



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99844** (13) **C2**
(51) МПК

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/28 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

G01N 29/06 (2006.01)

G01N 29/38 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2010 09162	(72) Винахідник(и):	Льозаж Фредерик (FR), Сегура Родрігез Нідіа Алєхандра (FR), Бізійо Бернард (FR)
(22) Дата подання заявки:	16.12.2008	(73) Власник(и):	Ві енд Ем ФРАНС, 27, avenue du General Leclerc, F-92100 Boulogne-Billancourt, France (FR)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.10.2012	(74) Представник:	Михайлюк Валентин Іванович, реєстр. №1
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	07/09045	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	FR 2796153 A; 12.01.2001 JP 2003279550 A; 02.10.2003
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	21.12.2007		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	FR		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.08.2010, Бюл.№ 16		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.10.2012, Бюл.№ 19		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/FR2008/001751, 16.12.2008		

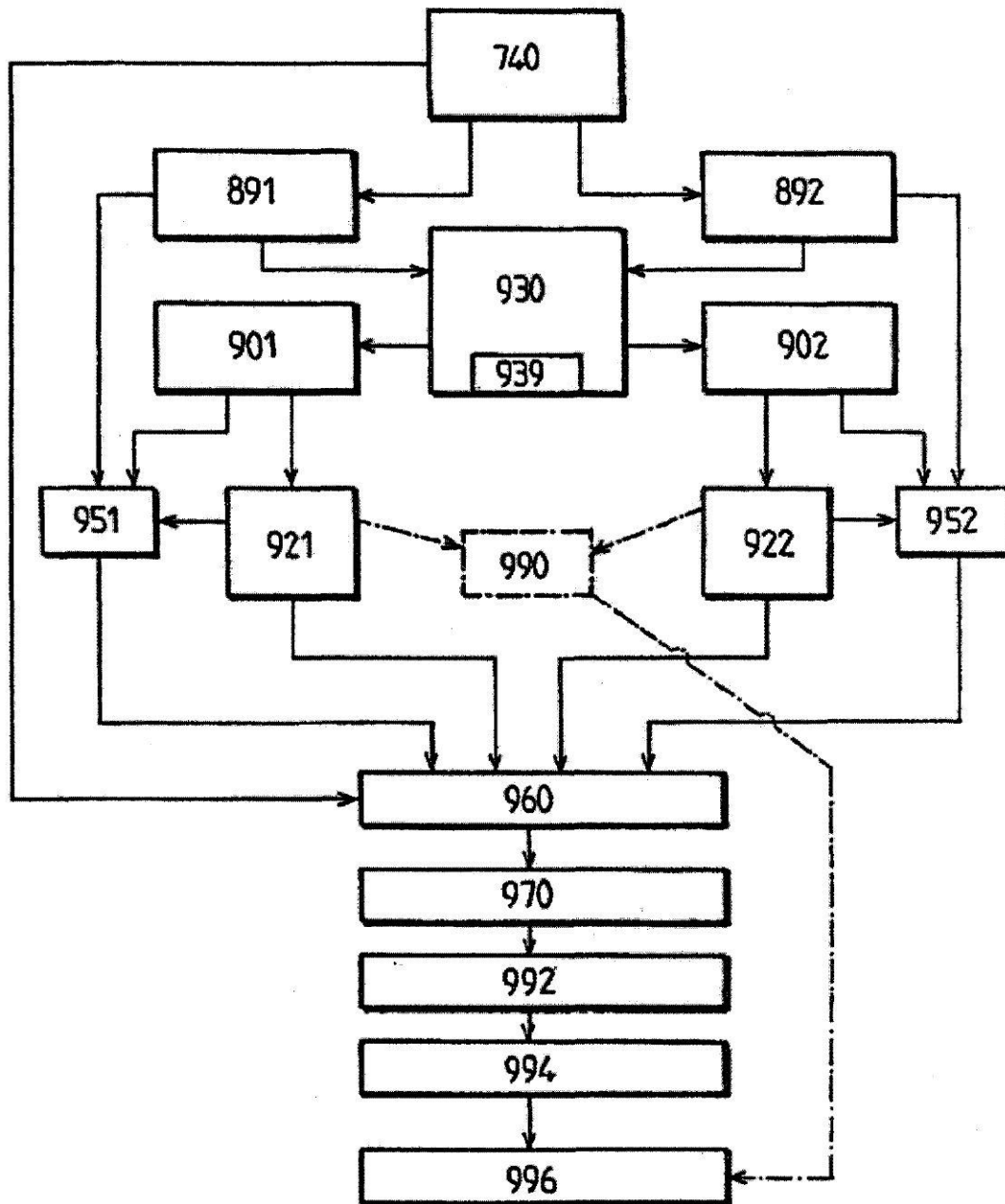
(54) НЕРУЙНУЮЧИЙ КОНТРОЛЬ, ЗОКРЕМА ДЛЯ ТРУБ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ І В ГОТОВОМУ СТАНІ

(57) Реферат:

Пристрій, утворюючий установку підготовки до експлуатації для неруйнуючого контролю металургійних виробів, призначений для збору інформації про можливі дефекти виробу із зворотних сигналів, що отримуються за допомогою ультразвукових випромінюючих датчиків, при цьому ультразвукові приймаючі датчики утворюють схему вибраної геометрії і знаходяться в зв'язку за допомогою ультразвука з виробом через рідке середовище з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою розташування датчиків, причому вказана установка підготовки до експлуатації, який відрізняється тим, що включає: перетворювач (891; 892), здатний вибірково виділяти цифрове представлення можливих ехо-сигналів у вказаних часових вікнах, залежно від відносного обертально/поступального руху, і отримувати звідти зображення можливих дефектів виробу, при цьому вказане уявлення включає амплітуду і час проходження одного ехо-сигналу, і здатний генерувати паралелепіпедоподібний тривимірний графік; блок трансформації (930), здатний генерувати тривимірне зображення (901; 902) можливих дефектів в трубі на підставі тривимірного графіка і бази даних; фільтр (921; 922), здатний визначити на зображеннях (901; 902) зони передбачуваного дефекту (Z_{cur}), а також

UA 99844 C2

властивості кожного передбачуваного дефекту; і вихідний каскад, налаштований на генерування сигналу відповідності або невідповідності виробу.



ФІГ.11

Винахід відноситься до неруйнуючого контролю матеріалів, включаючи труби в процесі виготовлення.

В даний час відомі різні пропозиції, що описані далі, які використовують нейронні мережі для неруйнуючого контролю матеріалів. Але дані пропозиції не призначені для використання в промисловому середовищі, і через це не можуть бути застосовані для діагностування працюючого устаткування в реальному часі і не дозволяє оперативно класифікувати дефекти по їх характеристиках так, щоб було можливо швидко виправити виявлену проблему в процесі виробництва.

У неопублікованій заявці на патент Франції №0605923 розкривається неруйнуючий контроль.

Метою даного винаходу є поліпшення ситуації до рівня системи, здатної:

- використовуватися в промисловому середовищі і легко застосовуватися на вже існуючому устаткуванні даного середовища.

- використовуватися в реальному часі, тобто дозволяти здійснювати швидку діагностику, а саме, діагностику з швидкістю, достатньою для підтримки загальної швидкості виробництва на колишньому рівні, і

- дозволяти здійснювати класифікацію дефектів залежно від їх природи, ґрунтуючись на невеликій кількості інформації, визначати їх важливість, а також дозволяти визначати технічну причину за природою дефекту і швидко усувати проблему на фазі виготовлення.

Згідно першому аспекту запропонована установка підготовки до експлуатації для неруйнуючого контролю труб (або інших металургійних виробів) в час і по закінченню виготовлення. Подібний пристрій призначений для збору інформації про можливі дефекти виробу. Ультразвукові передавальні датчики вибірково збуджуються згідно вибраному часовому закону. Зворотні сигнали приймаються ультразвуковими приймаючими датчиками, встановленими згідно вибраної геометричної схеми і що знаходяться в ультразвуковому зв'язку з трубою через рідке середовище. Крім того, зазвичай, існує відносний обертально/поступальний рух між виробом і схемою розташування датчиків.

Запропонована установка підготовки до експлуатації включає:

- перетворювач, здатний вибірково виділяти цифрове представлення можливих ехо-сигналів у вказаних часових вікнах, залежно від відносного обертально/поступального руху, і отримувати звідти зображення можливих дефектів виробу, при цьому вказане уявлення включає амплітуду і час проходження одного ехо-сигналу, і здатний генерувати паралелепіпедоподібний тривимірний графік

- блок трансформації, здатний генерувати тривимірне зображення можливих дефектів в трубі, ґрунтуючись на тривимірному графіку і базі даних

- фільтр, здатний визначити на зображеннях зони передбачуваного дефекту, а також властивості кожного передбачуваного дефекту

- вихідний каскад, налаштований на генерування сигналу відповідності або невідповідності виробу.

Винахід може також бути застосовано в пристрої неруйнуючого контролю труб (або інших металургійних виробів) в час або після закінчення виготовлення, при цьому пристрій включає:

- схему розташування ультразвукових датчиків вибраної геометрії, встановлених в ультразвуковому зв'язку з трубою через середовище, що пов'язує, і з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою розташування датчиків

- контури для вибіркового збудження елементів датчиків згідно вибраному часовому закону, призначені для прийому і реєстрації зворотних сигналів, і

- установка підготовки до експлуатації, подібна до установки описаної вище.

Іншим аспектом винаходу є спосіб неруйнуючого контролю труб (або інших металургійних виробів) в час або після закінчення виготовлення, при цьому спосіб включає етапи, на яких:

- а) виконують схему розташування ультразвукових датчиків вибраної геометрії, встановлених в ультразвуковому зв'язку з трубою через середовище, що пов'язує, і з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою датчиків

- б) вибірково збуджують дані датчики згідно вибраному часовому закону;

- в) збирають прийняті зворотні сигнали з метою вибіркового аналізу зворотних сигналів для отримання з них інформації про можливі дефекти труби, при цьому дана інформація включає амплітуду і час проходження, щонайменше, одного ехо-сигналу, і з метою генерування паралелепіпедоподібного тривимірного графіка.

- г) вибірково виділяють цифрові представлення можливих ехо-сигналів у вказаних часових вікнах, за допомогою відносного обертально/поступального руху, і отримують звідти тривимірне

зображення можливих дефектів в трубі ґрунтуючись на паралелепіпедоподібному тривимірному графіку і на базі даних.

е) генерують сигнал відповідності або невідповідності виробу.

Етап е може включати етапи, на яких:

5 е1) фільтрують зображення по вибраних критеріях відбору з метою визначення зон передбачуваних дефектів Z_{sig} і властивостей кожного передбачуваного дефекту

е2) формують цифрові робочі вхідні дані з частини зображень, відповідних зоні передбачуваного дефекту Z_{sig} , властивостей передбачуваного дефекту тієї ж зони після фільтру; і даних контексту

10 е3) застосовують сформовані вхідні дані, щонайменше, до однієї схеми типу нейронного контура

е4) проводять цифрову обробку вихідних даних схеми типу нейронного контура по критеріях ухвалення рішення, з метою вибору рішення і/або сигналу тривоги, і

е5) відбраковують і маркують труби, визнані незадовільними на етапі 4.

15 Інші аспекти, ознаки і переваги винаходу будуть очевидні з наведеного нижче докладного опису декількох не обмежуючих варіантів здійснення і прикладених графічних матеріалів, на яких:

- на фіг. 1 представлений загальний схематичний вид труби, що має дефекти або недоліки, названі еталонними дефектами;

20 - на фіг. 2 представлений схематичний вигляд збоку, що показує приклад розміщення установки типу "контроль з обертальною головкою" на готовій трубі;

- на фіг. 3A-3C представлені подробиці різних типів вимірювання товщини і контролю подовжніх і поперечних дефектів;

25 - на фіг. 4 представлена принципова електронна схема, пов'язана з ультразвуковим датчиком неруйнуючого контролю в звичайній установці;

- на фіг. 5A і 5B представлений вигляд з кінця і вигляд збоку конкретного типу комірки для неруйнуючого контролю, зазвичай званою "обертальною головкою" і представленої схематично;

- на фіг. 6 представлений приклад сукупності маршрутів ультразвукових хвиль в трубі;

30 - на фіг. 6A і 6B схемний представлені часові діаграми ультразвукових сигналів, для датчика з похилим падінням сигналу і для датчика з падінням сигналу під прямим кутом (перпендикулярно), відповідно;

- на фіг. 7 представлений графік, що показує класичне представлення вибіркості установки контролю;

35 - на фіг. 8 представлена принципова електронна схема, пов'язана з ультразвуковим датчиком неруйнуючого контролю в прикладі установки по даному винаходу;

- на фіг. 8A представлена докладна функціональна схема частини фіг. 8;

- на фіг. 8B представлена інша докладна функціональна схема частини фіг. 8;

- на фіг. 9 схематично представлений знімок екрану, що показує оцифровані ультразвукові зображення потенційних дефектів в трубі;

40 - на фіг. 9A представлений знімок екрану для іншого напрямку;

- на фіг. 10A-10D схематично представлені різні типи дефектів по класифікації API, на основі вихідних даних нейронної мережі, призначеної для визначення типу дефекту;

- на фіг. 11 представлена докладніша функціональна схема іншої частини фіг. 8;

45 - на фіг. 11A детально представлений вид блоку трансформації, зображений на фіг. 11;

- на фіг. 12 представлена діаграма, що показує обробку потенційних послідовних дефектів в зображенні;

- на фіг. 13 представлена функціональна схема системи фільтрів;

- на фіг. 14 представлена функціональна схема збірки нейронної мережі, призначеної для визначення типу дефекту в трубі;

50 - на фіг. 15 представлена функціональна схема збірки нейронної мережі, призначеної для визначення серйозності дефекту труби;

- на фіг. 16 представлена функціональна схема нейронної моделі;

- на фіг. 17 представлений приклад функції передачі елементарного нейрона; і

55 - на фіг. 18 представлена загальна схема установки для визначення дефектів різними типами датчиків.

Графічні матеріали містять елементи певного характеру. Вони можуть не тільки допомогти краще зрозуміти даний винахід, а і посприяти його визначенню у разі потреби.

У продовження до вищесказаного відзначимо, що ультразвуковий датчик може бути позначений такими зрозумілими фахівцеві термінами як датчик, сенсор, детектор.

Нейронні мережі

Використання нейронних мереж для неруйнуючого контролю матеріалів було темою багатьох публікацій, більшість з яких були в цілому теоретичні. Деякі з них ми розглянемо нижче.

5 У статті "Localization and Shape Classification of Defects using the Finite Element Method and the Neural Networks" ZAOUI MARCHAND і RAZEK (NDT.NET-AOUT 1999, vol. IV № 8) викладені деякі пропозиції в даній області техніки. Проте, пропозиції були виконані в лабораторії і описане застосування не може бути використано на конвеєрі в промисловості. Крім того, розглядалося тільки визначення струмів Фуко, що не завжди є достатнім.

10 Стаття "Automatic Detection of Defect in Industrial ultrasound images using a neural Network" Lawson і Parker (Proc. of Int. Symposium on Lasers, Optics, and Vision for Productivity in Manufacturing I (Vision Systems: Applications), June 1996, Proc. of SPIE vol. 2786, pp. 37-47, 1996), описує застосування обробки зображень і нейронних мереж, зване "сканування TOFD". Метод TOFD (часопролітна дифракція) полягає у визначенні положень ультразвукового датчика, за допомогою якого можна спостерігати за дифракцією пучка на стінках дефекту і визначати розміри дефектів. Даний спосіб важко застосовувати у вже існуючих пристроях неруйнуючого контролю, особливо в промисловому середовищі.

У статті "Shape Classification of Flaw Indications in 3-Dimensional ultrasonic Images" Dunlop і McNab (IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology — July 1995 ~ Volume 142, Issue 4, p. 307-312) описується діагностика корозії трубопроводу. Система дозволяє здійснювати неруйнуючий контроль на глибині і дозволяє здійснювати діагностику в трьох вимірюваннях і в реальному часі. Проте, дана система працює дуже повільно. Тому використовувати дану систему в промисловому середовищі досить складно.

У статті "Application of neuro-fuzzy techniques in oil pipelines ultrasonic nondestructive testing" Ravanbod (NDT&E International 38 (2005) p.643-653) передбачається, що алгоритми визначення дефектів можуть бути покращувані за допомогою використання елементів логічного потоку, доданих в нейронну мережу. Проте, викладені способи стосуються також перевірки дефектів трубопроводу і діагностики дефектів корозії.

У документі DE 42 01 502 C2 описується спосіб створення сигналу, призначеного для нейронної мережі, але майже не описується або не описується взагалі застосування результатів для діагностики. Окрім цього знову розглядається тільки визначення струмів Фуко.

У публікації патенту Японії 11-002626 описується тільки визначення подовжніх дефектів і лише за допомогою струмів Фуко.

У публікації патенту № 08-110323 описується вивчення частоти сигналів, отриманих ультразвуком.

У публікації патенту № 2003-279550 описується програма, що показує різницю між цілою зоною і зоною з дефектом виробу за допомогою нейронної мережі. Дана програма обмежується вищесказаним і не дозволяє ні класифікувати, ні визначити місцеположення дефектів. Отже, застосування даної програми може часто приводити до відбракування деталей, які можна було б класифікувати як придатні при перевірці людиною.

Неруйнуючий контроль труб

Приведений нижче докладний опис головним чином представлений в контексті неруйнуючого контролю готових труб, проте не виключає інші варіанти застосування.

