



УКРАЇНА

(19) UA (11) 1728 (13) U
(51) 7 G21F9/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ТЕЛЕОПЕРАТОР

1

2

(21) 2002064783

(22) 11.06.2002

(24) 15.04.2003

(46) 15.04.2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Пуриш Валентин Захарович, Бойченко Тамара Михайлівна, Корольов Сергій Михайлович, Корольова Галина Валентинівна

(73) Пуриш Валентин Захарович

(57) Телеоператор, що містить опорний каркас із модульних слідкуючих гідроприводів з мікропроцесорним керуванням у гідроскафандрі,

маніпулятори рук і ніг, ранцеву гідростанцію, центральний комп'ютер програмного керування та системи гідростабілізації, супервізорного керування, який відрізняється тим, що його системи керування мають радіаційностійкі мікросхеми, наприклад, арсенід-галієвої технології, багат шарові екрани захисту із композитних матеріалів і борованої гідрорідини, розгалужену систему сенсорів порогової дози опромінення, а також камеру термообробки та дезактивації.

Корисна модель належить до промислових робіт та маніпуляторів антропоморфного типу, здатна працювати у радіоактивному середовищі тривалий час як на поверхні так і під водою, замінюючи людину без переробки середовища робочого місця.

Відомі мобільні телеоператори встановлені на колісних, гусиничних та крокуючих шасі здатні працювати у радіоактивному середовищі в умовах атомних електростанцій [1, 2].

Недоліком цих робіт є обмежені маніпуляційні можливості і нездатність повністю замінити людину у складному середовищі обладнання АЕС.

Відомий також досвід використання телеоператорів під час ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС [3].

Виявлені при цьому недоліки теж пов'язані з обмеженням маніпуляційних можливостей а також низькою захищеністю систем керування, від впливу радіації.

Найбільш близьким по конструкції до Телеоператора - "Підводний маніпулятор" Патент України №706/, який приймаємо за прототип [4]

Підводний маніпулятор містить опорний каркас із шарнірних слідкуючих гідроприводів з мікропроцесорним керуванням у м'якому гідроскафандрі, крім того його оснащено навішаною портативною пневмогідростанцією, центральним комп'ютером програмного керування та системами гідростабілізації і супервізорного керування по кабельному та акустичному каналам.

Недоліком Підводного маніпулятора можна

вважати обмежену рухомість на поверхні ґрунту та низьку тривалість роботи у радіоактивному середовищі

Задача корисної моделі полягає у тому, щоб Підводний маніпулятор перетворити у Телеоператор здатний тривалий час замінити людину при роботі у радіоактивному середовищі.

Поставлена задача вирішується таким чином, що згідно з корисною моделлю, всі системи керування мають радіаційно стійкі мікросхеми, наприклад, арсенід галієвої технології, з багат шаровими екранами із композитних матеріалів і борованої гідрорідини, розгалужену систему сенсорів порогової дози опромінення, а також камеру термообробки та дезактивації.

Американські ТУ MIL-M-38510 встановлюють чотири рівня радіаційної стійкості мікросхем які приведені у Таблиці 1.

Радіаційно стійкими по відношенню до повної поглинутої кремнієм дози опромінення вважаються такі мікросхеми, котрі продовжують працювати після поглинутої дози γ -опромінення не менше 10кГр. Мінімальний рівень дози для радіаційно стійких мікросхем дорівнює 100Гр,

Для арсенід галієвих мікросхем випробування показали, про відсутність деградації динамічних і статичних параметрів мікросхем при повних дозах опромінення по 1,0МГр,

Сучасні фірми /AMD, Harris, National, TI, Honeywel, IBM, GE, Hughes, RI, Gigabot, Logis Ms, Donnel-Douglas, Tri Quint, Crystallume /серійно

(13) U

(11) 1728

(19) UA

випускають радіаційно стійкі мікросхеми по різних технологіям із яких найбільш стійкі до опромінення із арсенід галія а у майбутньому на основі алмаза. Досягнуті гарантовані параметри радіаційної стійкості представлені на Таблиці 2. [6].

Застосування захисних екранів із композитних матеріалів дозволяє послабити γ -опромінення від двох до десяти крат, особливо з застосуванням композитів з домішками кадмія, бору, урану, гадолінія. Приклад розрахунків послаблення γ -опромінення систем керування модульних гідроприводів [7], що утворюють маніпулятори рук /Фіг.6/ та маніпулятори ніг /Фіг.7./ представлено в Таблиці 3 для чого використано розріз /Фіг.8./ модельними розмірами. Розрахунок виконано без врахування альbedo та коефіцієнта накопичення, що для тонких шарів можна припустити [8].

В розрахунках використана відома формула [9,с. 235.]

$$D = D_0 \exp(-\mu d),$$

де D_0 - доза опромінення до екрана, Гр.

B - доза опромінення після екрана, Гр,

μ - лінійний коефіцієнт послаблення γ -опромінення, см^{-1}

d - товщина екрана, см.

