно до формули  $H_T = \Delta H_T K_E / (K_E - 1)$  і щільності рідини за формулою  $\rho = F_{1T} / (H_{1T} g)$ , де  $H_T$  - поточне значення рівня рідини в об'єкті;  $\Delta H_T = (H_{T1} - H_{T2})$  - поточне значення різниці між поточними значеннями глибин занурення п'езотрубок  $H_1$  і  $H_2$ ,  $K_T$  - поточне значення відношення  $F_{1T}/F_{2T}$ , яке може бути рівним  $K_E$  і нерівним  $K_E$ ,  $g$  - прискорення вільного падіння.

UA 133776 U



Пропонована корисна модель належить до вимірювальної (що сигналізує, регулює) техніки і може використовуватися на підприємствах різних галузей промисловості, в технологічних об'єктах і приймальних ємностях яких вимагається вимірювати рівень рідин, при забезпеченні незалежності результатів виміру від їх щільності.

5 Відомий п'єзометричний рівнемір, що складається з дроселя і ротаметра (для стабілізації витрати повітря), п'єзометричної трубки, зануреної в контрольовану рідину, манометра, шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня [1].

10 Перевагою відомого п'єзометричного рівнеміра є можливість використання на різних рідинах, у тому числі і агресивних, його істотним недоліком є залежність результатів виміру від щільності контрольованих рідин.

15 Найбільш близьким по фізичній суті і результату, що досягається, пропонованому рівнеміру (найближчий аналог) є п'єзометричний рівнемір, який містить занурені на різній глибині у вимірюване середовище дві п'єзометричні трубки, сполучені з блоками живлення і відповідними входами п'ятимембранного елемента порівняння. Третій вхід елемента порівняння сполучений з входом ламінарного дроселя, четвертий вхід і крайні камери - з виходами ламінарного дроселя, а сопло - з регульованою пневмоємністю. Остання сполучена з позитивним входом тримембранного елемента порівняння і через нормально закритий клапан - з атмосферою. Негативний вхід елемента порівняння сполучений з п'єзометричною трубкою, а вихід - з входом імпульсатора з дроселем. Генератор лінійно наростаючого сигналу містить ламінарний дросель і повторювач із зрушенням, глуха камера якого сполучена з лінією живлення і входом дроселя, а сопло - вихід генератора з входом елемента пам'яті, і через нормально закритий клапан - з атмосферою. Вихід імпульсатора сполучений з входами клапанів і елементами пам'яті, що управляють, вихід якого є входом рівнеміра [2].

20 Перевагою цього рівнеміра є незалежність результатів виміру від щільності контрольованої рідини. До його недоліків належать складність вимірювальної схеми (безліч взаємозв'язаних елементів і їх налаштування) і наявність "порожньої зони"  $\Delta H = H_1 - H_2$ , у межах якої рівень не вимірюється.