Згідно фіг. 1, дефекти труби Т можуть бути визначені згідно їх розташуванню. Таким чином, 45 поверхневі, внутрішні і зовнішні дефекти включають подовжні дефекти LD і дефекти по колу (або поперечні або крізні) CD і косі або похилі дефекти ID; при цьому за допомогою різних схем розташування датчиків намагаються визначити дефекти, які перевищують певну довжину і певну глибину згідно нормам або специфікаціям або технічним умовам клієнтів (наприклад, довжина дефекту обумовленого нормами відповідає ½ дюйма або приблизно 12,7 мм на глибині, що становить приблизно 5 % від товщини виробу, що перевіряється). Нас також цікавлять дефекти "в стінках", тобто в масі MD (не представлені на фіг. 1), які часто відповідають вкрапленням або розтріскуванням, і які повинні бути визначені одночасно з вимірюванням товщини. Ультразвукові пучки, що розходяться, представлені на фіг. 1 для пояснення принципу визначення дефектів. На практиці пучки більше сходяться, як буде описано нижче.

Зазвичай, при неруйнуючому контролі ультразвуком використовують один з трьох типів установок, добре відомих фахівцям в даній області техніки, а саме установки типу "з обертальною головкою" установки типу "з обертальною трубою" і установки з багатоелементним датчиком. У разі використання датчиків, що працюють за способом електронної розгортки, відносно обертання труби/датчиків віртуальне. В даному випадку вираз

"відносний обертально/поступальний рух між трубою і схемою розташування датчиків" відноситься до випадку, коли відносно обертання віртуальне.

На фіг. 2 пристрій неруйнуючого контролю з обертальною головкою включає ультразвуковий пристрій, встановлений на водяній оболонці або на "водяній камері" 100, при цьому головка проходить уздовж труби Т, наприклад, із швидкістю $v=0,5$ м/с. Датчики або ультразвукові сенсори випромінюють подовжні хвилі у воді. Даний датчик, наприклад, працює на частоті 1 МГц або декілька МГц. Датчик періодично збуджується вибраними хвиловими імпульсами, з інтервалом (або з частотою) повторення F_r , порядку декілька кГц або декількох десятків кГц, наприклад 10 кГц.

Ультразвуковий датчик додатково включає:

- випромінювання найближчого, практично паралельного, поля в зону Френеля з множинними перешкодами, в якій довжина осі пучка рівна

$$N=0,25 D^2 / \lambda$$

де D є діаметром активної пластини датчика-перетворювача і λ є довжиною робочої хвилі, і

- випромінювання віддаленого поля в зону Фраунгофера, згідно пучку, що розходить, з кут 2α , де

$$\sin \alpha = 1,22 \lambda / D$$

На фіг. 3А, 3В, 3С показані датчики сходяться за допомогою увігнутої лінзи (ультразвукової), подібні до датчиків, використовуваних при контролі труб. Переважно використовують менш переобтяжену перешкодами зону Фраунгофера.

Також для таких датчиків як Р11 і Р12, зазвичай сфокусований ультразвуковий пучок проходить поряд з перпендикуляром до осі труби Т. Визначення здійснюється практично в перпендикулярному напрямі. Призначення даних датчиків:

- якщо пучок перпендикулярний до осі труби Т, в поперечному перетині, то датчики служать для вимірювання товщини (наприклад, Р1, фіг. 3А); в даному випадку мова йде про "поперечне сканування";

- якщо пучок проходить під нахилом до осі труби Т, в поперечному перетині, то датчики служать для визначення подовжніх дефектів (наприклад, Р11, фіг. 3В). В даному випадку кут падіння в поперечному перетині переважно вибирається так, щоб викликати в трубі тільки поперечні ультразвукові хвилі або ультразвукові хвилі зрушення, враховуючи характеристики межі вода/метал труби (зазвичай вода/сталь). Також передбачають два датчики Р11 і Р12, які мають протилежний нахил щодо осі труби (фіг. 2).

Пристрій включає також такі датчики, як Р21 і Р22, ультразвуковий пучок яких, як правило, рівномірно сфокусований і проходить поблизу площини, що проходить через вісь труби, і під нахилом до площини, яка перпендикулярна осі труби Т (див. датчик 21, фіг. 3С). В даному випадку кут падіння відносно площини, перпендикулярної до осі труби, буде, як правило, вибирається так, щоб викликати в трубі тільки поперечні ультразвукові хвилі або ультразвукові хвилі зрушення, враховуючи характеристики межі вода/метал труби (зазвичай вода/сталь). Дані сенсори використовуються для визначення поперечних дефектів. Також зазвичай передбачають два датчики Р21 і Р22, які мають протилежний нахил щодо площини, перпендикулярної осі труби (фіг. 2).

Контроль дефектів, як правило, здійснюється при фокусуванні пучка. Фокус, вимірюється по відношенню до "стрибка", відповідному першому проходженню ультразвуку туди назад в товщі труби. Також, датчик фіг. 3А сфокусований на половині стрибка, тоді як датчики фігур 3В і 3С сфокусовані на трьох чвертях стрибка. До того ж, контроль зовнішніх дефектів зазвичай здійснюється на стрибку, а контроль внутрішніх дефектів здійснюється на половині стрибка.

Та - час присутності, необхідний для того, щоб сенсор зміг правильно прийняти повернення пучка ультразвуку, характерних для можливих дефектів. Даний час T_a залежить від суми двох наступних часових значень:

- перше є відрізком часу, за який подовжні ультразвукові хвилі проходять в обох напрямках через "товщу води", присутню між сенсором і трубою на шляху ультразвуку

- друге є відрізком часу, за який поперечні ультразвукові хвилі проходять через трубу безпосередньо для неруйнуючого контролю. Даний час головним чином залежить від вибору бажаної кількості віддзеркалень поперечних хвиль усередині стінки труби.

Зазвичай сенсори обертаються навколо осі труби, не описаним тут способом, із швидкістю Т, рівною близько декількох тисяч оборотів в хвилину (наприклад 6000 об/хв). У разі, коли обертаються не сенсори, а труба, який також відомий фахівцям в даній області техніки (установка типу "обертальна труба"), швидкість обертання труби може бути від декількох десятків до декількох тисяч оборотів в хвилину.

Кожен вузол датчик – середовище передачі (вода) – труба можна назвати "коміркою". Для комірки слід розглянути відкриття пучка Od ультразвукових сенсорів при визначенні. Відкриття може бути визначене за допомогою двох складових (фіг. 1), а саме розташованої в поперечному перетині труби складової Od1 і розташованою в площині, що проходить через вісь труби і сенсор, складової Od2.

Настройка установки (швидкість обертання, швидкість переміщення, розміри Od1 і Od2 і число датчиків) повинна гарантувати повне сканування ультразвуковими пучкам поверхонь і об'єму контрольованої труби.

Також слід зазначити, що деякі норми, технічні умови або специфікації клієнтів накладають певні вимоги на скановані зони.

Час аналізу Ta визначається за допомогою компромісу між:

- інтенсивністю (частотою) повторюваності Fr

- швидкістю обертання ω , з урахуванням складової Od1 відкриття ультразвукових сенсорів в поперечному перетині труби (іншими словами враховуючи обертання датчиків, складова Od1 відкриття пучка повинна дозволити отримати необхідний час присутності дефекту напроти датчиків, який, щонайменше, буде рівним Ta)

- швидкістю переміщення v, з урахуванням складової Od2 відкриття ультразвукового сенсора уздовж труби, і кількістю Nfi сенсорів, призначених для тієї ж функції Fi (які складають групу сенсорів) на поверхні труби (іншими словами враховуючи просування труби вперед, складова Od2 відкриття пучка повинна дозволити отримати необхідний час присутності дефекту напроти датчика (або групи датчиків), який, щонайменше, буде рівний Ta).

- кількістю датчиків, що мають однакове призначення (тобто для виконання тієї ж функції), і

- час розповсюдження хвиль, подібних описаним раніше.

Звичайний пристрій включає два датчики, такі як P11, P12 для контролю дефектів типу LD, і можливих дефектів ID, два датчики типу P21, P22 для контролю дефектів типу CD, до яких додають, як правило, датчик типу P1 для вимірювання товщини виробу і контролю дефектів типу MD. Кожен датчик, як буде показано нижче, може бути групою датчиків, що працюють разом.

Установка включає, інтегровану або приєднану електронну схему збудження і визначення, пов'язану з кожним датчиком. Вона включає (фіг. 4) випромінювач (70) імпульсів, наприклад, при напрузі 250 В для збудження сенсора P0, встановленого на водній камері 100. Як інтегрована частина системи неруйнуючого контролю, ультразвуковий сенсор P0, в даному випадку приймач/випромінювач, отримує ехо-сигнали, що викликаються збудженням. Лінії 700 і 710 відповідно передають імпульси збудження і сигнал на клеми сенсора підсилювача 73.

Вихідний сигнал підсилювача 73 служить для візуалізації відображення, призначеного для оператора і/або для автоматичної установки для відбору, здатної відбракувати (на виході) некондиційні труби.

Візуалізація, наприклад, здійснюється осцилоскопом 750, що приймає як сигнал вихідний сигнал підсилювача 73, і в якості розгортки 752 сигнал каскаду синхронізації 753 з випромінювача 70. Пороговий каскад 754 запобігає засліпленню осцилоскопа під час випромінювання імпульсу.

Інший вихідний сигнал підсилювача 73 поступає на каскад обробки сигналу 760. Дана обробка включає головним чином випрямлення, згладжування і фільтрування. За ним слідує каскад визначення або селектор 762, який може виділяти значущі ехо-сигнали відомим чином. При визначенні дефекту, саме наявність ехо-сигналу з відомими параметрами амплітуди і тривалості (а значить і енергії), є важливим в деяких часових інтервалах, особливо в інтервалах половини стрибка і стрибка. При визначенні товщини, перевіряють, щоб еквівалентна величина часового проміжку між відповідними ехо-сигналами з глибини відповідала бажаній товщині труби. Відхилення, визначені по цих критеріях, використовуються для генерування сигналу тривоги 764 і/або включення автоматичного пристрою 766 відбору, відбраковує некондиційні труби і маркуючого їх згідно одному або декільком виявленим дефектам.

Фактично, у разі використання установки з обертальною головкою (фіг. 5A і 5B), комірка включає також водяну камеру 100, встановлену на механічній основі 80 і що включає вузол датчика P0 із з'єднанням 701, що сполучає лінії 700 і 710, зображені на фіг. 4. Також передбачають, наприклад, три ролики 81-83 для центрування труби T.

З рівня техніки (наприклад, пристрій, що продається німецькою компанією GE NUTRONIK, раніше званий NUKEM) відомий вузол датчика P0, що включає датчики, які обертаються навколо труби із швидкістю декількох тисяч об/хв. Також можна використовувати безліч датчиків, встановлених у формі кільця навколо труби. Наприклад, кільце включає 6 секторів, що включають 128 ультразвукових датчиків, встановлених по колу. Альтернативно, сектори з

датчиками трохи зміщені у напрямку до осі труби. Це дозволяє отримати перекриття між двома послідовними подовжніми секторами з датчиками і також зменшує проблеми з перешкодами. Перешкоди утворюються при отриманні датчиком ехо-сигналів, що випромінюються іншим датчиком.

5 Також для спрямовування труби вище і нижче від пристрою неруйнуючого контролю дана система містить направляючу раму (не показана), яка забезпечує правильне безперервне розташування труби по відношенню до ультразвукових датчиків.

10 Неруйнуючий контроль повинен здійснюватися по всій зовнішній поверхні труби. Але також необхідно щоб контроль відповідав вихідній лінійній швидкості v виробництва труби. Необхідно знайти компроміс між лінійною швидкістю v труби, інтенсивністю (або частотою) повторень F_r , часом аналізу T_a , складовими O_d відкриття на визначення ультразвукового сенсора, швидкістю обертання ω і кількістю датчиків, що виконують однакову функцію, і швидкістю розповсюдження ультразвукових хвиль.

15 Також переважно, щоб дана установка могла бути застосована для всіх можливих діаметрів труб (а також для труб будь-якої товщини), охоплюючи весь асортимент виробів. У зв'язку з чим необхідно враховувати різні величини швидкості обертання ω і частоти повторюваності F_r , тобто величини, вибрані залежно від діаметру труби, що перевіряється.

20 Нарешті відзначимо, що будь-які зміни в налаштуваннях вимагають змін настройки кутів падіння ультразвука кожного датчика на поверхні труби. Дана операція є дуже трудомісткою і виконується вручну протягом приблизного 30 хвилин. Під час регулювання виробництво труб зупиняється. Саме таким чином в даний час за допомогою ультразвука здійснюється неруйнуючий контроль труб, профілів або інших виробів і/або товщини стінок після закінчення виготовлення.

25 В області неруйнуючого контролю за допомогою ультразвука, часто використовується наступна термінологія:

- "Скануванням" (або "scan") є послідовність відносних положень труби/датчика;
 - "Приріст" позначає крок сканування (зворотньо пропорційний частоті повторюваності або частоті ультразвукових випромінювань)
 - "Ascan" позначає графік електричної напруги на клемах ультразвукового датчика, на осі абсцис якого представлений час проходження, а на осі ординат представлена електрична напруга, також звана ультразвуковою амплітудою

30 - "Bscan" позначає зображення, що відноситься до даної величини приросту, на осі абсцис якої представлено скануюче ультразвукове випромінювання, при необхідності виражене в градусах кута датчика щодо контрольованої деталі, а на осі ординат представлений час проходження і кожна точка ультразвукової амплітуди стає сірою або кольоровою

35 - "Еходінаміка" позначає графік, на абсцисі якого вказано ультразвукове випромінювання, а на ординаті представлена максимальна амплітуда часового селектора Ascan для відповідного випромінювання

40 - "Cscan" позначає зображення на абсцисі і на ординаті якого вказані еквівалентні положення в площині точки випромінювання ультразвукової хвилі, представлені сірим кольором, а також максимальна амплітуда ультразвука для випромінювання в часовому селекторі Ascan ("амплітуда зображення"). У разі розгляду труби, точка абсциси Cscan відповідає довжині труби, а точка ординат відповідає колу труби. У разі розгляду плоского виробу точка абсциси Cscan відповідатиме довжині плоского виробу, а точка на осі ординат

45 відповідатиме ширині плоского виробу.
 Крім того, заявник в подальшому описі використовує наступні терміни:

- "паралелепіпедоподібний Bscan 3D" позначає тривимірне зображення що включає, окрім іншого, положення датчика щодо осі труби, при цьому зображення розглядається в простому вигляді, форма труби не показана

50 - "зменшений Bscan 3D" позначає зображення паралелепіпедоподібного Bscan 3D, обмежене зоною з вказівкою за допомогою ультразвука можливих дефектів після закінчення фільтрації

- "Bscan 3D труби" має такі ж розміри, що і паралелепіпедоподібний Bscan 3D, при цьому дані представлені в трубі, що перевіряється, а амплітуда може при необхідності бути

55 додатковим вимірюванням.
 На фіг. 6 схематично представлений подовжній перетин системи, утвореної датчиком, його водною оболонкою і трубою, а також приведена ілюстрація різних шляхів ультразвукових сигналів, створюючих ехо-сигнали. Також дана фігура демонструє складність шляхів і трудність аналізу.

На фіг. 6А схематично представлена діаграма амплітуди/часу ультразвукового сигналу датчика, що працює під нахилом до осі труби. Починаючи від моменту Texcit збудження датчика ми отримуємо ехо-сигнал з межі вода-труба у момент Tinterf (який також можемо назвати TphiExter0). Також відмічені (вертикальна пунктирна лінія) момент Tphilnter, в якому пучок

5 ультразвуків досягає внутрішнього шару труби, де він заломлюється і відбивається, а також момент TphiExter1, в якому пучок ультразвуку досягає зовнішнього шару труби. В результаті похилого падіння сигналу за відсутності дефекту в даному місці не утворюється значного відбитого ехо-сигналу, що повертається на датчик у вигляді Tphilnter. Даний факт також справедливий і для TphiExter1.

10 На фіг. 6В схематично представлена діаграма амплітуди/часу ультразвукового сигналу датчика, що працює під прямим кутом до осі труби. Загальна хронологія сигналів така ж, як і хронологія фіг. 6А (з приблизним чинником, пов'язаним з кутом падіння). І, навпаки, при куті падіння, перпендикулярному до осі, існують значні ехо-сигнали в Tphilnter і TphiExter1, навіть за відсутності дефектів у відповідних місцях труби.

15 В даний час системи неруйнуючого контролю, використовувані у виробництві труб працюють з урахуванням відношення K між:

- амплітудою As сигналу з труби, що перевіряється, і
- амплітудою A0 сигналу еталонного контрольного дефекту для типу даного контролю.

Даний "еталонний контрольний дефект" зазвичай визначається в еталонній трубі з штучним

20 дефектом (наприклад, проріз у формі U або V) з вибраними розмірами, наприклад, відповідно до стандартів неруйнуючого контролю і/або технічних вимог клієнта.

Мається на увазі, що дана амплітуда сигналу пропорційна тяжкості дефекту, тобто, пропорційна глибині (DD). Графік, зображений на фіг. 7, (добре відомий фахівцям в даній області техніки, див. Nondestructive Testing Handbook – розділ Статистика том 7, опублікований

25 ASNT – American Society for Nondestructive Testing) представляє фактичний розподіл $K=f(DD)$. Графік демонструє, що насправді кореляція дуже погана (порядка 0,3-0,4 для контролю ультразвуком).

Розглянемо детальніше: на графіку, зображеному на фіг. 7, при виборі контрольної амплітуди A0 ($K=1$) при величині XL (глибина максимально допустимого дефекту) в центрі

30 розподілу (по похилій прямій TDis) ми бачимо, що можна знайти ще дефекти при $K=0,5$ глибини DD, яка перевищує XL. Отже, з обережності, ми прийняли A0 меншої величини, чим XL. Таким чином, ми виключаємо з виробництва труби, які, проте, могли б відповідати вимогам. Це навіть більш економічно невигідно, ніж способи виробництва достатньо важких труб, як по складності, так і за витратами енергії.

35 Таким чином метою заявника є поліпшення даної ситуації.

На фіг. 8 представлений покращений пристрій в порівнянні з пристроєм, зображеним на фіг. 4.

