



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106288** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
G01F 23/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 09404	(72) Винахідник(и): Кондратенко Юрій Пантелійович (UA), Козлов Олексій Валерійович (UA), Кондратенко Галина Володимирівна (UA), Коробко Олексій Володимирович (UA), Топалов Андрій Миколайович (UA), Герасін Олександр Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 30.09.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.04.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2016, Бюл.№ 8	(73) Власник(и): ЧОРНОМОРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003 (UA)

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ В СУДНОВИХ РЕЗЕРВУАРАХ З КОМПЕНСАЦІЄЮ ВПЛИВУ КРЕНУ ТА ДИФЕРЕНТУ СУДНА

(57) Реферат:

Спосіб автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють перший та другий вимірювачі і здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів, причому перший та другий вимірювачі виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, а значення рівня рідини в резервуарі визначають гідростатичним методом на основі реєстрованих електричних сигналів. У робочому просторі резервуара додатково встановлюють третій та четвертий вимірювачі, які виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію вихідних електричних сигналів першого, другого, третього та четвертого вимірювачів, які попередньо встановлюють по периметру днища суднового резервуара у вершинах умовного прямокутника, відповідні сторони якого паралельні повздовжній та поперечній осям судна, при цьому обчислюють поточне середнє арифметичне значення від реєстрованих електричних сигналів всіх вимірювачів.

UA 106288 U

Корисна модель належить до вимірювальної техніки й може бути використана при проектуванні систем автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах різнотипного призначення.

Відомо про способи вимірювання та автоматичного контролю рівня рідких та сипучих середовищ в різнотипних суднових резервуарах, які базуються на розміщенні в даних резервуарах поплавкових, ємнісних, ультразвукових, радарних та ротаційних датчиків рівня, датчиків тиску і термочутливих датчиків, а також на подальшій реєстрації електричних сигналів, що надходять від датчиків, та визначенні поточного значення рівня. Прикладом такого способу є спосіб вимірювання щільності та рівня рідини [Патент РФ № 2260776 С1, G01F 23/14, G01N 9/26, заявл. 06.04.2004, опубл. 20.09.2005], що полягає в розміщенні у робочому просторі резервуара двох датчиків тиску на фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара, фіксації значення тиску нижнього датчика в момент переходу рідиною рівня верхнього датчика, використання цього зафіксованого тиску і значення відстані між датчиками для обчислення щільності та рівня рідини в резервуарі.

Такий спосіб має наступні проблеми:

- низька точність вимірювання при застосуванні даного способу для вимірювання значення рівня рідини в суднових резервуарах при наявності певних значень кутів статичного крену та диференту судна, що суттєво впливає на показання датчиків тиску, встановлених по висоті резервуара, та значно збільшує похибку їх вимірювань;

- низька інформативність при застосуванні даного способу для вимірювання значення рівня рідини в резервуарах на різнотипних плавзасобах через наявність постійних коливань рідини в резервуарі та, відповідно, вимірюваного значення її рівня, що викликане присутністю динамічного крену та диференту даних плавзасобів через постійне коливання водної поверхні морської акваторії.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб автоматичного контролю рівня і щільності розчину у випарному апараті [Патент РФ №2133023 С1, G01N 9/26, заявл. 10.02.1998, опубл. 10.07.1999], що прийнятий як прототип. Згідно з даним способом у сепараційному просторі випарного апарата нижче рівня розчину встановлюють два гідростатичні вимірювачі на фіксованій відстані один над одним, здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів, обчислюють поточне значення різниці між даними сигналами і на підставі цієї різниці та значення відстані між вимірювачами обчислюють поточні значення рівня та щільності рідини у випарному апараті.