В основу корисної моделі поставлено задачу усунення недоліків найближчого аналогу при обов'язковому збереженні його переваг. Вказане завдання вирішується за рахунок того, що вимірювальна схема головного аналога містить дві занурені на різну глибину ( $H_1 > H_2$ ) п'єзометричні трубки, сполучені з блоками живлення і відповідними входами п'ятимембранного елемента порівняння. Третій вхід елемента порівняння сполучений з входом ламінарного дроселя, четвертий вхід і крайні камери - з виходами ламінарного дроселя, а сопло - з регульованою пневмоємністю. Остання сполучена з позитивним входом тримембранного елемента порівняння і через нормально закритий клапан - з атмосферою. Негативний вхід елемента порівняння сполучений з п'єзометричною трубкою, а вихід - з входом імпульсатора з дроселем. Генератор лінійно наростаючого сигналу містить ламінарний дросель і повторювач із зрушенням, глуха камера якого сполучена з лінією живлення і входом дроселя, а сопло - вихід генератора з входом елемента пам'яті, і через нормально закритий клапан - з атмосферою. Вихід імпульсатора сполучений з входами, що управляють, клапанів і елементами пам'яті, вихід якого є входом рівнеміра, що призводить до складності вимірювальної схеми і наявності "порожньої зони"  $\Delta H = H_1 - H_2 = \text{const}$ , в якій рівень рідини не вимірюється, а відповідно до корисної моделі п'єзометричні трубки з різною глибиною занурення в рідину ( $H_1 > H_2$ ) сполучений з входами перетворювачів тисків в електричний аналоговий сигнал, п'єзометрична пересувна трубка з меншою глибиною занурення -  $H_2$  підключена до перетворювача пневматичного сигналу в аналоговий сигнал за допомогою S-подібного шлангу, який не мнеться і закріплена верхнім кінцем до нижнього кінця штока стаціонарно встановленого перетворювача оберտального руху в поступальний, на верхньому кінці штока закріплений плунжер індуктивного перетворювача, вихід якого сполучений з одним із входів мікропроцесора, інші входи якого сполучені з виходами перетворювачів тисків в п'єзометричних трубках в аналогові електричні, пропорційні поточним значенням  $F_{1T}$ ,  $F_{2T}$ ,  $\Delta H_T$ , при цьому мікропроцесор здійснює розрахункові операції за формулами:  $K_E = H_{1\text{max}}/H_{2\text{max}}$ ;  $H_{1T}/H_{2T} = K_E$ ;  $H_T = \Delta H_T K_E / (K_E - 1)$ ;  $\Delta H_T \leq 2h$  та формує вихідні сигнали, перший з яких пов'язаний з входами реверсивного двигуна, встановленого в корпусі перетворювача оберտального руху в поступальний, другий з входами вимірювального двошкального приладу, перша шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня, друга - в одиницях виміру щільності, поточне значення якої при відомих  $H_{1T}$ ,  $F_{1T}$  і  $g$  визначається за формулою  $\rho_T = F_{1T}/H_{1T}g$ , де  $H_{1\text{max}}$  - максимальне занурення нерухомої п'єзометричної трубки в рідину;  $H_{2\text{max}}$  - максимальне занурення рухливої п'єзометричної трубки в рідину,  $\Delta H_2 = (H_{1T} - H_{2T})$ ,  $H_{1T}$  - поточне значення глибини занурення в рідину нерухомої п'єзометричної трубки,  $H_{2T}$  - поточне значення глибини занурення в рідину рухливої п'єзометричної трубки при  $H_{1T}/H_{2T} = K_E$ .

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де представлена схема пропонованого п'єзометричного рівнеміра

Рівнемір містить нерухому п'єзометричну трубку 1 з максимальною глибиною занурення  $H_{1max}$  в контрольовану рідину і рухливу п'єзометричну трубку 2 з максимальною глибиною занурення  $H_{2max} < H_{1max}$  (значення  $H_{2max}$  і  $H_{1max}$  визначаються межею шкали рівнеміра), об'єкт 3 з контрольованою рідиною, перетворювачі пневматичного сигналу в аналоговий електричний сигнал 4, 5, джерело стислого (стабілізованого по витраті) повітря 6, S-подібний шланг, що не мнеться 7, перетворювач обертального руху в поступальний, що складається з корпусу 8, усередині якого розташований реверсивний двигун 9 і приведений в рух двигуном вертикальний шток 10, індуктивний перетворювач лінійного переміщення в аналоговий електричний сигнал 11, 12, плунжер 11, який закріплений на штоку 10 і переміщується в стаціонарно встановленій котушці 12, мікропроцесорний блок 13, вхід якого сполучений з виходом індуктивного перетворювача, а виходи з входами реверсивного двигуна 9, і входом вимірювального двoshкального приладу 14, перша шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня, друга - в одиницях виміру щільності.

Вхідними сигналами мікропроцесора є: максимальні значення занурення в рідину  $H_{1max}$ ,  $H_{2max}$ , нерухомої і рухливої п'єзометричних трубок (відповідно 1 і 2), які є константами і задаються при розробці рівнеміра, поточні значення тисків  $F_{1T}$ ,  $F_{2T}$  відповідно в 1 і 2 п'єзометричних трубках, значення різниці  $\Delta H_T = H_{1T} - H_{2T}$  глибин занурення п'єзометричних трубок в рідину при будь-якому поточному її рівні в об'єкті, який безперервно вимірюється,  $H_{1max}/H_{2max} = K_E$  і відношення  $\Delta H_T \leq 2h$ , де  $h$  - поріг чутливості рівнеміра.