Вихідний сигнал підсилювача 73 приходить на каскад 761, що перетворює в цифрову форму сигнал підсилювача 73 і що працює на даному цифровому сигналі. Ця обробка буде описана

40 нижче відповідно до фіг. 11. Каскади 764 і 766 функціонально подібні до каскадів, зображених на фіг. 4. Необроблений сигнал датчика, такий як сигнал на осцилоскопі 750, іменується фахівцями як A-Scan. Він включає ехо-сигнали подібні до сигналів, зображених на фіг. 6.

Перейдемо до зображень дефектів в трубі, за допомогою ультразвукових сигналів. Далі буде описаний процес отримання зображення.

45 Фактично, зображення отримують з декількох послідовних сканувань труби датчиком Rx під послідовними кутами, що покривають в цілому праву секцію труби. Можливо отримати дані сканування за допомогою послідовних випромінювань ультразвуку одним датчиком з використанням відносного обертання труби/датчика.

Розглянемо, як необмежуючий приклад, установку типу з обертальною головою.

50 На фіг. 8А зображений датчик Rx, який може бути типу P1, P11, P12, P21 і P22. У зображеному прикладі датчик Rx включає n елементарних датчиків Rx-1,...Rx-i, ... Rx-n, які розташовані уздовж подовжньої осі труби і є одночасно об'єктом ультразвукового випромінювання. На фіг. 8А те, що знаходиться між елементарними датчиками і тривимірним графіком вихідного сигналу 769 може бути розглянуто як перетворювач.

55 Сигнал AScan першого елементарного датчика Rx-1 приходить на підсилювач 73-1 з двома паралельними каналами: канал селектора 763-1А і канал селектора 763-1В. Кожен селектор 763-1А включає відповідно два виходи, вихід максимальної амплітуди і вихід часу проходження. Вихід максимальної амплітуди пов'язаний з лінійним цифровим перетворювачем 765-1-At.

60 Вихід лінійного цифрового перетворювача 765-1Аа максимальної амплітуди пов'язаний з сховищем буферних даних 768-Аа, що збирає дані від лінійних цифрових перетворювачів

максимальної амплітуди 765-iAa, при цьому і знаходиться в діапазоні від 1 до n. Вихід лінійного цифрового перетворювача 765-1At часу проходження пов'язаний з сховищем буферних даних 768-At, що збирає дані від лінійних цифрових перетворювачів часу проходження 765-iAt, при цьому і знаходиться в діапазоні від 1 до n. Вихід лінійного цифрового перетворювача 765-1Ba
 5 максимальної амплітуди пов'язаний з буферним сховищем даних 768-Ba, що збирає дані від лінійних цифрових перетворювачів максимальної амплітуди 765-iBa, при цьому і знаходиться в діапазоні від 1 до n. Вихід лінійного цифрового перетворювача 765-1Bt часу проходження пов'язаний з буферним сховищем даних 768-Bt, що збирає дані від лінійних цифрових перетворювачів часу проходження 765-iBt, при цьому і знаходиться в діапазоні від 1 до n.

10 Грунтуючись на отриманій інформації від проходження еталонної труби, оператор може отримати в буферних сховищах 768-Aa і 768-At інформацію T_1A про положення і часову ширину, що позначає за допомогою відомої геометрії труби, моменти при яких можна отримати "ехо-сигнал внутрішнього шару" щодо внутрішньої частини труби, наприклад, перший ехо-сигнал Int1, зображений на фіг. 6. На фіг. 6A зображене відповідне часове вікно "Int" навколо
 15 TphiInter.

Також, на основі інформації, отриманої під час проходження еталонної труби, оператор може отримати в буферних сховищах 768-Ba і 768-Bt інформацію T_1B про положення і часову ширину, що позначає за допомогою відомої геометрії труби, моменти при яких можна отримати "ехо-сигнал внутрішнього шару" щодо зовнішньої частини труби, наприклад, перший ехо-сигнал
 20 Ext1, зображений на фіг. 6. На фіг. 6A зображене відповідне часове вікно "Ext" навколо TphiExter.

Схема повторюється для інших датчиків Px-2.Px-i, .Px-n.

Також, кожен часовий селектор 763 визначає часові вікна з урахуванням моменту випромінювання ультразвука і заздалегідь певних часових інтервалів, в яких можна отримати
 25 ехо-сигнали, що стосуються даного селектора. На фіг. 6 зображено як можна визначити часові інтервали, що цікавлять, з розрахунку кута падіння пучка ультразвуку на трубу, а також діаметру (внутрішнього або зовнішнього) і товщини труби. Вказаний часовий інтервал відповідає даному ехо-сигналу даної точки труби при відносному положенні між трубою і датчиком.

30 Для спрощення прийнято вважати, що моменти випромінювань синхронізовані з відносним обертанням труби/датчиків так, щоб елементарний датчик завжди працював на одній і тій же подовжній утворюючій труби. Вихідний сигнал її селектора надає просторову послідовність аналогічних зразків сигналів, кожен з яких відповідає амплітуді очікуваного ехо-сигналу на стінці труби. Ці зразки датчика Px-1 (наприклад) оцифровані в 765.

35 Синхронізація з випромінюванням може бути здійснена за допомогою зв'язку (не представленого) з випромінювачем 70, або з його пусковим пристроєм, з контуром синхронізації 753, або з генератором розгортки 752 (фіг. 8). Відображення 750 може бути виконано за бажанням. Система може функціонувати на трубі, що обертається з практично постійною швидкістю. В даному випадку кутова швидкість і просування труби вперед можуть бути зміряні із
 40 за допомогою певного кутового кодера, наприклад, моделі RS0550168, вироблюваного компанією Hengstler, і лазерного вимірника швидкості, наприклад, моделі LSV 065, вироблюваного компанією Polytec. При виконанні системи датчиків з можливістю обертання труба може не обертатися. В цьому випадку, для вимірювання швидкості переміщення труби буде достатньо лазерного вимірника, а для вимірювання швидкості обертання датчиків може
 45 бути використаний кутовий кодер.

Для даного випромінювання вузол датчиків PX-1-PX-n надає лінію зображень, відповідних перпендикулярному перетину труби. У іншому вимірюванні зображення даний елементарний датчик надає лінію, відповідну утворюючій труби.

50 Цифрові перетворювачі 765-1Aa, 765-2Aa, ..., 765-iAa, ..., 765-nAa и 765-1At, 765-2At, ..., 765-iAt, ..., 765-nAt дозволяють виконати "внутрішнє" зображення, що відноситься до внутрішнього шару труби. Цифрові перетворювачі 765-1Ba, 765-2Ba, ..., 765-iBa, ..., 765-nBa и 765-1Bt, 765-2Bt, ..., 765-iBt, ..., 765-nBt дозволяють виконати "зовнішнє" зображення, щодо зовнішнього шару труби з часом проходження Tvol max ехо-сигналу максимальної амплітуди.

55 Паралелепіпедоподібний тривимірний графік, збережений в блоці 769, стосується датчика або даної групи датчиків Px. Кожна точка даного зображення, представлена сірим кольором, відповідає величині амплітуди ехо-сигналу, відповідного віддзеркаленню ультразвукового сигналу на можливому дефекті даної зони труби. Дана величина може також представляти відношення між максимальною амплітудою ультразвукового сигналу, отриманого від труби під час випробувань, і між максимальною амплітудою ультразвукового сигналу, отриманого від
 60 штучного "еталонного контрольного дефекту", як визначено вище. Паралелепіпедоподібний

тривимірний графік є відображенням підготовчого тривимірного Bscan, оцифрованого в блоці 769. Термін підготовчий позначає те, що він служить підставою для генерації Bscan тривимірної труби. Як правило, форма тривимірного графіка відрізняється від форми досліджуваного виробу, особливо для труб.

5 Інформація паралелепієдоподібного тривимірного графіка може включати систему пар (час проходження, амплітуда) кривої Ascan для тривалості певного оцифрування.

Паралелепієдоподібні тривимірні графіки оцифровані в блоці 769 включають паралелепієдоподібні тривимірні графіки 891, побудовані по даним, отриманим від групи датчиків P11 і паралелепієдоподібні графіки 892, побудовані по даним, отриманим від групи датчиків P12 і, відповідно, P21 і P22, згідно фіг. 11.

10 Дане зображення відповідає зоні труби, отриманої за допомогою об'єднання практично кільцевих зон труби, відповідних кожній оцифрованій лінії. Насправді, мова йде про кільцевих або гелікоїдальних зонах у випадку, якщо пучок ультразвуку направлений практично перпендикулярно осі труби. Відомо, що є відмінності залежно від відносного руху труби/датчика. Зони є скоріше еліптичними і, насправді, вони є викривленими або "скрученими" в просторі. У даному описі вираз "кільцеподібні зони" включає вказані вище варіанти.

Також слід зазначити, що для повного відтворення тривимірного графіка необхідна додаткова інформація про положення датчика по відношенню до труби. Її можна отримати на окремому вході 740. Ця інформація приходить від кодувальника або від системи лазерів і дозволяє визначити просторове положення. Оскільки труба може бути прирівняна до порожнистого циліндра, інформація про положення може бути зведена до системи з двома вимірюваннями.

Застосування винаходу на існуючому стенді ультразвукового контролю ("UT bench") включає:

25 - доступ до необроблених даних ультразвукового контролю ("UT Raw Data"), здійснюваного, наприклад, за допомогою плати отримання, такої, як модель NI 6024 серії E або NI 6251 серії M компанії National Instrument або за допомогою прямого доступу до цифрових даних електронної панелі управління стендом

- доступність поточної інформації про швидкість обертання (труби або датчика) або відносне кутове положення труби по відношенню до датчика, і

30 - доступність поточної інформації про швидкість переміщення труби вперед або відносне лінійне положення датчика, встановленого на осі.

Схема, зображена на фіг. 8A може бути застосована:

35 - паралельно датчику типу P11 і датчику типу P12, що досліджує ту ж зону труби по двох різних напрямках. Кожен датчик дозволить отримати внутрішнє і зовнішнє зображення. Потім, одне із зображень зможе бути вибрано за допомогою команди "Int/Ext".

- Паралельно датчику типу P21 і датчику типу P22, кожен з яких дозволить отримати внутрішнє і зовнішнє зображення.

40 Схема фіг. 8A може також бути застосована до датчика типу P1 і в цьому випадку передбачаються три паралельні канали за кожним підсилювачем (щонайменше, віртуально). Один з каналів працює по часовому строб-імпульсу, що повторюється, позиціонується, як вказано в "Volum.» на фіг. 6B. Даний канал дозволяє контролювати глибинні дефекти, тобто такі, що знаходяться в товщі труби.

45 Два інших канали можуть працювати відповідно на часових строб-імпульсах, що повторюються, позицінуються як показано в "WphiExter0" і "WphiInter1" на фіг. 6B. Ці два інших каналу дозволяють здійснювати вимірювання товщі труби.

Між трьома каналами існують функціональні відмінності (віртуальні). Насправді, два інших вказаних канали можуть бути фізично однаковими, при цьому розрізняються моменти або строб-імпульси "WphiExter0" і "WphiInter1". Також можна використовувати одиночний фізичний канал, в якому розрізняють моменти або строб-імпульси "WphiExter0", "Volum.» і "WphiInter1".

Постараємося наочно і детально описати випадок застосування датчика типу P11 і датчика типу P12. Опис приведений нижче.

Відомо, що дві групи датчиків P11 і P12 служать для визначення подовжніх дефектів труб. Ультразвуковий контроль здійснюється за допомогою випромінювання ультразвуку (US) в двох переважних напрямках ("за годинниковою стрілкою" – "проти годинникової стрілки"):

55 - перший датчик або група датчиків P11 надає ультразвукове зображення труби у напрямі роботи ("за годинниковою стрілкою").

- другий датчик або група датчиків P12 надає ультразвукове зображення труби в протилежному напрямі роботи ("проти годинникової стрілки").

Також подовжні дефекти добре визначаються за допомогою двох датчиків або груп датчиків, осі пучків яких нахилені симетрично по відношенню до перпендикулярної площини осі труби. Нахил, наприклад, складає приблизно $\pm 17^\circ$. Це є прикладом застосування системи двох датчиків або двох груп датчиків, як вказано вище.

У варіанті здійснення фіг. 8В кожне вікно оцифровування 782 після підсилювача 781 може відрізнятися початком, тривалістю і частотою оцифрування, що визначають кількість n точок розглянутого сигналу Ascan. Кожне вікно оцифровування 782 надає кількість n пар інформації (амплітуда, час проходження) для кожного ультразвукового випромінювання. Буфер/мультиплексор 788 переносить сукупність всіх зібраних даних в паралелепіпедоподібний тривимірний графік 769, враховуючи відповідні положення датчиків у момент отримання сигналу, що здійснюється завдяки знанню геометричного розташування одних датчиків по відношенню до інших датчиків і завдяки інформації позиціонування труби/датчика у момент ультразвукового випромінювання 740.

Розглянемо тепер фіг. 9. Для першого значення контролю (вибраний рядок "sens1"), на зображеннях 903 і 904 представлений перетин (відповідно поперечний і подовжній) Bscan 3D труби, тривимірна геометрія труби, описаної нижче, від датчиків P11. Позиціонування цих перетинів зафіксоване завдяки параметрам "поперечний перетин в (мм)" і "подовжній перетин в (градусах)". Зображення 905 (внутрішнє) і 906 (зовнішнє) є Cscan, як визначено вище, зображення 905 (відповідно 906) сконцентровані на часовій зоні Ascan, в якій дефекти внутрішнього шару (відповідно і зовнішнього) повинні бути визначені. Необхідну інформацію по відтворення зображень 905 і 906 отримуємо з паралелепіпедоподібного Bscan 3D 891, зображеного на фіг. 11.

Зображення 901 є прозорим тривимірним зображенням Bscan 3D труби частини виробу, що перевіряється, для визначення в даній частині потенційно небезпечних зон, наприклад описаних нижче зон. Такі ж зображення 903 bis, 904 bis, 905 bis, 906 bis і 902 відтворені для другого значення контролю (рядок "sens2" включений), див. фіг. 9А.

Нагадаємо, що попередній опис відноситься до визначення дефектів в подовжному напрямі. Так само можна досліджувати і поперечні дефекти (з групами датчиків P21 і P22).

Розглянемо фіг. 11. Блоки зображень 901 і 902 отримані з паралелепіпедоподібних тривимірних графіків 891 і 892 за допомогою блоку трансформації 930, як зображено на фіг. 11А. Блок перетворювача 891, зображений на фіг. 11, відповідає збірці, зображений на фіг. 8А, для датчика P11. Блок перетворювача 892 також відповідає збірці, зображений на фіг. 8А, але він застосовується до датчика P12. Блоки перетворювачів 891 і 892 використовують дані в контексті труба/датчик блоку 740. Ці дані відносяться до характеристик труби, під час дослідження і до характеристик датчиків під час їх використання.

Блок трансформації 930 розташований нижче паралелепіпедоподібних тривимірних графіків 891 і 892 і має структуру, показану на фіг. 11А. Блок трансформації 930 здійснює часовий підрахунок протяжності розповсюдження хвилі в трубі, з урахуванням перетворення режимів у момент контакту ультразвукової хвилі і дефекту. При зіткненні, поперечна хвиля може трансформуватися в подовжню хвилю і навпаки. Блок трансформації 930 може визначати розповсюдження енергії акустичного пучка, ґрунтуючись на розрахунках коефіцієнтів передачі і віддзеркалення. Може бути виконаний аналіз частотного спектру Ascan. Блок трансформації 930 може включати базу даних 939 реальних або змодельованих зразків, що дозволяють проводити порівняння з отриманими тривимірними графіками. Блок трансформації 930 може відтворювати зображення Bscan 3D з геометрією труби.

Як показано на фіг. 11А, блок трансформації 930 включає два блоки 931 і 932 усунення зон не використовуваних в побудові Bscan 3D з тривимірного графіка, блок 931, оброблюючий дані тривимірних зображень 891 і блок 932, оброблюючий дані тривимірних зображень 892, два блоки 933 і 934 фільтрації за допомогою застосування часового змодельованого вікна, відповідно, нижче за блоки 931 і 932, блок теоретичної імітації 935, блок розрахунку допусків 937, який забезпечує блок зворотного алгоритму 936, блок 936 надає вказані раніше зображення 901 і 902.

Фільтрація блоками 931 і 932 дозволить понизити кількість оброблюваної інформації, при збереженні потенційно цікавих зон для тривимірного відображення. Фільтрація може бути здійснена в подовжному напрямі, починаючи від Cscan. Вибрана довжина може перевищувати довжину зони верхньої амплітуди з одним порогом. Також можна обробляти паралелепіпедоподібні Bscan 3D, що включають зону потенційного дефекту.

Фільтрація блоками 933 і 934 може бути здійснена при обмеженні часового вікна ехо-сигналами поверхні і глибини. Дані блоки фільтрації можуть також обмежувати потенційно цікаву кутову зону труби і, у разі потреби зміщувати ці зони для їх ідентифікації і для повного

відновлення потенційно цікавої зони. Зображення з блоків 933 і 934 є зменшеними зображеннями Bscan.

Блок теоретичної імітації 935 може включати базу даних імітацій, наприклад Ascan або Bscan 3D відповідно до типів дефектів і їх положення. База даних може включати змодельовані результати і/або результати свідчень природних і/або штучних дефектів. Блок зворотного алгоритму 936 може порівнювати теоретичні Ascan і Bscan 3D, що йдуть від блоку теоретичної імітації 935, і Ascan і Bscan 3D, отримані під час перевірки, з метою визначення найближчих теоретичних Ascan або Bscan 3D і, отже, найбільш можливого дефекту або дефектів. Як приклад, блок зворотного алгоритму 936 порівнює відібране експериментальне Ascan, відповідне подовжньому положенню і кутовому положенню, з теоретичними Ascan на тому ж подовжньому положенні. Як приклад, блок зворотного алгоритму 936 порівнює зображення Bscan 3D, отримане від зменшеного Bscan 3D, відповідного подовжньому положенню теоретичних зображень Bscan 3D в тому ж подовжньому положенні. Обидва порівняння можуть бути виконані. Краща система теоретичних представлень ехо-сигналів є системою з найменшим відхиленням щодо експериментальних даних.