Такий спосіб має наступні проблеми:

- низька точність вимірювання при застосуванні даного способу для вимірювання значення рівня рідини у резервуарах, встановлених на різнотипних плавзасобах, що пов'язано з можливістю появи суттєвої похибки вимірювання через наявність різних значень статичного крену та диференту відповідних плавзасобів;

- низька інформативність при застосуванні даного способу для вимірювання значення рівня рідини в суднових резервуарах через присутність коливань робочої рідини всередині резервуара та, як наслідок, поточного вимірюваного значення рівня, оскільки судна та різнотипні плавзасоби завжди мають відповідний динамічний крен та диферент певної величини, що викликано постійним коливанням водної поверхні акваторії.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу автоматичного контролю рівня рідини в резервуарах шляхом компенсації впливу статичних та динамічних складових крену та диференту судна за рахунок додаткового встановлення третього та четвертого вимірювачів у робочому просторі резервуара таким чином, що всі чотири вимірювачі розташовані по периметру днища суднового резервуара у вершинах умовного прямокутника, для здійснення обчислень поточного середнього арифметичного значення від реєстрованих електричних сигналів всіх вимірювачів, його подальшої фільтрації за допомогою фільтра низьких частот та визначення поточного значення рівня рідини гідростатичним методом на основі відфільтрованого сигналу, що дозволить суттєво підвищити точність вимірювання рівня з виключенням похибки, викликані наявністю різних значень статичного крену та диференту судна, а також підвищити інформативність даного способу з виключенням постійних коливань поточного вимірюваного значення рівня, що викликані присутністю динамічного крену та диференту судна.

Поставлена задача вирішується тим, що при реалізації способу автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють перший та другий вимірювачі та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів, причому перший та другий вимірювачі виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, а значення рівня рідини в

резервуарі визначають гідростатичним методом на основі реєстрованих електричних сигналів, згідно з пропозицією у робочому просторі резервуара додатково встановлюють третій та четвертий вимірювачі, які виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію вихідних електричних сигналів першого, другого, третього та четвертого вимірювачів, які попередньо встановлюють по периметру днища суднового резервуара у вершинах умовного прямокутника, відповідні сторони якого паралельні повздовжній та поперечній осям судна, при цьому обчислюють поточне середнє арифметичне значення від реєстрованих електричних сигналів всіх вимірювачів, здійснюють його подальшу фільтрацію за допомогою фільтра низьких частот та на основі відфільтрованого сигналу визначають гідростатичним методом поточне значення рівня рідини в судновому резервуарі з компенсацією впливу крену та диференту судна.

Винахідницький задум полягає в тому, що спосіб автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна дозволяє визначати поточне значення рівня на основі реєстрованих електричних сигналів, що надходить від чотирьох гідростатичних датчиків тиску, та водночас здійснювати компенсацію впливу статичних та динамічних складових крену та диференту судна за допомогою обчислення середнього арифметичного значення від реєстрованих електричних сигналів всіх вимірювачів та його подальшої фільтрації за допомогою фільтра низьких частот. При цьому суттєво підвищується точність вимірювання рівня та інформативність даного способу.

Суть запропонованого способу пояснюється за допомогою фігур 1-6.

На фіг. 1-4 наведено схематичні зображення днищ суднових резервуарів різнотипних форм: а - квадратна; б - прямокутна; в - овальна; г - кругла; на фіг. 5 наведено часові діаграми процесів зміни вимірюваного значення рівня рідини в судновому резервуарі першим, другим, третім та четвертим гідростатичними датчиками в залежності від зміни кута статичного диференту судна; на фіг. 6 наведено часові діаграми процесів зміни середнього арифметичного значення рівня рідини в судновому резервуарі при наявності динамічного крену судна, викликаного коливанням водної поверхні морської акваторії.

На фігурі 1 прийнято наступні позначення: х - поперечна вісь суднового резервуара, яка проходить паралельно поперечній осі судна; у-повздовжня вісь суднового резервуара, що проходить паралельно повздовжній осі судна; О - точка, що знаходиться в геометричному центрі днища суднового резервуара; А,В,С,Д - вершини умовного прямокутника, вписаного в днище суднового резервуара, в яких встановлюються перший, другий, третій та четвертий гідростатичні датчики тиску; О₁,О₂,О₃,О₄ - точки, що розташовані по периметру умовного прямокутника ABCD, вписаного в днище суднового резервуара.