Мікропроцесорний блок виконує:

1) розрахункові функції за формулами:

$$K_{1T} = F_{1T}/F_{2T} = K_E; N_{Ж} = H_{1T} = \Delta H_T K_E (K_E - 1); \rho = F_{1T}/H_{1T}g; \Delta H_T/2h$$

2) функції, що управляють:

при  $K_{1T} > K_E$  - формування сигналу (що надходить на вхід реверсивного двигуна) на переміщення рухливої п'єзометричної трубки 2 вниз до межі  $K_{1T} = K_E$ ;

при  $K_{1T} < K_E$  - формування вихідного сигналу на переміщення рухливої п'єзометричної трубки вгору до межі  $K_{1T} = K_E$ ;

припинення переміщення рухливої п'єзометричної трубки вниз досягнувши умови  $\Delta H_T \leq 2h$ ;

3) інформаційну функцію - формування аналогових вихідних сигналів, перший з яких пропорційний розрахунковому значенню рівня рідини  $H_P = H_{1T} = \Delta H_T K_E (K_E - 1)$ , другий, - розрахунковому значенню щільності рідини  $\rho = F_{1T}/H_{1T}g$ , що надходять на входи двoshкального вимірювального приладу 14, перша шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня, друга шкала - в одиницях виміру щільності.

П'єзометричний рівнемір працює таким чином.

Заздалегідь шкала вторинного приладу рівнеміра градуєється в межах вибраного діапазону виміру. Для цього використовуються наступні дані: 1) максимальні межі занурення нерухомої 1 і рухливої 2 п'єзометричних трубок в контрольовану рідину  $H_{1max}$  і  $H_{2max}$ ; 2) різниця глибин занурення п'єзометричних трубок в контрольовану рідину  $\Delta H_{1max} = H_{1max} - H_{2max}$ ; 3) константа  $K_E$ , забезпечує еталонні умови виміру  $K_E = H_{1max}/H_{2max} = F_{1max}/F_{2max}$  при забезпеченні  $F_{1T}/F_{2T} = K_E$ .

Т. к. процес виміру здійснюється при постійному дотриманні умови  $F_{1T}/F_{2T} = K_E$ , де  $F_{1T}$  і  $F_{2T}$  - поточні значення тисків в п'єзометричних трубках 1 і 2, при будь-якому рівні рідини в об'єкті, то справедлива рівність  $(H_{1T}/H_{2T}) = H_{1T}/(H_{1T} - \Delta H_T) = K_E$ , з якої виходить, що

$$H_{1T} = \Delta H_T K_E / (K_E - 1) \quad (1).$$

При цьому формула (1) справедлива у будь-якій (охопленому п'єзометричними трубками) межі виміру. Оскільки п'єзометричні трубки занурені в контрольовану рідину на різну глибину  $H_{1T} = H_{2T} + \Delta H_T$ , то при зміні рівня рідини в об'єкті на  $\Delta h$  (наприклад, при зменшенні) перша п'єзометрична трубка зануриться на глибину  $H_{1T} - \Delta h$ , друга, - на глибину  $H_{2T} - \Delta h$ . При цьому відносна зміна глибин їх занурення будуть відповідно рівні  $H_{1OT} = \Delta h / (H_{2T} + \Delta H_T)$  і  $H_{2OT} = H_{1T} / H_{2T}$ . Але  $H_{1OT} < H_{2OT}$ , тому очевидно, що зміна рівня рідини в об'єкті на  $\Delta h$  призводить до порушення еталонних умов виміру  $F_{1T}/F_{2T} = H_{1T}/H_{2T} = K_E$  внаслідок нерівності відносин  $H_{1T}/H_{2T} \neq (H_{1T} + \Delta h) / (H_{2T} + \Delta h)$ .