Після блоку трансформації 930 зображені фільтри 921 і 922 (фіг. 11), що дозволяють також представити частини зображень і їх підготовчих даних, як їх вхідні дані, зібрані блоком контролера 960 для нейронної обробки або експертної обробки 970.

У описаному варіанті здійснення фільтр 921 включає: вихідні дані Zcur, що позначають робочу зону зображення. Вихідні дані використовуються функцією витягання 951, яка відповідно витягує частину зображення (Cscan) для зони Zcur і надає доступ до підготовки зображення 891 для отримання з нього інформації (Ascan), що була запам'ятована, щодо зони Zcur. Сукупність даних передається функцією витягання 951 на контролер 960, як вхідні сигнали нейронної або експертної обробки 970

- вихідні дані, що надають інформацію, отриману при фільтрації, при цьому, щонайменше, деяка інформація пов'язана із зоною Zcur. Дана інформація передається як вхідні сигнали до нейронної або експертної обробки

- факультативне виведення (переривиста лінія) додаткових фільтрованих даних до пам'яті 990.

Так само це використовується і для фільтру 922 з функцією витягання 952 для тієї ж поточної зони Zcur.

Нейронна система 970 живить логічну систему ухвалення рішення і тривоги 992, що управляє автоматизмом сортування і маркіровки 994. Можна передбачити інтерфейс інтерпретації 996 оператором, який може надавати всі дані або частину безперервних даних, що зберігаються в пам'яті 990 і відповідають частині труби під час контролю. Безперервні дані поступають в пам'ять 990 від фільтрів 921 і 922.

На додаток до прогнозу (походження, тип і важливість свідчення) нейронна система 970 надає оцінку довіри до даного прогнозу. Ця інформація доступна операторам, що мають в своєму розпорядженні в рівній мірі докладніші додаткові дані, такі як історія виконуваних команд або як проблеми, що виникають під час розробки виробу. Тому оператор або фахівець може також брати участь в обробці прогнозу.

На фіг. 11 показана обробка інформації, отриманої, щонайменше, від двох груп датчиків, що здійснюють одну функцію або призначених для одного типу контролю (дві групи P11 і P12 або 2 групи P21 і P22). Та ж схема може бути використана для обробки інформації, отриманої від більшої кількості груп датчиків, призначених для різного типу контролю. При цьому також зростає кількість оброблюваних одночасно зображень.

Перша функція фільтрів 921 і 922 ґрунтується на визначенні зон дефектів зображень 901 і 902. Загалом, фільтрація здійснюється для встановлення аналізованих зон, а також для того, щоб в даних зонах відрізнити дефекти від інших свідчень. Фільтрація здійснюється на двох подібних ділянках двох зображень. Обидва фільтри можуть працювати одночасно.

За допомогою сканування цифрового зображення ми в першу чергу визначаємо місцеположення зон зображення з потенційними дефектами. Тому можливо застосувати фіксований поріг за допомогою калібрування.

Можна використовувати поріг, що адаптується до рівня поточного шуму на зображенні. Спосіб заснований на теорії визначення сигналу в білому шумі, який може ґрунтуватися на двох гіпотезах:

Гіпотеза H0: вимірювання=білий шум середньої m_b і стандартне відхилення std_b

Гіпотеза H1: вимірювання=сигнал+білий шум.

Приступимо до статистичних тестів, що дозволяють визначити про яку гіпотезу H0 або H1 йде мова. Ці статистичні розрахунки здійснюються в реальному часі на n ковзаючих точках

зображення, відповідних послідовним випромінюванням. Число n може бути визначене опитним шляхом.

Згідно цьому способу (випадок іменований "адитивний білий шум гауса") ми можемо привести, як приклад, критерій Неймана-Пірсона для розпізнавання порогу визначення по
5 можливості даної помилкової тривоги (pfa). Це виражається приведеною формулою [21]. Для отримання порогу інвертують кумулятивну функцію гауса, звану також Q (або функція помилки erf) згідно приведеній формулі [22].

На практиці часто констатують присутність фонового шуму. Цей шум може бути викликаний багатьма причинами (наприклад: присутність води усередині труби, фон змінного струму,
10 акустичні явища, пов'язані із структурою матеріалу виробу, що перевіряється).

Використання змінного порогу дозволяє уникнути помилкових тривог, що з'являються при використанні фіксованого порогу.

Серед інших можливих помилкових свідчень, перешкоди характеризуються дуже короткими піками ультразвукових сигналів. Цих перешкод можна уникнути за допомогою простих
15 алгоритмів, що іменуються також алгоритмами кумулятивного розрахунку або інтеграторами (приклад: "n імпульсів перед тривою" або "подвійний поріг").

Заявник також розглянув "виток", що є маршрутом, по якому слідує датчик уздовж циліндрової поверхні, з якою ми порівнюємо трубу. Фільтрація може бути здійснена уздовж
20 кожного витка для зменшення відсотка помилкових тривог. Також ми використовуємо фільтр Баттерворта і/або дискретне перетворення Фур'є, таке як, наприклад, швидке перетворення Фур'є. Цей спосіб застосовується в кожному цифровому ряду.

Алгоритм такого ж роду може бути застосований уздовж труби.

Таким чином, положення потенційних дефектів визначені. При визначенні місцезнаходження дефекту, його положення відповідає аналізованому положенню зображень фіг. 9 (наприклад), з
25 тривимірним зображенням, поперечним перетином і осьовим перетином. Вказівки радіального положення/товщини (або просто внутрішнього, зовнішнього полягання або стану дефекту в товщі) можуть бути представлені як атрибути точок зображень. Таким чином, ми отримуємо:

- два двовимірні зображення представляючі можливі дефекти зовнішнього шару труби
- два двовимірні зображення, що представляють можливі дефекти внутрішнього шару труби,

і
30 - двовимірне зображення, що представляє можливі дефекти в товщині труби.

Тепер розглянемо "підтверджені" дефекти, після видалення перешкод і помилкових тривог.

Далі Заявник вважав за краще працювати із зоною зображення обмеженого розміру. Слід обмежити дану зону згідно даним існування отриманого дефекту.

Інакше кажучи, слід розташувати певні точки, як точки перевищуючі поріг, для визначення
35 повної зони навколо дефекту. Це необхідно, наприклад, для визначення похилого положення дефекту.

Алгоритм пов'язаний з різними етапами:

- визначення контура (наприклад, градієнт Робертса)
- 40 - дилатація (об'єднання близьких контурів)
- ерозія, а потім закриття допоможуть визначити захисний шар навколо дефекту
- останній етап оточення дозволяє повністю локалізувати дефект.

Для кожного дефекту отримуємо координати зони відповідного зображення, які можна буде використовувати для аналізу нейронної мережі застосованої далі.

45 На фіг. 12 представлена обробка зон зображень у вигляді діаграми потоку.

На початку зображень (801) маємо для обробки зони зображення від нуля до p , з підтвердженим дефектом. Операція 803 припускає наявність, щонайменше, однієї першої зони, що є поточною зоною обробки Z_{cur} в 805. Для даної зони Z_{cur} :

50 - операція 807 вибірково витягує дані зображень 901 і 902, відповідні даній зоні (визначається її координатами на зображенні)

- операція 809 вибірково витягує дані, використовувані в підготовці зображень 901 і 902 і відповідні зоні Z_{cur} . Приклади цих даних відповідають зоні Z_{cur} . Приклади цих даних будуть приведені нижче

55 - операція 811 здійснює нейронну або, власне кажучи, експертну обробку, яку ми розглянемо нижче

- отримані результати для зони Z_{cur} вибірково запам'ятовуються в 813, відповідно до позначення зони Z_{cur}

60 - тест 820 перевіряє наявність іншої призначеної для обробки зони зображення, і якщо така є, то обробка в 805 починається з цією іншою зоною, як і вказано в 821; якщо такої зони немає, обробка зображення або зображень припиняється (822).

У разі обробки датчика P1 існує тільки одне зображення, і це змінює кількість вхідних параметрів. З цієї міти обробка практично така ж.

Після визначення кожної зони Zsig, що цікавить, фільтрація може включати і інші функції. Для цих інших функцій на фіг. 13 схематично представлена взаємодія між фільтрацією і продовженням операцій, представлених на фіг. 11.

Фіг. 13 схожа на фіг. 11, але тільки для зображення 901. На фігурі представлені:

- елементи системи труба/датчики блоку 740

- екстрактор 951, який знаходить дані для зони Zsig на зображенні 901 і на його приготуванні 891

- блок внутрішній/зовнішній 7410, вказуючий чи знаходиться в зовнішньому або у внутрішньому шарі даний дефект зони Zsig.

Те, що фільтрація додає базам даних, визначено детальніше для кожної зони Zsig (блок 805), як це указує вміст кадру переривистою лінією:

- дослідження кута нахилу в блоці 941

- вказівка довжини дефекту в блоці 942

Також сюди можна додати:

- вказівка вирівнювання в C-Scan в блоці 945 і

- у блоці 946, вказівка існування інших дефектів в тому ж поперечному перетині труби.

У описаному варіанті застосування такі дані як 945 і 946 прямують в пам'ять 990. Інші дані йдуть до нейронних мереж або експертних систем 970. Ці дані розділені на дві функції і це представлено нижче.

Дефект в трубі може бути визначений положенням, типом і важливістю, часто порівнюваною з глибиною. У описаному варіанті застосування тип і ступінь глибини дефекту труби визначені окремо за допомогою двох нейронних процесів тієї ж загальної структури, що і приведена в наступному прикладі структура.

Типовий приклад дефекту оброблений згідно фіг. 14, тоді як особливий тип дефекту оброблений згідно фіг. 15.

Типи дефектів можуть бути визначені, наприклад, способом, представленим на фіг. 10A-10D. Дані фігури показують чотири типи, складових спрощуючий вибір по відношенню до списку дефектів, представлених API, які можуть утворитися унаслідок процесів вироблення труби. Нижче ми представили позначення, які можуть описати природу дефектів і які будуть зрозумілі фахівцям. Також ми бачимо, що дефекти типів 1 і 3 мають пряму форму, а дефекти, представлені на зображеннях 2 і 4 мають зігнуту форму (хорда).

Відповідність між реальними дефектами і чотирма описаними вище типами може бути визначена таким чином:

На російському	На англійському	Призначення
Зарубка	Notch	ТИП 1
Тріщина	Crack	ТИП 1
Перпендикулярна або пряма окалина/прокатна плена	Seam (perpendicular)	ТИП 1
Окалина/прокатна плена	Seam (arcuate), "overlap	ТИП 2
Задирок	Sliver	ТИП 3
Розкатане забруднення	Rolled-in-slug	ТИП 4
Подряпина	Gouge	ТИП 4
Вкраплення	Inclusion	ТИП 4
Брак матеріалу	Bore-slug	ТИП 4
Нахльостування	Lap	ТИП 4

У даному описі фіг. 14 і 15 використовують два нейронні контури з трьома проміжними нейронами (або "захованими нейронами"), відміченими NC121-NC123 для фіг. 14 і NC 141-NC 143 для фіг. 15.

Фіг. 14 і 15 мають певну кількість входів. Для полегшення розуміння входи представлені різними лініями.

Подвійні лінії указують, що використовуються множинні входи, тобто вони повторюються для кожної зони Zsig.

Перш за все, в блоці 7410, згідно розглянутому стану селекторів 763, утворюється інформація, вказуюча на те, внутрішній або зовнішній шар стінки труби аналізується. Дану інформацію можна також отримати за допомогою Bscan 3D.

Друга категорія загальних вхідних даних включає вказані величини з блоку 740 (фіг. 13):

- у блоці 7401, WT/OD, являє собою відношення товщини стінки до діаметру труби
- у блоці 7402, Freq є частотою роботи ультразвукових зондів
- у блоці 7403, ProbDiam є корисним діаметром ультразвукових зондів.

Третя категорія загальних величин включає кількості, отримані від фільтрації, які можна розглядати як загальні величини двох датчиків 921 і 922 (або більш). Наприклад, візьмемо середнє значення результатів двох датчиків або самий значущий результат (максимум/мінімум, згідно злучаю). Ці кількості є величинами в блоці 9201, нахилом дефекту і його довжиною в 9202. Ці дві величини легко уловимі на двох зображеннях, зображених на фіг. 9, і мають дзеркальну симетрію.

Тепер розглянемо тільки фіг. 14. Наступна категорія величин включає величини різних вимірювань, для кожного з двох датчиків (або групи датчиків), і для кожної із зон Zcur, що і представлено на фігурі подвійною лінією.

Для першого датчика маємо:

- у блоці 9511, K1, що є відношенням між максимальною амплітудою ультразвукового сигналу зони Zcur і зображенням 901, по відношенню до максимальної амплітуди вказаного "еталонного контрольного дефекту". Насправді, в прикладі, амплітуда кожного пікселя зображення 901 визначається цим відношенням; K1 у такому разі є просто максимумом амплітуди зони Zcur зображення 901; позначимо точку максимуму зони Zcur як Pmax1.

- У блоці 9512, QBE1 є величиною C-scan, названою QuantBumpsEchodyn, що представляє максимальне число зустрінутих місць в зоні Zcur зображення 901 поблизу точки Pmax1 максимальної амплітуди. Дане число QBE1 обмежене максимумом отриманих місць поряд з Pmax1, з однієї і з іншої сторони, але зменшення сигналу нижче відповідного рівня фонового шуму не допускається. QBE1 прийматиме або значення 1 або значення 2.

Ці дві величини отримують із зображення 901 за допомогою екстрактора 951, як і представлено в примітках 951 (901). Додають:

- у блоці 9518, RT1, яка є величиною що представляє час підйому ехо-сигналу в природний ультразвуковий сигнал, званий Ascan (мова йде про проміжок часу між моментом, в якому сигнал досягає максимуму і останнім моментом, який передую моменту, в якому сигнал знаходиться на рівні фонового шуму; час вимірюється в мікросекундах). Дана величина RT1 була раніше зміряна на виході відповідного підсилювача 73 (фіг. 8A); вона зберігалася, наприклад, в 891, відповідно до певної точки труби. Також можна отримати цю величину вибірково з екстрактора 951. Величина RT1 тепер може бути безпосередньо зміряна оператором по зображенню 903, зображеному на фіг. 9, або ж по паралелепіпедоподібному зображенню Bscan 3D.

Для другого датчика маємо:

- у блоці 9521, K2, визначене як K1 для зображення 902 замість зображення 901. У прикладі K2 є максимумом амплітуди зони Zcur зображення 902; позначимо точку максимуму Zcur як Pmax2.

- У блоці 9522, QBE2 визначається як QBE1, але на зображенні 902 замість зображення 901 і поряд з Pmax2. Тут також зазвичай QBE2 прийматиме або значення 1 або значення 2.

Ці дві величини отримують із зображення 902 за допомогою екстрактора 952. Додають:

- у блоці 9528, RT2, яка є величиною що представляє час підйому ехо-сигналу в природний сигнал, званий Ascan. Як і раніше дана величина RT2 вимірювалася на виході відповідного підсилювача 73 (фіг. 8A); вона зберігалася, наприклад, в блоці 892, відповідно до певної точки труби. Також можна отримати цю величину вибірково за допомогою екстрактора 952. Величина RT2 тепер може бути безпосередньо зміряна оператором по зображенню 903A, зображеному на фіг. 9, або ж по паралелепіпедоподібному зображенню Bscan 3D.

Останній вхід 958 нейронної мережі є постійною величиною, названою ConstantA, константою, що є, визначеною під час регулювання моделі і на основі опиту.

Вихід 998, зображений на фіг. 14, показує тип дефекту і його середнього нахилу (визначеного за типом).

Якщо ступінь глибини (або важливості) дефекту обробляється згідно фіг. 15. Використовуються ті ж вхідні дані, що і для фіг. 14, окрім:

- для першого датчика, блок 9512 замінюється блоком 9513, який обробляє величину EW_1 або EchodynWidth, шириною, що є, з половинною висотою (50 %) форми еходинамічної хвилі для першого датчика. Дану величину EW_1 отримуємо з Cscan;

- крім того, для другого датчика, блок 9522 замінюється блоком 9523, який обробляє величину EW_2 або EchodynWidth, шириною, що є, з половинною висотою (50 %) форми еходинамічної хвилі для цього другого датчика;

- константа, звана ConstantB, для 959 відрізняється;

- вихід 999 указує значущість дефекту і іменується DD.

Також відзначимо, що в двох випадках (фіг. 14 і 15) даний нейронний контур 970 обробляє частину зображення 951, отриманого однією групою ультразвукових датчиків, а також частину зображення 952, відповідну тій же зоні, отриманій від іншої групи датчиків.

5 Заявник відзначає, що існує можливість отримати задовільні результати за умови відповідного регулювання параметрів експертної системи, наприклад, нейронних контурів і, при необхідності, їх кількості для оптимізації прогнозу.

До того ж, заявник стверджує, що за допомогою поєднання інформації, зібраної з різних нейронних мереж, можливо отримати точніший прогноз.

10 В цілому, параметри входу нейронної мережі або експертної системи є характеристиками двох тривимірних зображень (відношення максимальної амплітуди до еталонної амплітуди, ширини ехо-сигналу, напряду ехо-сигналу характерного для нахилу дефекту...) і контролю (датчик, розміри труби.).

15 Вихідними параметрами є характеристики дефектів (глибина, нахил/тип). Ухвалення рішення і/або тривога 992 можуть бути ініційовані автоматично за допомогою вибраних критеріїв рішень, на основі порогів, підібраних по коефіцієнту безпеки у разі потреби. Для визначення порогів можна використовувати результати опиту.

Тепер розглянемо фіг. 16, на якій представлена модель елементарного нейронного контура, зображеного на фігурах 14 і 15, для двох датчиків.

20 Дана модель включає рівень або вхідний шар IL ("Input Layer"), який перегрупує всі вхідні параметри (часто іменовані "вхідні нейрони"). Щоб не перенавантажувати фігуру, представимо на ній тільки три нейрони E1-е3, і константу, яку можна розглянути як нейрон E0. Дана константа найчастіше називається "зсувом". На практиці вхідні нейрони численніші, відповідно до фіг. 14 або до фіг. 15, залежно від випадку.