Для резервуарів з квадратним (фіг. 1) та прямокутним (фіг. 2) днищами вершини умовного прямокутника ABCD, в яких встановлюють перший, другий, третій та четвертий гідростатичні датчики тиску, співпадають з вершинами прямокутного периметра даних днищ. Як видно з фігури 1, перший, другий, третій та четвертий гідростатичні датчики тиску встановлюють в судновому резервуарі будь-якої форми по периметру днища у вершинах умовного прямокутника ABCD таким чином, щоб дотримувалися наступні геометричні співвідношення

$$AO_2 = O_2B = CO_4 = O_4D;$$

$$AO_1 = O_1C = BO_3 = O_3D.$$

Крім того, гідростатичні датчики тиску встановлюють у днищі будь-якого суднового резервуара у наступному порядку: перший датчик - у точці А; другий - у точці В; третій - у точці С; четвертий - у точці D.

На фіг. 5 прийнято наступні позначення: L_p - реальне значення рівня робочої рідини в судновому резервуарі; Ψ_с - значення кута диференту судна (приймає додатне значення при нахилі судна на корму); L₁,L₂,L₃,L₄ - значення рівня рідини в судновому резервуарі, що визначають за допомогою першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків, відповідно, через безпосереднє вимірювання гідростатичного тиску рідини; L_{с.а.} - середнє арифметичне значення рівня рідини в судновому резервуарі, яке визначають на основі вимірюваних значень рівня за допомогою першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків згідно з залежністю

$$L_{с.а.} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4};$$

t_1 - момент часу, в який кут диференту судна Ψ_C починає змінюватися в додатному напрямку; t_2 - момент часу, в який кут диференту судна Ψ_C досягає певного додатного значення та припиняє змінюватися; t_3 - момент часу, в який кут диференту судна Ψ_C починає змінюватися у від'ємному напрямку; t_4 - момент часу, в який кут диференту судна Ψ_C досягає певного від'ємного значення та припиняє змінюватися; t_5 - момент часу, в який припиняється вимірювання поточного значення рівня рідини в судновому резервуарі.

Згідно з часовою діаграмою (фіг. 5) на інтервалі часу від 0 до t_1 кут диференту судна Ψ_C дорівнює нулю та значення рівня рідини L_1, L_2, L_3, L_4 , що визначають за допомогою першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків через безпосереднє вимірювання гідростатичного тиску, дорівнюють реальному значенню рівня рідини в резервуарі L_P ($L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_P$). На інтервалі часу від t_1 до t_2 при зміні кута диференту судна Ψ_C в додатному напрямку значення рівня рідини L_1 та L_2 , вимірювані за допомогою першого та другого гідростатичних датчиків, зменшуються ($L_1 = L_2 < L_P$), а значення рівня рідини L_3 та L_4 , вимірювані за допомогою третього та четвертого гідростатичних датчиків, збільшуються ($L_1 = L_2 > L_P$) при незмінному реальному значенні рівня робочої рідини в резервуарі L_P . Також на інтервалі часу від t_3 до t_4 при зміні кута диференту судна Ψ_C у від'ємному напрямку значення рівня рідини L_1 та L_2 , вимірювані за допомогою першого та другого гідростатичних датчиків, збільшуються ($L_1 = L_2 > L_P$), а значення рівня рідини L_3 та L_4 , вимірювані за допомогою третього та четвертого гідростатичних датчиків, зменшуються ($L_1 = L_2 < L_P$) при незмінному реальному значенні рівня робочої рідини в резервуарі L_P . Крім того, на інтервалах часу від t_2 до t_3 та від t_4 до t_5 вимірювані значення рівня L_1, L_2, L_3, L_4 за допомогою усіх чотирьох датчиків суттєво відрізняються від реального значення рівня L_P . При цьому середнє арифметичне значення рівня рідини в судновому резервуарі $L_{c.a}$ в будь-який момент часу залишається незмінним незалежно від значення кута диференту судна Ψ_C і завжди дорівнює реальному значенню рівня L_P ($L_{c.a} = L_P$). Аналогічно середнє арифметичне значення рівня $L_{c.a}$ буде незмінним та дорівнюватиме значенню L_P при будь-якому додатному або від'ємному значенні кута статичного крену судна α_C .

На фіг. 6 прийнято наступні позначення: α_C - кут крену судна; L_Φ - відфільтрований сигнал, що відповідає значенню рівня рідини, яке формується на основі середнього арифметичного значення рівня рідини в судновому резервуарі $L_{c.a}$ за допомогою фільтра низьких частот, що має наступну передаточну функцію

$$W_\Phi(p) = \frac{L_\Phi(p)}{L_{c.a}(p)} = \frac{1}{T_\Phi p + 1},$$

де T_Φ - стала часу фільтра низьких частот; p - оператор Лапласа.