Очевидно також, що при будь-якій зміні  $\pm \Delta h$  рівня рідини в об'єкті порушення еталонних умов можна усунути за допомогою переміщення рухливої п'єзометричної трубки 2 відповідно до правил: при  $K_T < K_E$  трубка з  $H_{2T}$  повинна переміщуватися вгору, при  $K_T > K_E$  - переміщуватися вниз до межі, при якій забезпечуються еталонні умови виміру, -  $F_{1T}/F_{2T} = K_E$ . З урахуванням вище приведеної інформації при зміні рівня в об'єкті рівність  $F_{1T}/F_{2T} = K_E$  набуває вигляду нерівності  $F_{1T}/F_{2T} < \text{чи} > K_E$ , що фіксує (в процесі розрахунку) мікропроцесорний блок, визначаючи одночасно вид нерівності  $K_T < K_E$  або  $K_T > K_E$  і формуючи сигнал, що управляє, спрямований на

виключення наявної нерівності, що мається. Внаслідок цього при порушенні еталонних умов виміру  $F_{1T}/F_{2T}=K_E$  на виході мікропроцесорного блока 13 виникає сигнал, що управляє, надходить на вхід реверсивного двигуна 8. Двигун переміщує шток 10 і закріплену на його нижньому кінці п'єзометричну трубку 2 вгору або вниз, що збільшує (чи зменшує) глибину її занурення  $H_{2T}$  в рідину до тих пір, поки не встановиться рівність  $F_{1T}/F_{2T}=K_E$ . Одночасно відбувається переміщення закріпленого на верхньому кінці штока 10 плунжера індукційного перетворювача 11, 12, вихідний сигнал якого надходить на вхід мікропроцесорного блока 13 із його виходу на вхід двошкального вимірювального приладу 14 (що сигналізує і регулює), перша шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня, друга шкала - в одиницях виміру щільності. Переміщення рухливої п'єзометричної трубки здійснюється до межі  $\Delta H_T < 2h$ , де  $h$  - межа чутливості п'єзометричного рівнеміра.

Таким чином, запропонований п'єзометричний рівнемір в порівнянні з головним його аналогом має наступні переваги:

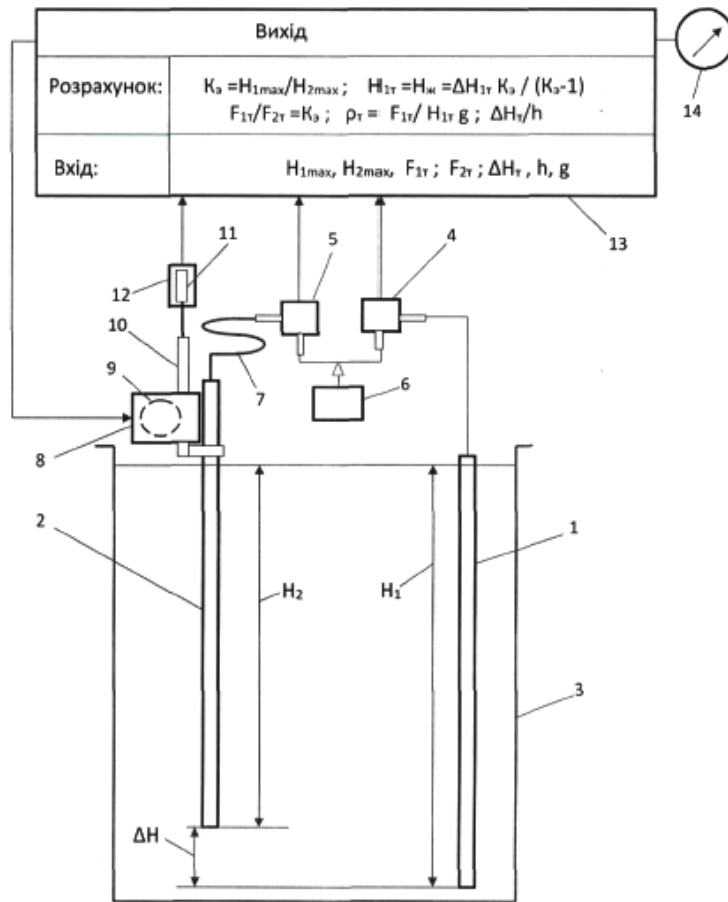
- 1) мінімізується число елементів вимірювальної схеми і число міжелементних зв'язків;
- 2) забезпечуються еталонні умови  $F_{1T}/F_{2T}=H_{1T}/H_{2T}=K_E$  для виміру рівня рідких середовищ п'єзометричними рівнемірами (при збереженні незалежності результатів виміру від щільності контрольованої рідини) і результатів виміру щільності від зміни її рівня;
- 3) істотно зменшуються межі  $\Delta H=H_1-H_2$  рівнеміра до межі  $\Delta H_T = 2h$ , де,  $h$  - поріг чутливості сигналізатора, що практично виключає наявність вказаної зони.