25 Потім слід передбачити, щонайменше, один рівень або шар HL ("Hidden Layer" або "прихований шар") включає k нейронів (з яких представлено всього 2 нейрони для спрощення зображення).

Потім слідує вихідний нейрон S1, що надає вирішення у вигляді характерної величини важливості дефекту труби, наприклад, подовжнього дефекту. Даний вихід відповідає блоку 998, зображеному на фіг. 14, і 999, зображеному фіг. 15.

Відзначимо, що "нейрон" – константа E0, застосовується не тільки для урівноваження одного або декількох прихованих шарів HL, а також і для вихідного нейрона (вихідний шар OL або "Output Layer").

35 Загальні характеристики нейронного контура подібного використовуваному тут, представлені у формулі [11] додатку 1, де w_{ij} є прийнятою вагою сигналу X_i , на вході нейрона j .

У передбаченому контурі елементарний нейрон діє по формулі [12], як показано схематично на фіг. 17.

Вихід S1, зображений на фіг. 16, надає собою величину, що розраховується, відповідну формулі [13] додатку 1.

40 Опитним шляхом заявник відрегулював приховані нейрони і їх ваги так, щоб функція f стала безперервною, нелінійною, такою, що диференціюється і обмеженою функцією. Функція арктангенса є переважним прикладом в даному випадку.

Відомо, що нейронна мережа визначає свої коефіцієнти w_{ij} , звані, зазвичай, синапсами, отриманими за допомогою опиту. Даний опит повинен привести від 3 до 10 разів більше прикладів, чим існує, покриваючи тим самим область бажаних умов роботи.

45 За допомогою прикладів E_p (p =від 1 до M) визначимо для кожного прикладу проміжок D_p між величиною S_p , отриманою з нейронного контура і дійсною величиною R_p , зміряною або визначеною експериментально. Це все відноситься до формули [14].

Ефективність роботи нейронного контура визначається загальною величиною проміжку S_d , званою "вартість". Якість може виражатися, наприклад, по формулі [15] як загальна величина зваженого квадратичного відхилення.

З опиту відомі різні проблеми в таких випадках як контроль дефектів в трубах, а саме у випадках, коли мова йде про важку техніку, як вже мовилося вище.

55 Перш за все, заявник виконав перший опит по імітації. Для цього можна використовувати програму CIVA, розроблену і представлену на ринок Комісаріатом Атомної Енергії Франції. Перший опит дозволив позначити впливаючі параметри і сформулювати першу версію нейронної мережі на основі віртуальних дефектів. При цьому функція "вартості" була оптимізована.

Потім заявник виконав другий опит, що включає результати, отримані на імітації і на штучних дефектах, тобто спеціально створених дефектах в реальних трубах. Другий опит

дозволяє сформувати другу версію нейронної мережі, в якій функція "вартості" була рівномірно оптимізована.

Заявник також сумістив результати, отримані з штучних дефектів і з сукупності дефектів, що зустрічаються на реальних трубах. Дані дефекти були точно визначені за допомогою вимірювань, виконаних після процесу виготовлення. Третя фаза дозволила ухвалити третю версію нейронної мережі. Дана версія використовувалася для контролю при виготовленні. У будь-якому випадку під час її застосування на новій або змінній установці, необхідно буде виконати її "настройку" за допомогою дванадцяти штучних зразків, що включають всю гамму оброблюваних дефектів. Внаслідок чого відбувається оптимізація.

Фіг. 11, 12, 14 і 15 описані в контексті датчиків P11 і P12.

Той же принцип може бути застосований до групи датчиків P1. В цьому випадку вже не буде зображення 2, і мережа матиме менше вхідних параметрів, як було вказано вище. Описані контури для двох датчиків можуть бути використані для одного датчика, але без вхідних параметрів для частини "Зображення 2".

Той же принцип може бути застосований і для двох груп датчиків P21 і P22, що визначають поперечні дефекти з урахуванням того факту, що датчики нахилені для цього типу визначення (наприклад $\pm 17^\circ$) до площини, перпендикулярної осі труби.

Очевидно, що в кожному випадку відбувається цифрова обробка типу зображеного на фіг. 11 за винятком елементів 992-996. Ця обробка повністю позначена за допомогою 763 і відповідно до фіг. 8, де вона слідує за блоками 764 і 766.

Також ми отримуємо вузол, подібний до вузла, представленого на фіг. 18, що включає:

- для датчика P1, фазу обробки 763-1, з подальшою фазою ухвалення рішення і тривоги 764-1;
- для датчика P11 і P12, фазу обробки 763-10, з подальшою фазою ухвалення рішення і тривоги 764-10;
- для датчиків P21 і P22, фазу обробки 763-20, з подальшою фазою ухвалення рішення і тривоги 764-20;
- три фази 764-1, 764-10 і 764-20 були спільно представлені за допомогою автоматичної установки відбору і тривоги 767.

Варіант здійснення, зображений фіг. 18, полягає в тому, що передбачається одна фаза "Ухвалення рішення і тривога", з безпосереднім використанням вихідних даних трьох фаз обробки 763-1, 763-10 і 763-20.

Простіше кажучи, неруйнуючий контроль здійснюється "на льоту", тобто у міру того, як труба проходить по установці контролю. Рішення, викликане обробкою інформації описано вище і може бути прийнято також у міру того, як труба проходить через установку контролю (з параметром рішення-тривога і відміткою "на льоту"); у даному варіанті здійснення ухвалення даного рішення відбувається після того, як вся довжина труби буде перевірена, або навіть ще пізніше (після контролю сукупності групи труб, наприклад); кожна труба буде визначена і ідентифікована (наприклад, порядковий номер). В цьому випадку необхідно, щоб отримана інформація була записана (збережена в пам'яті). Збереження може бути виконане з метою подальшого аналізу кваліфікованим фахівцем, який може ухвалити рішення після аналізу записаних і оброблених результатів однією або декількома нейронними мережами.

Звісно, з урахуванням властивостей нейронних контурів, можна перегрупувати, щонайменше частково, сукупність нейронних контурів (з обробок 763-1, 763-10 і 763-20) в один нейронний контур зі всіма бажаними вхідними даними.

Описаний варіант здійснення безпосередньо використовує нейронні мережі як приклад експертних систем. Винахід не обмежується представленим варіантом здійснення. Тут, вираз "пристрій типу нейронного контура" може охоплювати інші способи аналізу нелінійних даних, як з нейронними контурами, так і без них.

Загалом, перетворювач може включати вхідні дані максимальної амплітуди в селекторі і вхідні дані відповідного часу проходження. Вказані вхідні дані можуть надавати достатньо даних для вирішення відповідності або невідповідності виробу.

Блок трансформації може включати елемент видалення непотрібних даних, елемент фільтрації помічених зон, імітатор і елемент інтерпретації. Зниження кількості інформації дозволяє отримати вищу швидкість обробки.

Імітатор може включати елемент теоретичної імітації, пристрій розрахунку допуску і зворотний алгоритм.

Вихідний каскад включає:

- контролер, призначений для підготовки цифрових вхідних даних для нейронного контура з частини зображень, відповідних зоні передбачуваного дефекту і властивостям передбачуваного дефекту в даній зоні, отриманих з фільтру і даних контексту,

5 - щонайменше, одну схему типу нейронного контура, одержуючу робочі вхідні дані від контролера

- цифровий каскад ухвалення рішення і тривоги, що працює на базі вихідних даних схеми типу нейронного контура, і

- автоматичний пристрій відбору і маркіровки, призначений для відбракування і маркіровки виробів, визнаних непридатними цифровим каскадом ухвалення рішення і тривоги.

10 Тут описаний переважний варіант запропонованої системи для випадку неруйнуючого контролю під час виготовлення труб без зварки. Ті ж способи зокрема можуть застосовуватися до довгих металургійних виробів не обов'язково представлених у формі труб.

15 У разі зварних труб або інших зварних виробів (наприклад, листове залізо або пластини), система також здатна визначити межі зварних швів і, отже, визначити можливі дефекти зварних швів. З іншого боку, дефекти, розташовані за межами зварних швів, які можуть відповідати вже наявним вкрапленням на базовій заготовці (або виробі) можуть бути визначені іншими способами.

Додаток
Перетин 1

$$Y_i = F \left(\sum_j w_{ij} X_j \right) \quad (11)$$

$$S_1 = F \left(\sum_{i=1}^N E_i w_i + w_0 \right) \quad (12)$$

$$S = \sum_{i=1}^k S_i w'_i + w'_0 \quad (13)$$

$$D_p = S_p - R_p \quad (14)$$

$$Cg = \frac{\sum_{p=1}^{p=M} D_p^2}{2 M} \quad (15)$$

20

Перетин 2

$$pfa = \int_{seuil}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} std_b} e^{-\frac{x-m_b^2}{2 std_b^2}} dx = Q \left(\frac{seuil - m_b}{std_b} \right) \quad (21)$$

$$seuil = std_b Q^{-1}(pfa) + m_b \quad (22)$$

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

25

1. Установка підготовки до експлуатації для неруйнуючого контролю під час і після закінчення виготовлення металургійних виробів, таких як труби або інші довгі вироби, при цьому дана установка призначена для збору інформації про можливі дефекти виробу із зворотних сигналів (73), що враховуються і посилюються ультразвуковими передавальними датчиками, що послідовно збуджуються (70) по вибраному часовому закону, при цьому ультразвукові приймаючі датчики утворюють схему вибраної геометрії і знаходяться в зв'язку за допомогою

30

ультразвука з виробом через рідке середовище з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою розташування датчиків, яка **відрізняється** тим, що включає:

- перетворювач (891; 892), здатний вибірково виділяти цифрове представлення можливих ехо-сигналів у вказаних часових вікнах, залежно від відносного обертально/поступального руху, і отримувати звіт зображення можливих дефектів виробу, при цьому вказане уявлення включає амплітуду і час проходження одного ехо-сигналу, і здатний генерувати паралелепіпедоподібний тривимірний графік,

- блок трансформації (930), здатний генерувати тривимірне зображення (901; 902) можливих дефектів в трубі на підставі тривимірного графіка і бази даних,

- фільтр (921; 922), здатний визначити на зображеннях (901; 902) зони передбачуваного дефекту (Zcur), а також властивості кожного передбачуваного дефекту, і

- вихідний каскад, налаштований на генерування сигналу відповідності або невідповідності виробу.

2. Установка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що перетворювач (891; 892) включає вхідний сигнал максимальної амплітуди в селектор і відповідний вхідний сигнал часу проходження.

3. Установка за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що блок трансформації включає елемент видалення непотрібних даних, елемент фільтрації певних зон, імітатор і елемент інтерпретації.

4. Установка за п. 3, яка **відрізняється** тим, що імітатор включає елемент теоретичної імітації, пристрій розрахунку допуску і зворотний алгоритм.

5. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що вихідний каскад включає:

- контролер (960), виконаний для підготовки цифрових робочих вхідних даних з частини зображень (951; 952), відповідних зоні передбачуваного дефекту (Zcur) і властивостям передбачуваного дефекту в тій же зоні, отриманих з фільтра (921; 922),

- щонайменше одну схему типу нейронного контуру (970), одержуючи робочі вхідні дані від контролера (960),

- цифровий каскад ухвалення рішення і тривоги (992), що працює на базі вихідних даних схеми типу нейронного контуру (970), і

- автоматичний пристрій відбору і маркіровки (994), призначений для відбракування і маркіровки виробів, визнаних непридатними цифровим каскадом ухвалення рішення і тривоги.

6. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що вказана установка експлуатації включає два перетворювача (891, 892) відповідно призначені для схем розміщення ультразвукових датчиків (P11, P12; P21, P22) вибраної геометрії (P11, P12; P21, P22), встановлених в ультразвуковому зв'язку практично в дзеркальній симетрії по напрямку їх відповідних ультразвукових пучків, і контролер (960), призначений для вибіркової роботи з ехо-сигналами внутрішнього шару або з ехо-сигналами зовнішнього шару, або з ехо-сигналами, що прийшли з маси труби, і в той же час для роботи з даними, що належать до однієї або іншої схем розташування датчиків.

7. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що перетворювач (891; 892) встановлений для вибіркового ізолювання цифрового представлення можливих максимумів ехо-сигналів в часових вікнах, які відповідають ехо-сигналам внутрішнього шару, ехо-сигналам зовнішнього шару, а також ехо-сигналам, що йдуть з маси труби, відповідно, і контролер (960) встановлений для вибіркової роботи з ехо-сигналами внутрішнього шару або з ехо-сигналами зовнішнього шару або з ехо-сигналами, що йдуть з маси.

8. Установка по одному з пунктів, яка **відрізняється** тим, що контролер (960) отримує щонайменше один вхідний сигнал (9511; 9521), що належить до екстремуму амплітуди зображення зони передбачуваного дефекту.

9. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що фільтр (921; 922) встановлений для отримання характеристик нахилу і довжини кожного передбачуваного дефекту, при цьому контролер (960) отримує вхідні сигнали, відповідні нахилу дефекту (931) і довжині дефекту (932).

10. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що фільтр (921; 922), контролер (960), нейронний контур (970) і цифровий каскад ухвалення рішення і тривоги (992) встановлені з можливістю повторного функціонування в послідовності зон передбачуваних дефектів (Zcur), визначених вказаним фільтром (921; 922).

11. Установка за п. 10, яка **відрізняється** тим, що фільтр (921; 922), контролер (960), нейронний контур (970) і цифровий каскад ухвалення рішення і тривоги (992) встановлені для альтернативного функціонування на внутрішньому шарі і на зовнішньому шарі труби.

12. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що вказана схема типу нейронного контуру включає:

- перший нейронний контур (NC121-NC123), здатний визначити природу дефекту серед безлічі зумовлених класів, і

- другий нейронний контур (NC141-NC143), здатний визначити важливість дефекту.

13. Установка за п. 12, яка **відрізняється** тим, що два нейронні контури мають наступні вхідні дані:

- вхідні дані (9512; 9522) максимальних сусідніх значень для першого нейронного контуру, і

- вхідні дані (9513; 9523) ширини ехо-сигналів для другого нейронного контуру.

14. Установка по одному з попередніх пунктів 12 і 13, яка **відрізняється** тим, що вихідні дані двох нейронних контурів об'єднані для уточнення прогнозу.

15. Установка по одному з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що посилка і прийом ультразвукових сигналів здійснюються кожного разу одним і тим же датчиком щонайменше для однієї частини схеми розташування датчиків.

16. Пристрій неруйнуючого контролю труб під час виготовлення і в готовому стані, що включає:

- схему розташування ультразвукових датчиків вибраної геометрії, встановлених в ультразвуковому зв'язку з трубою через середовище, що пов'язує, і з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою розташування датчиків,

- контури для вибіркового збудження (70) елементів датчиків по вибраному часовому закону і для збору (73) зворотних сигналів, що враховуються, і

- установку підготовки до експлуатації по одному з попередніх пунктів.

17. Спосіб неруйнуючого контролю металургійних виробів, таких як труби або інші довгі вироби, під час виготовлення і в готовому стані, що включає етапи, на яких:

а) виконують схему розташування ультразвукових датчиків вибраної геометрії, встановлених в ультразвуковому зв'язку з трубою через середовище, що пов'язує, і з відносним обертально/поступальним рухом між трубою і схемою датчиків,

б) вибірково збуджують (70) елементи датчиків по вибраному часовому закону,

в) збирають (73) прийняті зворотні сигнали з метою вибіркового аналізу зворотних сигналів (760-766) для отримання з них інформації про можливі дефекти труби, при цьому дана інформація включає амплітуду і час проходження щонайменше одного ехо-сигналу, і з метою генерування паралелепіпедоподібного тривимірного графіка,

г) вибірково виділяють цифрові представлення можливих ехо-сигналів у вказаних часових вікнах, за допомогою відносного обертально/поступального руху (891; 892) і отримують звідти тривимірне зображення (901; 902) можливих дефектів в трубі ґрунтуючись на паралелепіпедоподібному тривимірному графіку і на базі даних,

е) генерують сигнал відповідності або невідповідності виробу.

18. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що етап е включає етапи, на яких:

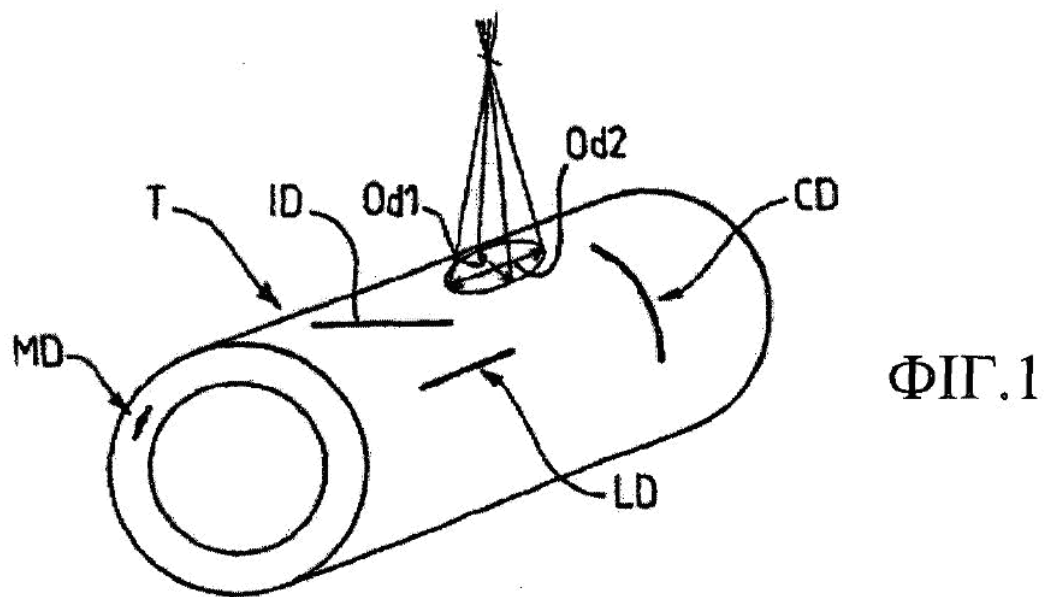
е1) фільтрують (921; 922) зображення (901; 902) по вибраних критеріях відбору з метою визначення зон передбачуваних дефектів (Z_{sur}), а також властивостей кожного передбачуваного дефекту,

е2) формують (960) цифрові робочі вхідні дані з частини зображень (951; 952), відповідних зоні передбачуваного дефекту (Z_{sur}), властивостей передбачуваного дефекту тієї ж зони після фільтру (921; 922), і даних контексту (740),

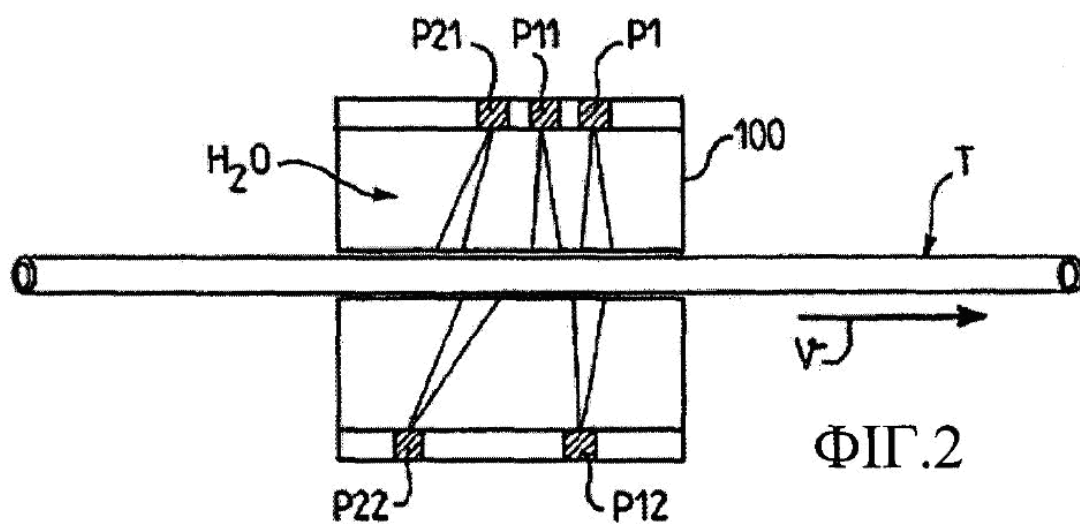
е3) застосовують сформовані (960) вхідні дані щонайменше до однієї схеми типу нейронного контуру (970),

е4) проводять цифрову обробку вихідних даних схеми типу нейронного контуру (970) по критеріях ухвалення рішення, з метою вибору рішення і/або сигналу тривоги (992), і

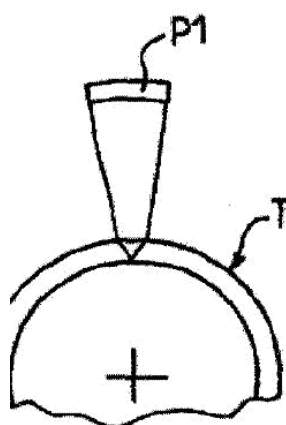
е5) відбраковують і маркують труби, визнані незадовільними на етапі 4.