Як видно з фігури 3, середнє арифметичне значення рівня рідини в судновому резервуарі $L_{c.a}$ має певні коливання, що викликані наявністю динамічного крену судна α_C . При цьому відфільтрований сигнал L_Φ , сформований на основі середнього арифметичного значення рівня $L_{c.a}$, майже не має коливань та по своєму значенню дорівнює реальному значенню рівня рідини в резервуарі L_P .

Для реалізації запропонованого способу автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна у робочому просторі суднового резервуара встановлюють чотири гідростатичні датчики тиску по периметру днища у вершинах умовного прямокутника ABCD (перший датчик - у точці А; другий - у точці В; третій - у точці С; четвертий - у точці D), вписаного в днище резервуара, таким чином, щоб дотримувалися наступні рівності

$$AO_2 = O_2B = CO_4 = O_4D;$$

$$AO_1 = O_1C = BO_3 = O_3D.$$

Відповідні сторони умовного прямокутника ABCD паралельні повздовжній та поперечній осям судна.

При такому розташуванні першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків тиску середнє арифметичне значення рівня рідини в судновому резервуарі $L_{c.a.}$, яке визначають на основі вимірюваних значень рівня за допомогою даних датчиків через безпосереднє вимірювання відповідної величини тиску, згідно з залежністю

$$L_{c.a.} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4}$$

відповідає значенню рівня рідини в геометричному центрі днища суднового резервуара будь-якої форми, розташованого в точці О (фіг. 1), що дорівнює реальному значенню рівня рідини L_P та залишається незмінним при різних значеннях кутів статичного крену α_C та диференту Ψ_C судна.

Так, наприклад, при появі диференту судна на корму значення рівня L_1 та L_2 , що вимірюють за допомогою першого та другого гідростатичних датчиків тиску, будуть менше реального значення рівня рідини в резервуарі L_P , а значення рівня L_3 та L_4 , що вимірюють за допомогою третього та четвертого гідростатичних датчиків тиску, будуть більше ніж реальне значення рівня рідини в резервуарі L_P . Таким чином, середнє арифметичне значення рівня $L_{c.a.}$, що визначають на основі вимірюваних значень рівня за допомогою всіх чотирьох гідростатичних датчиків буде незмінним та дорівнюватиме реальному значенню рівня рідини в резервуарі L_P ,

$$L_{c.a.} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4} = L_P$$

Також, наприклад, при появі крену судна на правий борт значення рівня L_2 та L_4 , що вимірюють за допомогою другого та четвертого гідростатичних датчиків тиску, будуть більше реального значення рівня рідини в резервуарі L_P , а значення рівня L_1 та L_3 , що вимірюють за допомогою першого та третього гідростатичних датчиків тиску, будуть менше, ніж реальне значення рівня рідини в резервуарі L_P . Таким чином середнє арифметичне значення рівня $L_{c.a.}$ також буде незмінним та дорівнюватиме реальному значенню рівня рідини в резервуарі L_P .

Суть запропонованого способу автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна полягає в наступному.

При реалізації запропонованого способу безперервно вимірюють та реєструють на всьому інтервалі часу від 0 до t_5 (фіг. 5) електричні сигнали, що надходять від першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків тиску. На основі реєстрованих електричних сигналів, відповідних значенням тиску стовпа рідини, що визначаються за допомогою чотирьох гідростатичних датчиків, обчислюють середнє арифметичне значення згідно з залежністю.

$$P_{c.a.} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{4},$$

де $P_{c.a.}$ - середнє арифметичне значення гідростатичного тиску робочої рідини в судновому резервуарі; P_1, P_2, P_3, P_4 - значення гідростатичного тиску робочої рідини в судновому резервуарі, які вимірюють за допомогою першого, другого, третього та четвертого гідростатичних датчиків тиску. Після цього здійснюють подальшу фільтрацію електричного сигналу, відповідного середньому арифметичному значенню гідростатичного тиску робочої рідини в судновому резервуарі $P_{c.a.}$, за допомогою фільтра низьких частот, що має передаточну функцію

$$W_F(p) = \frac{L_F(p)}{L_{c.a.}(p)} = \frac{1}{T_F p + 1}.$$

При цьому сталу часу фільтра низьких частот T_F попередньо визначають та встановлюють відповідно до значення частоти коливання водної поверхні морської акваторії.