Джерела інформації:

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник для вузов по специальности "Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов. - 3-е изд.- М.: Машиностроение, 1983. - 197 с.
2. Пьезометрический урвнемер SU № 1089420 A G01F 23/16 от 30.04.84 Бюл. № 16.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

П'єзометричний рівнемір, що містить занурені на різну глибину в контрольовану рідину дві п'єзометричні трубки (1), (2), сполучені з джерелом стабілізованого живлення (по витраті повітря), засобу виміру тиску в п'єзометричних трубках, засобу для виключення в процесі розрахунку залежності результатів виміру рівня від щільності контрольованої рідини і вимірювальний прилад з шкалою, проградуєваною в одиницях виміру рівня, який **відрізняється** тим, що п'єзометричні трубки з різною глибиною занурення в рідину ( $H_1 > H_2$ ) сполучені з входами перетворювачів тиску в електричний аналоговий сигнал, пересувна п'єзометрична трубка (2) з меншою глибиною занурення -  $H_2$  підключена до перетворювача пневматичного сигналу в аналоговий сигнал за допомогою S-подібного шлангу, що не мнеться, і закріплена верхнім кінцем до нижнього кінця штока перетворювача обертального руху в поступальний (стаціонарно встановленого на об'єкті), на верхньому кінці штока закріплений плунжер індуктивного перетворювача, вихід якого сполучений з одним із входів мікропроцесора, інші входи якого сполучені з виходами перетворювачів тисків в п'єзометричних трубках в аналогові електричні, при цьому мікропроцесор здійснює розрахункові операції за формулами:  $K_E=H_{1max}/H_{2max}$ ;  $F_{1T}/F_{2T}=H_{1T}/H_{2T}=K_E$ ;  $H_T=\Delta H_T K_E/(K_E-1)$ ,  $\Delta H_T \leq 2h$ , його виходи, що управляють, сполучені з входами реверсивного двигуна, встановленого в корпусі перетворювача обертального руху в поступальний, а інформаційні виходи - з входами вимірювального двошкального приладу, перша шкала якого проградуєвана в одиницях виміру рівня, друга - в одиницях виміру щільності, поточне значення якої при відомих  $H_{1T}$ ,  $F_{2T}$ ,  $\rho$  визначається за формулою  $\rho=F_{1T}/H_{1T}g$ , де  $H_{1max}$  - максимальне занурення в рідину нерухомої п'єзометричної трубки 1;  $H_{2max}$  - максимальне занурення рухливої п'єзометричної трубки (2) в рідину,  $F_{1T}$  - поточне значення тиску в п'єзометричній нерухомій трубці 1,  $F_{2T}$  - поточне значення тиску в рухливій п'єзометричній трубці (2),  $\Delta H_T=(H_{1T}-H_{2T})$ ,  $H_{1T}$  - поточне значення глибини занурення в рідину нерухомої п'єзометричної трубки 1,  $H_{2T}$  - поточне значення глибини занурення в рідину рухомої п'єзометричної трубки (2) при  $H_{1T}/H_{2T}=K_E$ .



Комп'ютерна верстка С. Чулій

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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