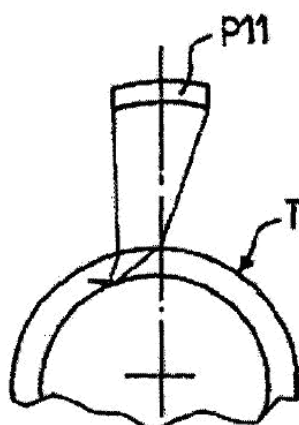
ФІГ.1



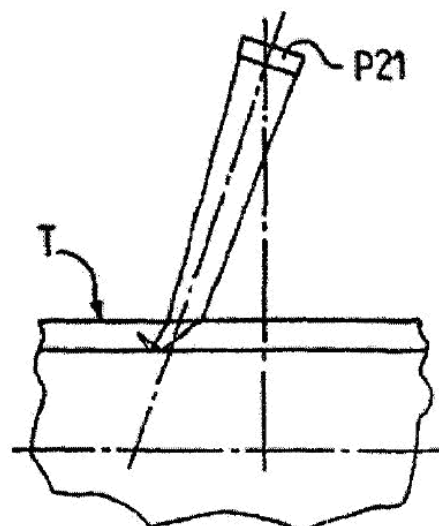
ФІГ.2



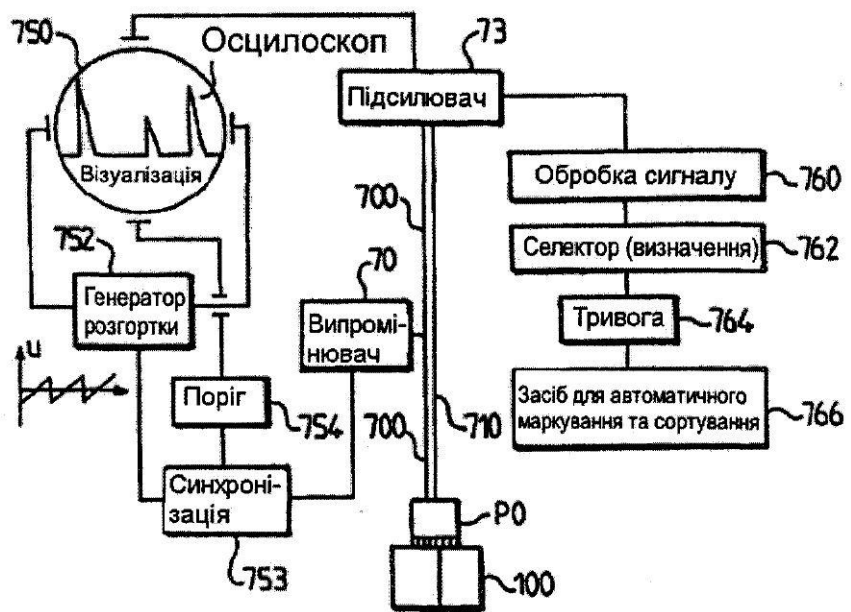
ФІГ.3А



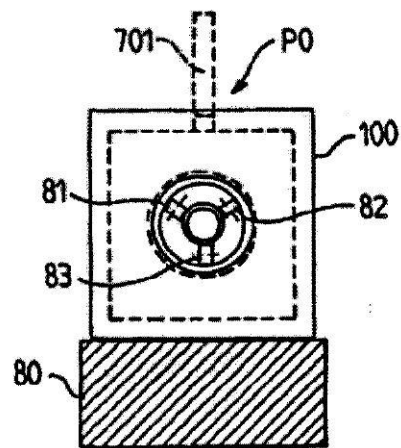
ФІГ.3В



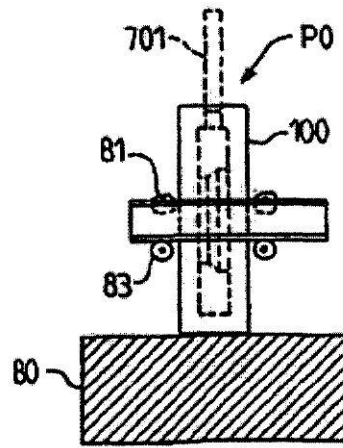
ФІГ.3С



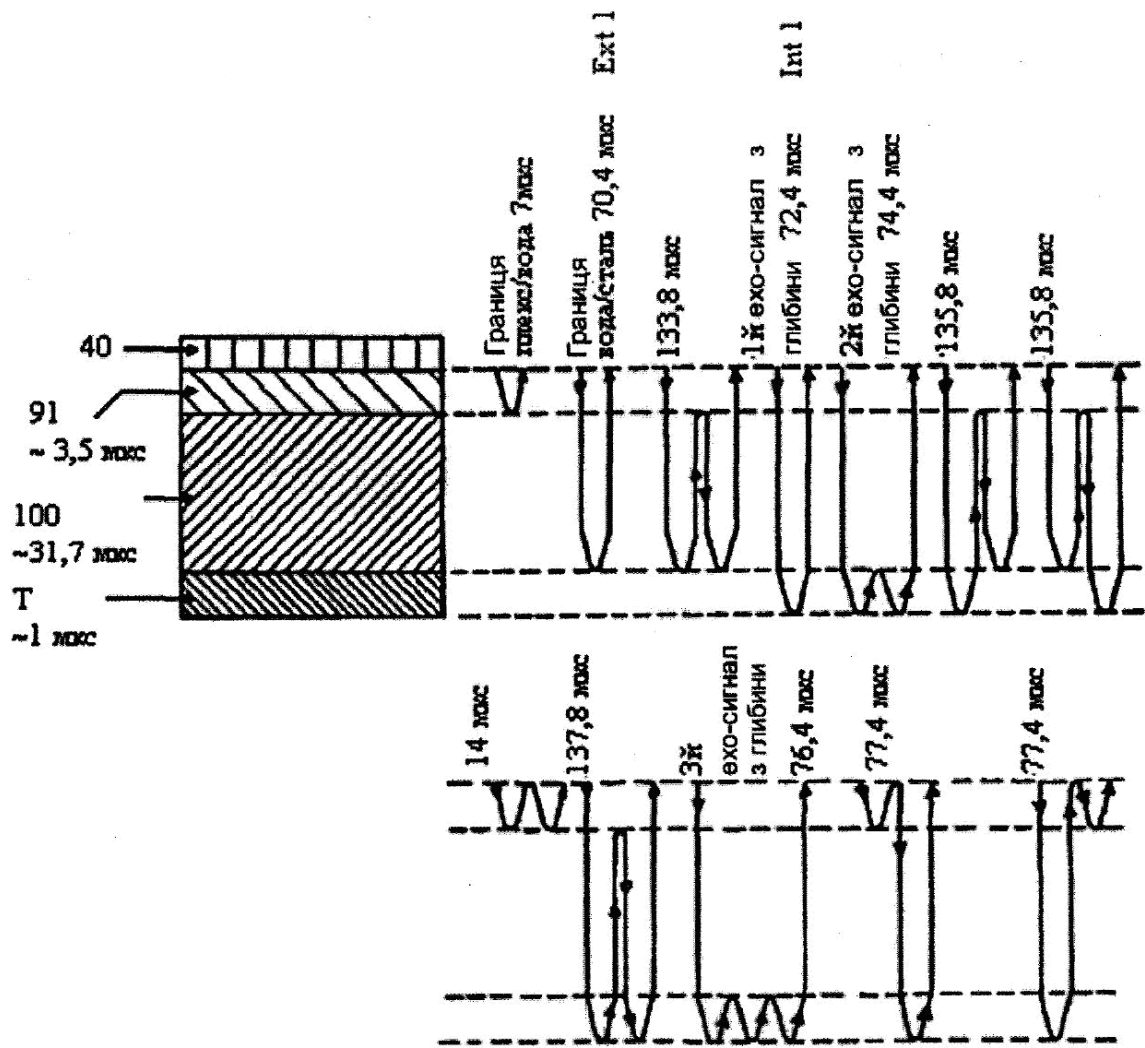
ФІГ.4



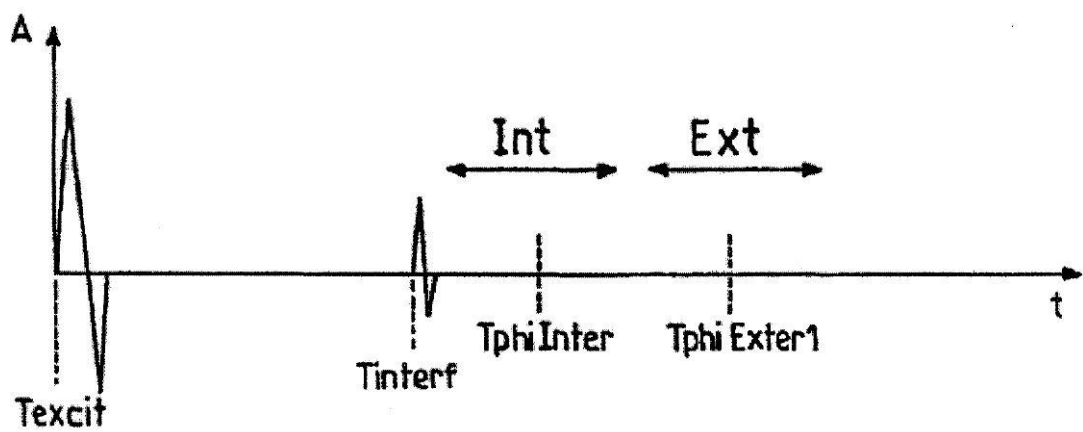
ФІГ.5А



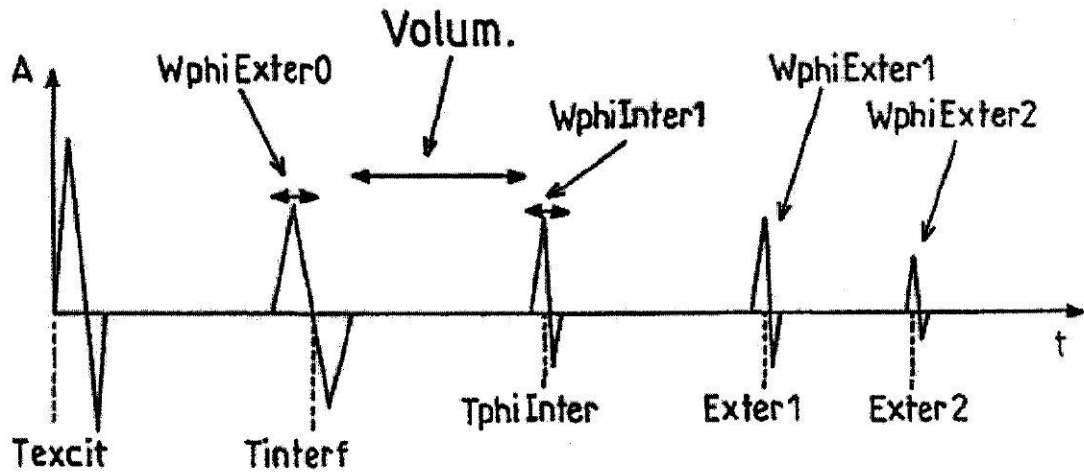
ФІГ.5В



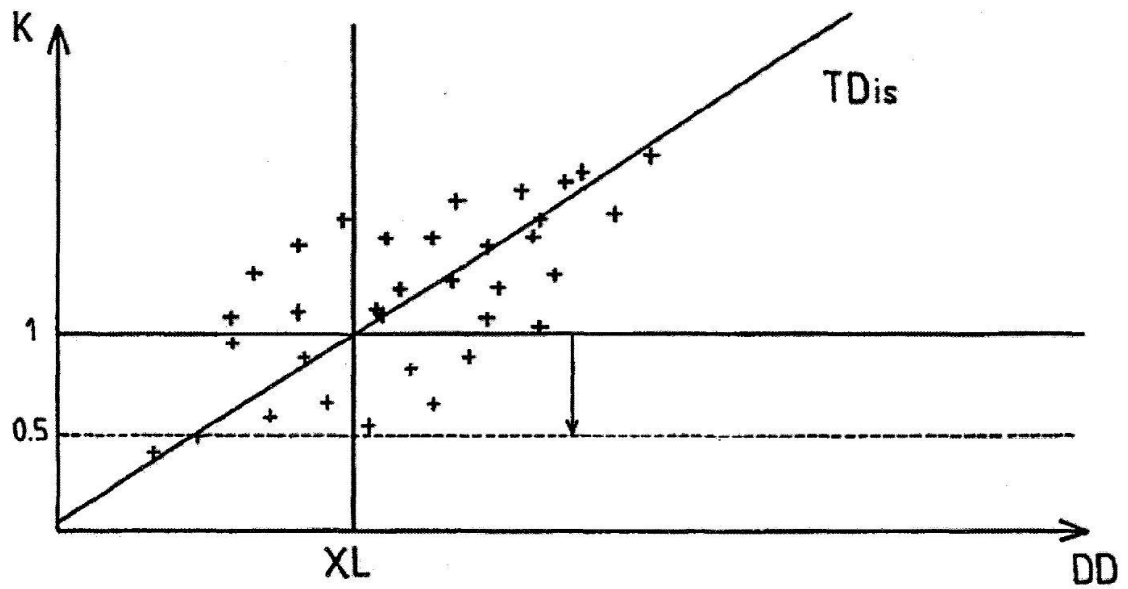
ФИГ.6



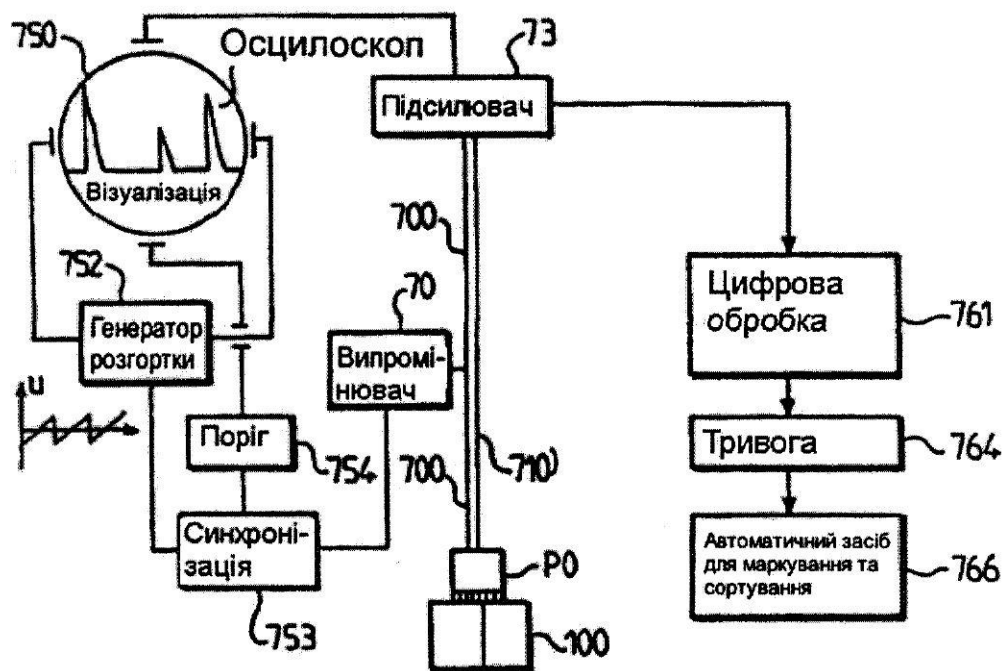
ФИГ.6А



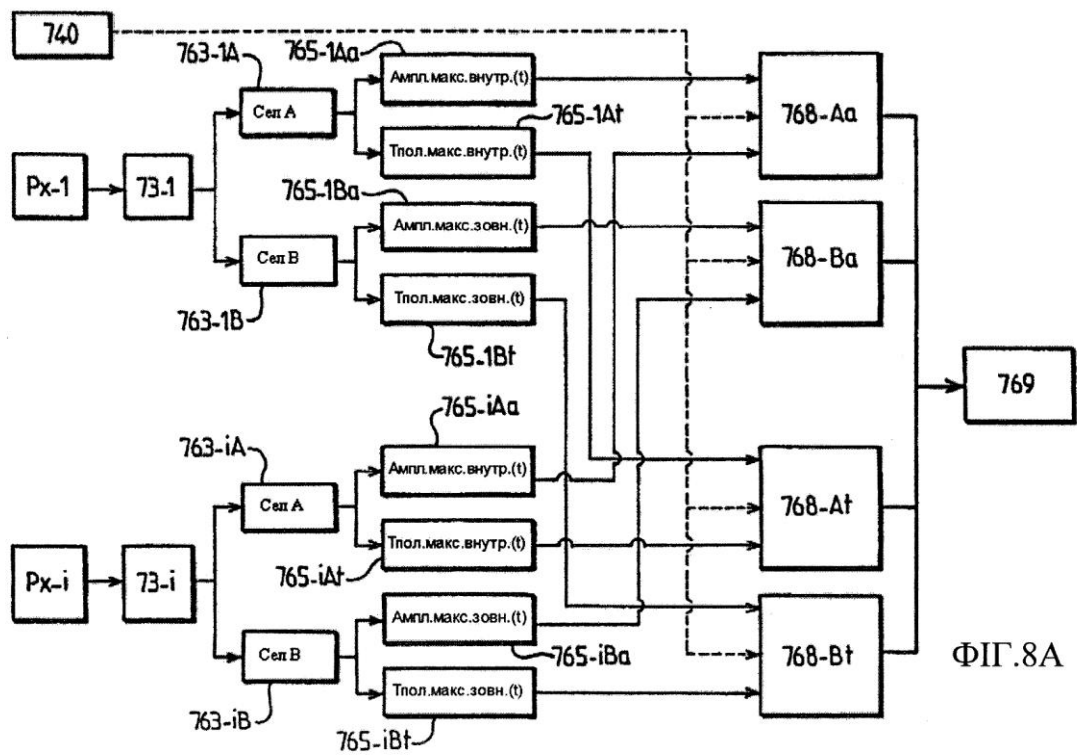
ФИГ.6В

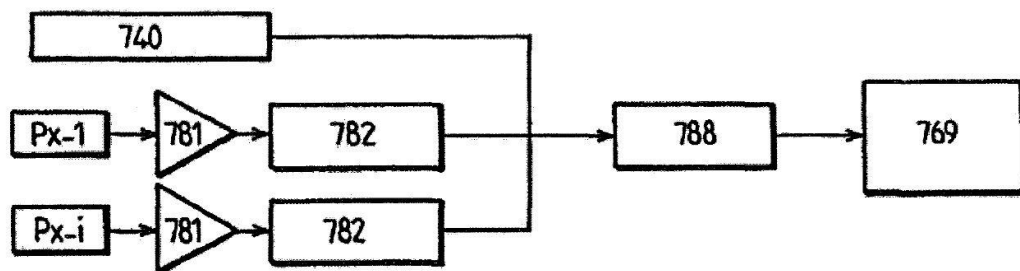


ФИГ.7

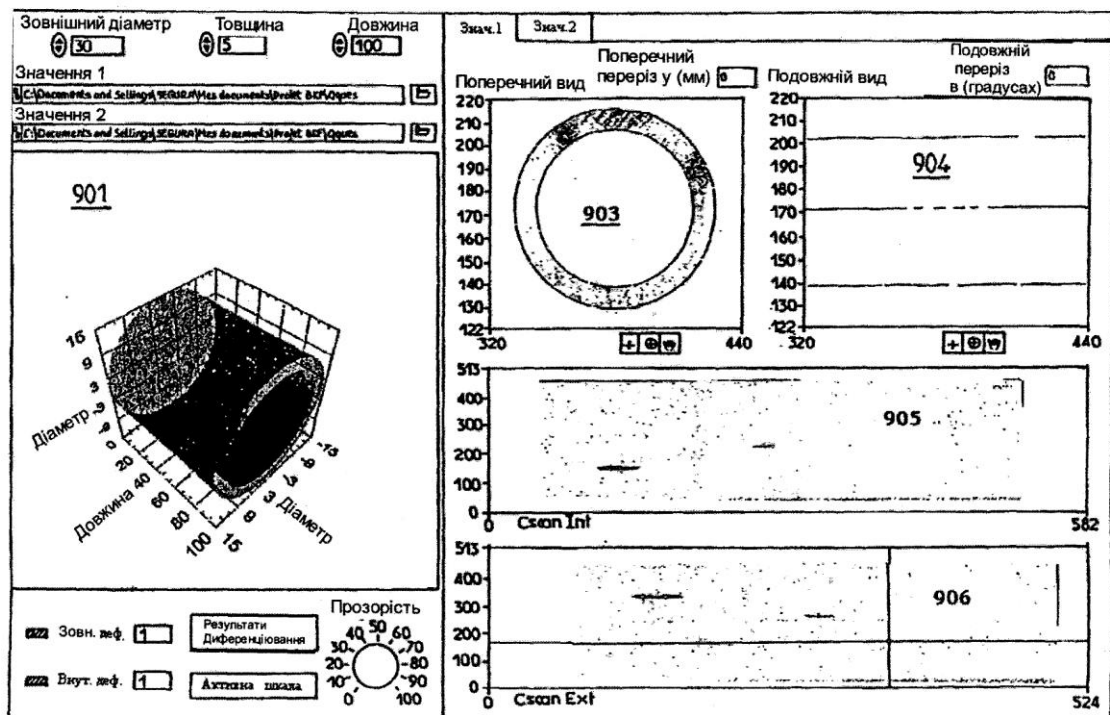


ФІГ. 8

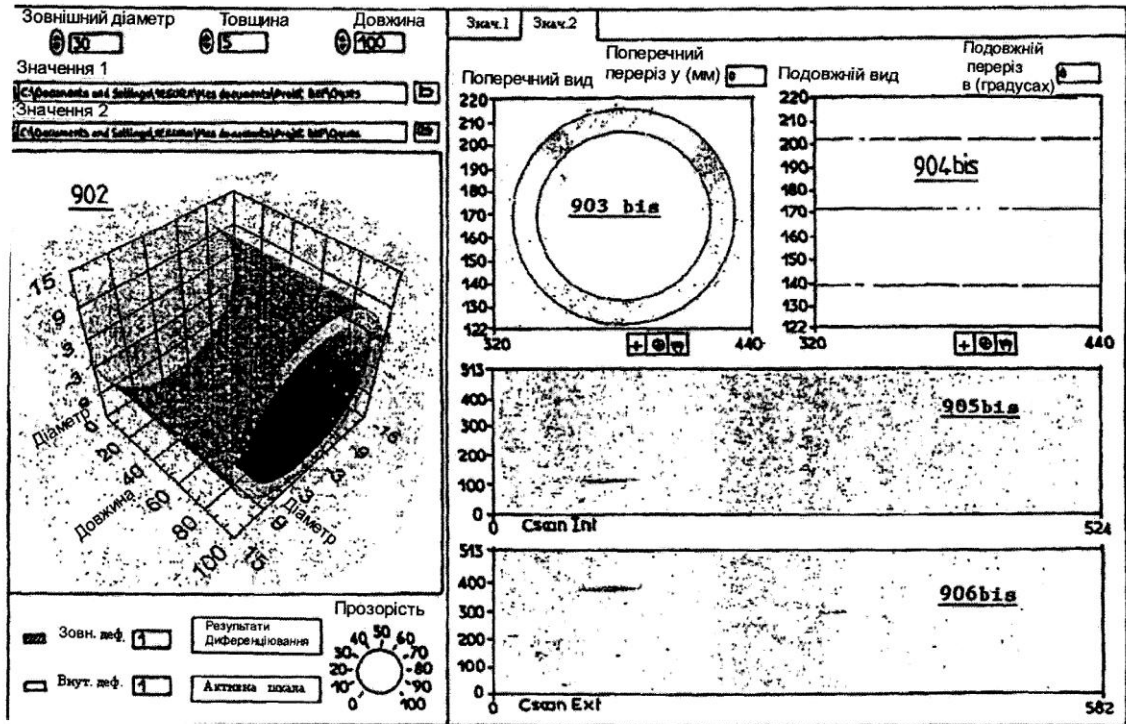




ФІГ.8В



ФІГ.9



ФІГ.9А