Гідростатичним методом на основі відфільтрованого значення гідростатичного тиску P_F , яке формують з середнього арифметичного значення гідростатичного тиску робочої рідини в судновому резервуарі $P_{c.a.}$ за допомогою фільтра низьких частот, визначають поточне значення рівня рідини в судновому резервуарі L_F з компенсацією впливу крену та диференту судна згідно з залежністю

$$L_{\Phi} = \frac{P_{\Phi}}{\rho_P g},$$

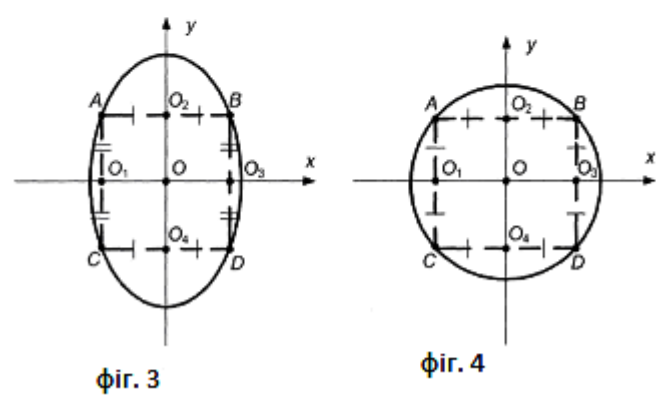
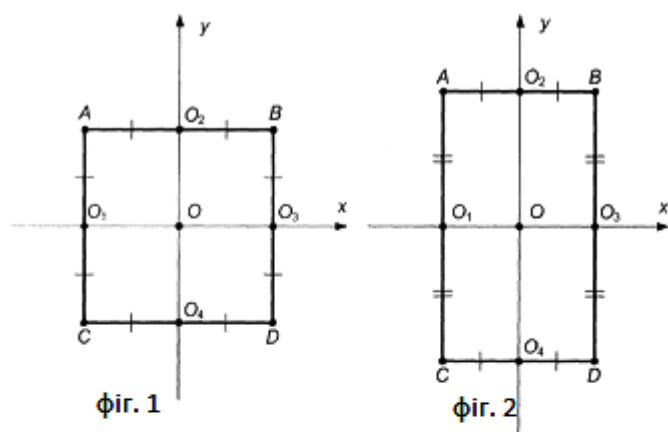
де ρ_P - густина робочої рідини в судновому резервуарі; g - прискорення вільного падіння.

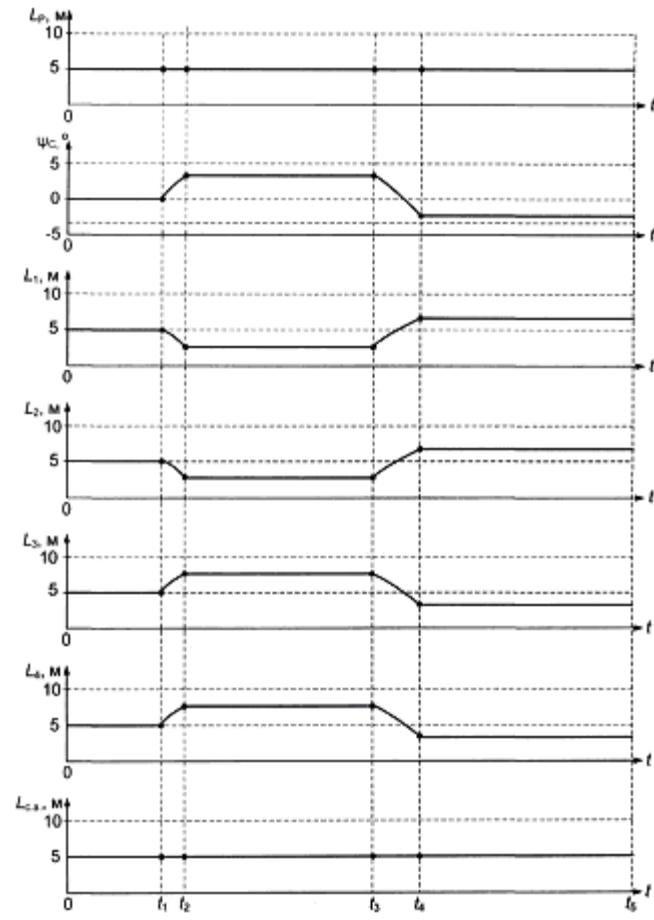
Таким чином здійснюється компенсація впливу статичних та динамічних складових крену та диференту судна при вимірюванні та автоматичному контролі рівня рідини в суднових резервуарах.

Позитивний ефект проявляється в тому, що в порівнянні зі способом-прототипом згідно з патентом РФ № 2133023, даний спосіб автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна забезпечує підвищення точності вимірювання та інформативності за рахунок вилучення похибки вимірювань рівня, викликані присутністю статичних кутів крену та диференту судна, а також згладжування коливань поточного вимірюваного значення рівня, викликаних присутністю динамічного крену та диференту судна. Крім того, при реалізації даного способу у робочому просторі суднового резервуара додатково встановлюють третій та четвертий гідростатичні датчики тиску, які також застосовуються для вимірювання поточного значення рівня робочої рідини в резервуарі. Цей факт забезпечує додаткове підвищення надійності систем автоматичного контролю рівня, що застосовуються для реалізації вищенаведеного способу.

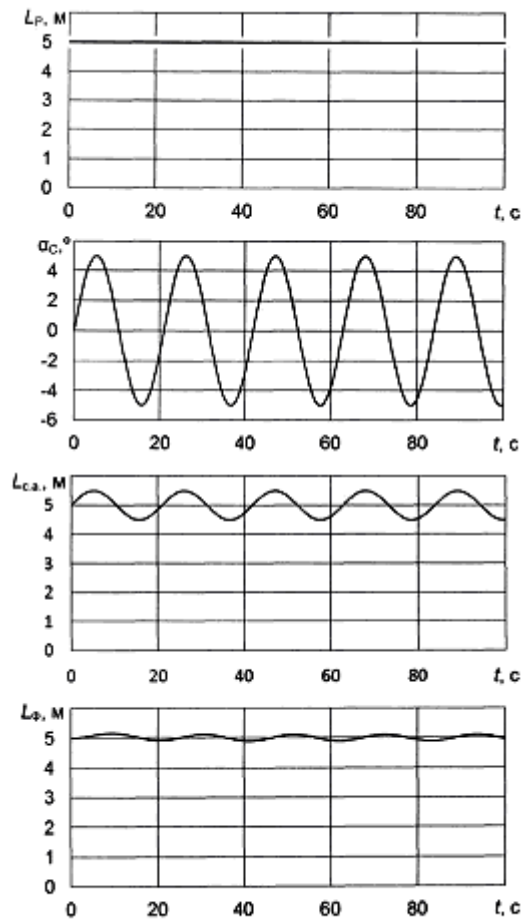
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматичного контролю рівня рідини в суднових резервуарах з компенсацією впливу крену та диференту судна, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють перший та другий вимірювачі і здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів, причому перший та другий вимірювачі виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, а значення рівня рідини в резервуарі визначають гідростатичним методом на основі реєстрованих електричних сигналів, який **відрізняється** тим, що у робочому просторі резервуара додатково встановлюють третій та четвертий вимірювачі, які виконують у вигляді гідростатичних датчиків тиску, та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію вихідних електричних сигналів першого, другого, третього та четвертого вимірювачів, які попередньо встановлюють по периметру днища суднового резервуара у вершинах умовного прямокутника, відповідні сторони якого паралельні повздовжній та поперечній осям судна, при цьому обчислюють поточне середнє арифметичне значення від реєстрованих електричних сигналів всіх вимірювачів, здійснюють його подальшу фільтрацію за допомогою фільтра низьких частот та на основі відфільтрованого сигналу визначають гідростатичним методом поточне значення рівня рідини в судновому резервуарі з компенсацією впливу крену та диференту судна.





фиг. 5



фiг. 6

Комп'ютерна верстка М. Мацело

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