Тип 1
Кут 0°



ФІГ.10А

Тип 2
Кут 0°



ФІГ.10В

Тип 3
Кут 20-80°

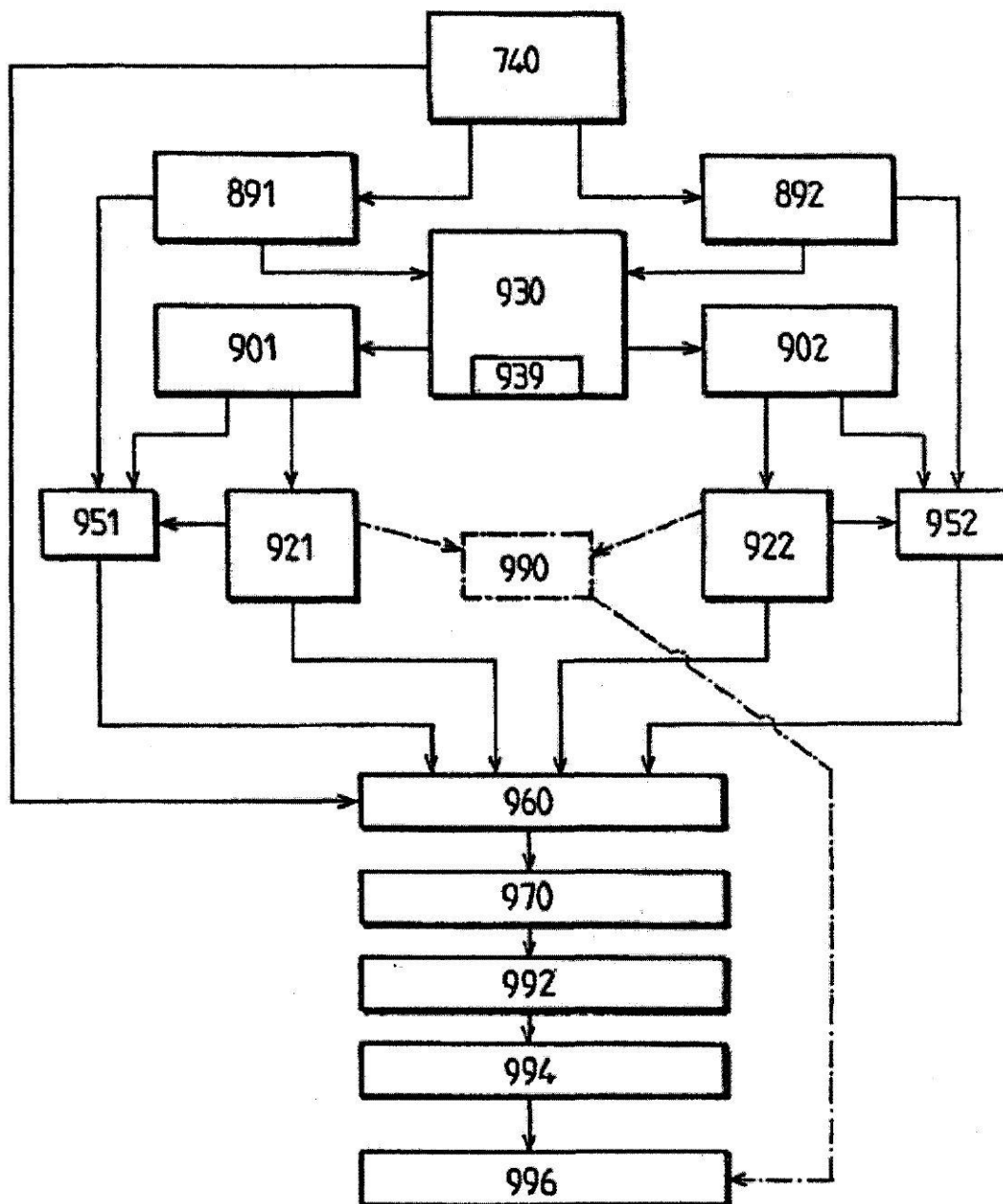


ФІГ.10С

Тип 4
Кут 20-80°



ФІГ.10D



Фиг.11

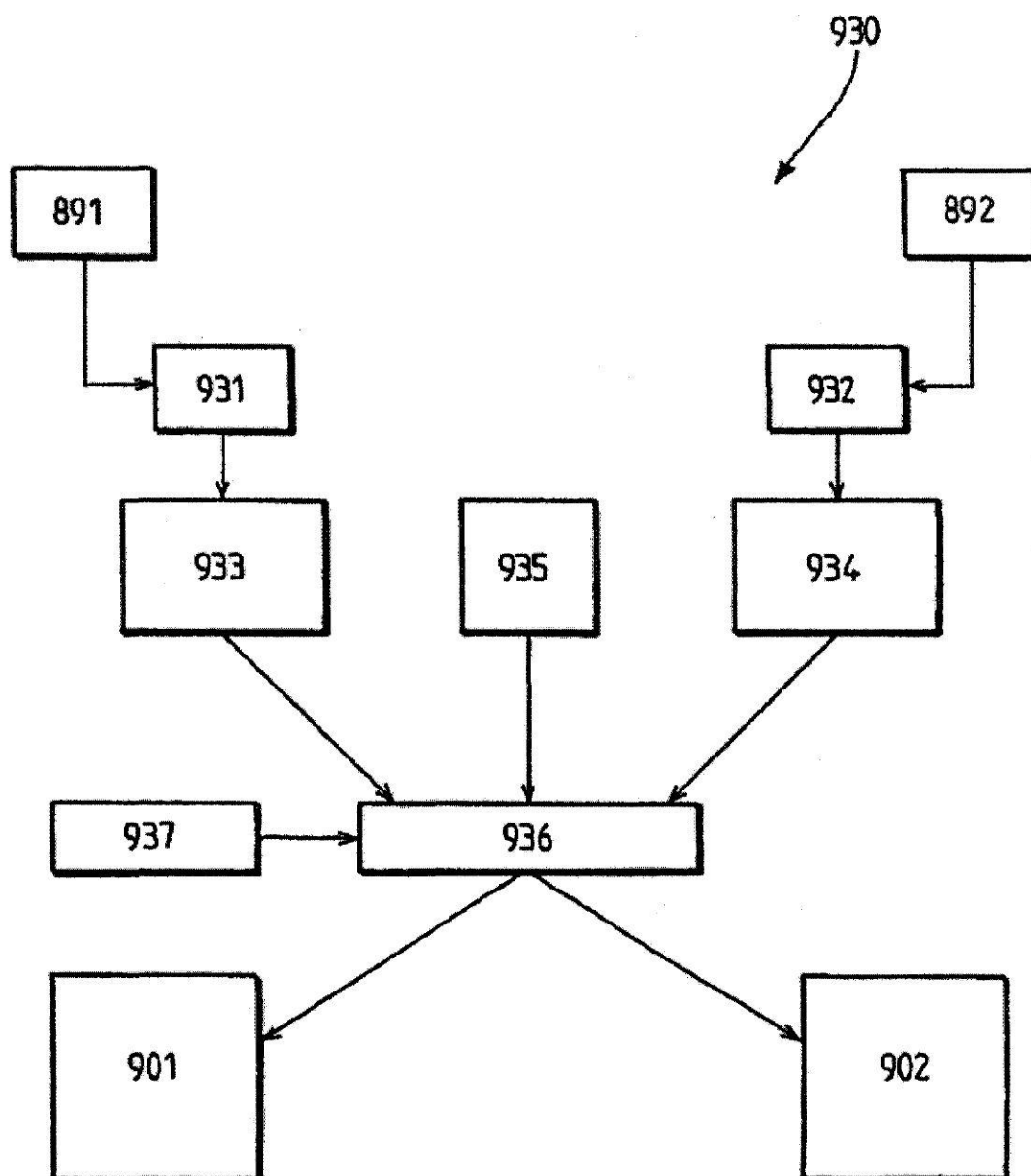
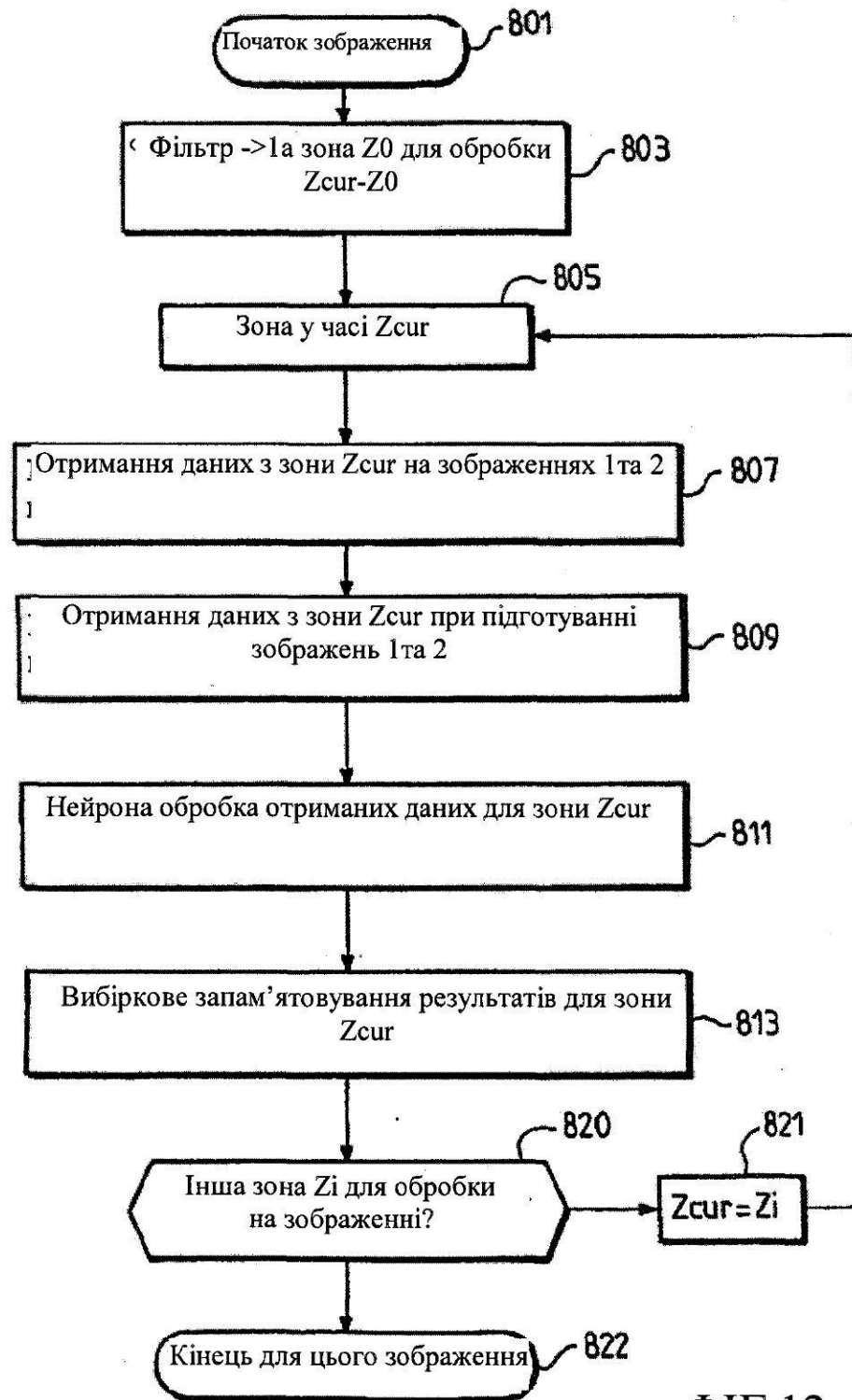
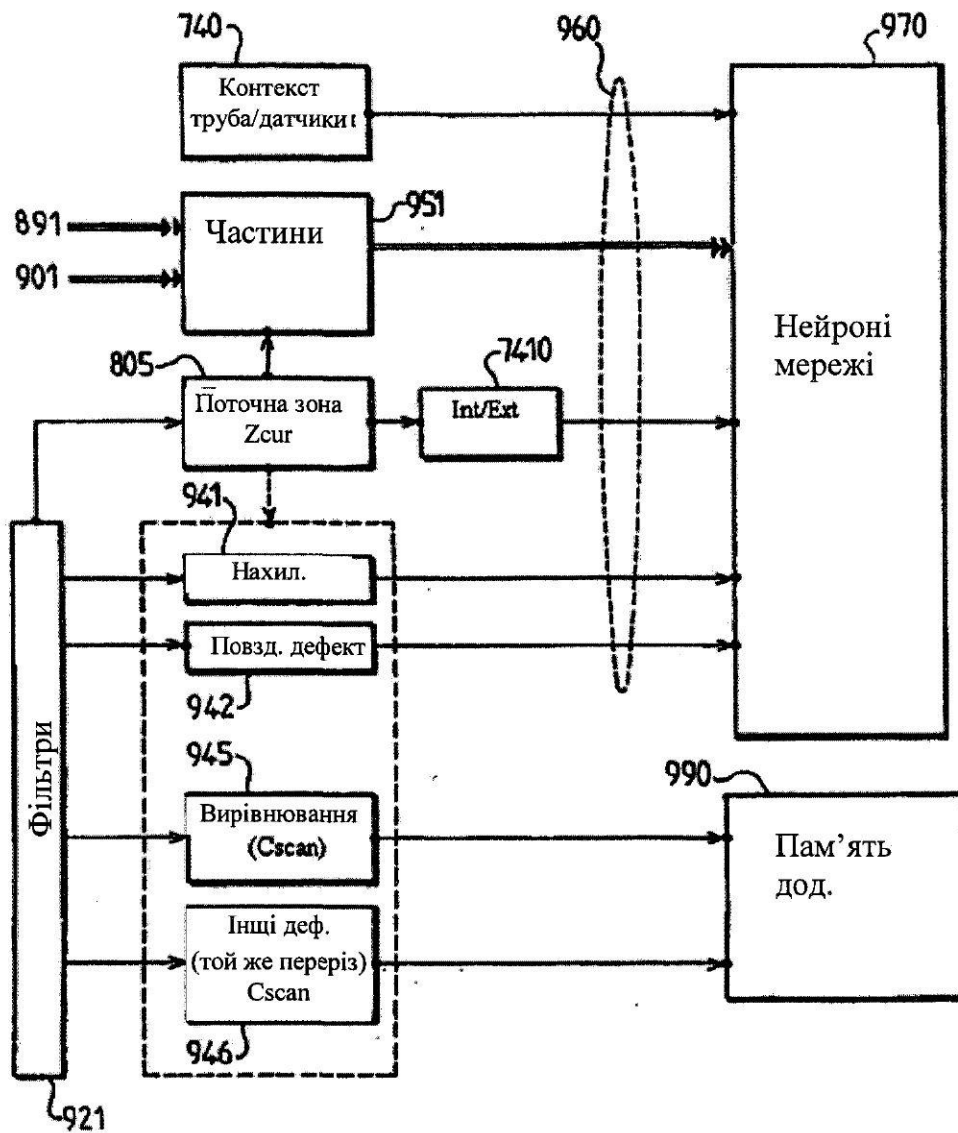


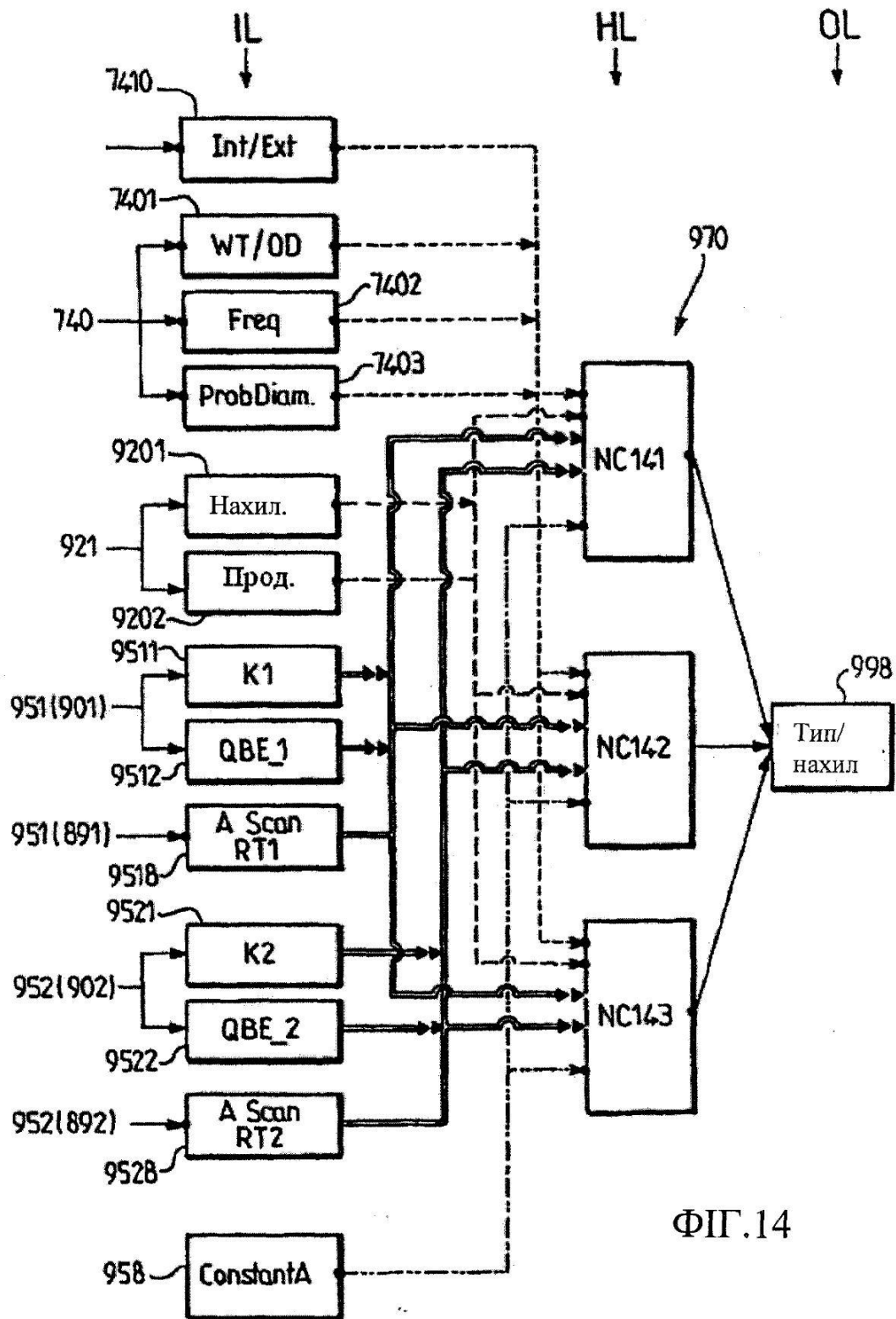
FIG. 11A



ФІГ.12



ФІГ.13



ФИГ.14

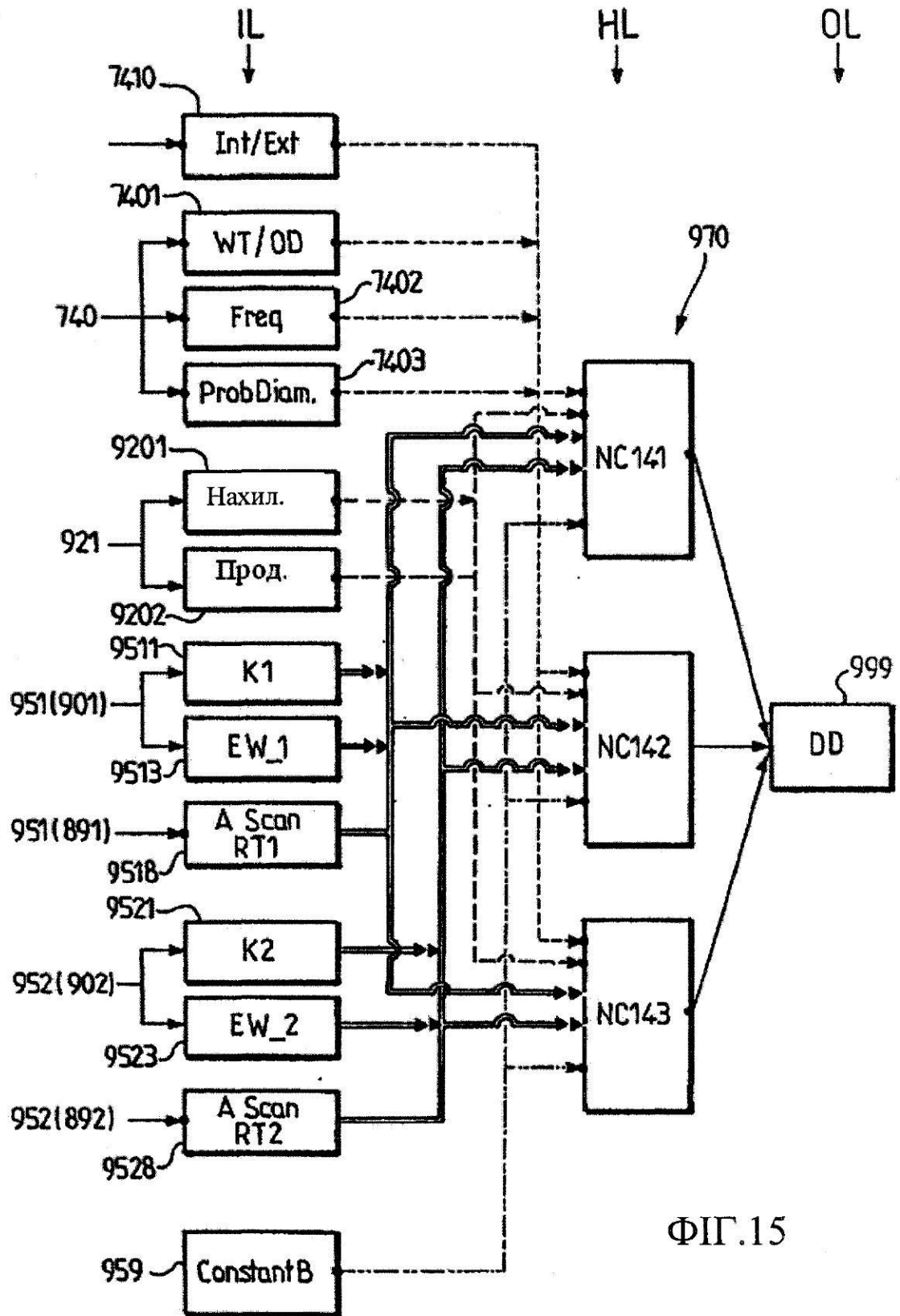
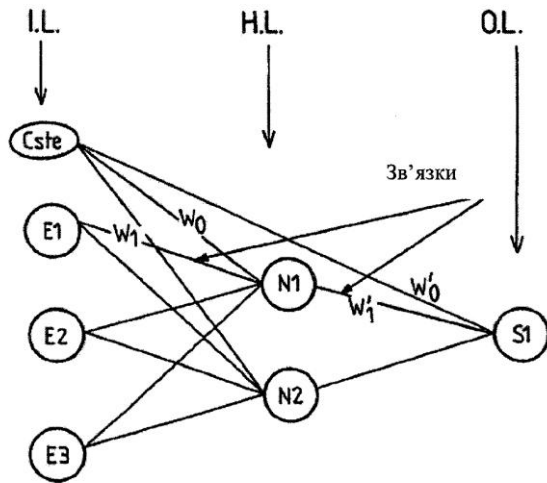
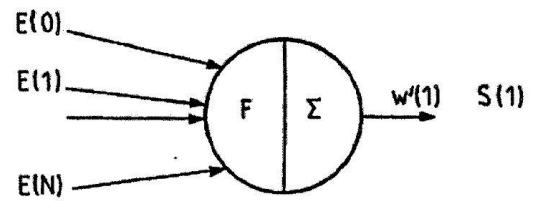


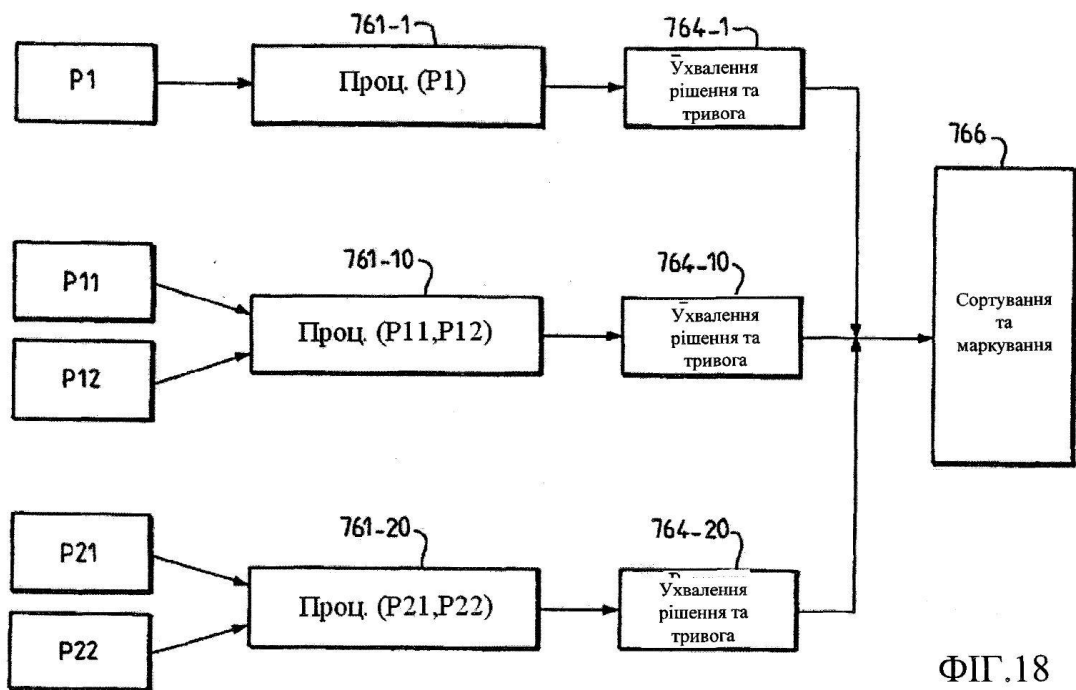
FIG. 15



ФІГ.16



ФІГ.17



ФІГ.18

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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

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