Із формули виведені співвідношення

$$D / D_0 = \exp(-\mu d).$$

Всі порожнини внутрішньої конструкції в середині гідроскафандра заповнені гідрорідиною, що має присадки із сполук бору та гадолінія з метою, заторможеної та поглинання нейтронів зовнішнього опромінення.

У гідрорідині на базі нафтових масел при опроміненні можуть утворюватись гази He_2 , H_2 і ін., які будять стравлюватись через автоматичний клапан у шлемі телеоператора

Захист центрального комп'ютера показана на /Фіг.11/ і розрахунки проводились аналогічно Таблиці 3, які дали послаблення опромінення у 30 раз.

Телеоператор може бути у стані "робота" - коли всі системи керування та контролю знаходяться під напругою і опромінюються зовнішньою радіацією, та стані - "відпочинок" що має два режиму: дезактивація і термообробка, їх взаємне розташування показано на Фіг.14 де тривалість термообробки T залежить від температури і визначається графіком на Фіг.15, [10].

Ефективності термообробки перевіряються тестами блока діагностики.

Значне підвищення надійності роботи мікросхем дають відбраковані випробування мікросхем перед їх застосуванням [11], а також застосування різних профілактичних засобів при експлуатації [12]

У камері дезактивації Телеоператор зберігається, транспортується проходить дезактивацію та термообробку.

Розгалужена система визначення порогової поглинутої дози опромінення має сенсори коло всіх важливих функціональних блоків систем керування модульними гідроприводами, блоків керування маніпуляторами рук і ніг, простабілізації, центрального комп'ютера, радіомодемів, блоків інтерфейсів. Тривалість роботи телеоператора визначається формулою [13,с.139/

$$T = D / P,$$

де, P - потужність зовнішньої дози опромінення, Гр/с,

D - допустима поглинута доза опромінення мікросхем Гр.

t - час перебування у радіоактивному середовищі, години

Для забезпечення тривалої і надійної роботи Телеоператора у радіаційному середовищі крім екранування радіаційно стійких мікросхем передбачено три канали керування маніпуляторами рук і ніг: основне, резервне, аварійне.

На Фіг.1, представлено загальний вигляд телеоператора, на Фіг.2.-загальна структурна схема керування, на Фіг.3 - камера дезактивації, на Фіг.4. - Схема дезактивації, на Фіг.5. - схема охолодження, продувки, термообробки, на Фіг.6. - Маніпулятор руки, на Фіг.7. - маніпулятор ноги, на Фіг.8. - розріз по А - А Фіг.6. на Фіг.9 - корпус, на Фіг.10. - функціональний блок, на Фіг. 11. - розріз по В - В Фіг.9, на Фіг.12. - бот, на Фіг.13. захват, на Фіг.14. - графік циклу роботи на Фіг.15. - графік термообробки.

Телеоператор /Фіг.1./ складається із нього гідроскафандра 1, що має шари 1а, 1в, 1с, корпусу 2 /під гідроскафандром/, маніпуляторів рук 3, 4, маніпуляторів ніг 5, 6, захватів 7, 8, бот 9, 10, шлему 11, телекамери 12, ранцевої гідростанції 13, Форсунок гіростабілізації 14, 15, антени 16, автоматичного клапана травлення 17, резервної акумуляторної батареї 18, сенсорів зовнішньої радіації 19, 20, сенсор зовнішньої температури 21, пробоч злива гідрорідини 22, кабель шлангу 23.

Загальна структурна схема керування /Фіг.2/ складається із пульта оператора 24, в якому розташовані комп'ютер оператора 25, монітор комп'ютера 26, монітор телекамери 27, клавіатура керування 28, радіомодем 29, кабельний інтерфейс зв'язку з телеоператором 30 через кабель - шланг 31, станції енергоживлення 32. У корпусі телеоператора розташовані електронні функціональні блоки: центрального комп'ютера 33, основного та резервного керування маніпуляторами рук 34, 35, маніпуляторами ніг 36, 37, а також аварійного керування маніпуляторами 38. Керування захватами і ботами складається із двох рівнів інтерфейсів і основних блоків у корпусі 39, 40, 41, 42. Блоки керування гіростабілізацією 43, гідро-станцією 44, електроживлення 45, обробки сигналів радіації та температури 46, діагностики 47, керування телекамерою 48, виміру відстані до перешкод 49.

Камера дезактивації 50 /Фіг.3/ має декілька призначень: для дезактивації, термообробки, зберігання та транспортування телеоператора і складається із автоматичних дверей 51, вікна огляду 52, захисних рукавів доступу 53, бака збору рідини дезактивації 54, форсунок дезактивації 55, сенсорів радіації 56, блока обладнання і керування дезактивацією 57, блока обладнання та керування термообробкою 58, місцевого блока керування камерою 59, оглядової телекамери 60, автоматичної бобини кабель - шлангу 61.

Обладнання схеми дезактивації /Фіг.4./ виконує дезактивацію і низькотемпературну термообробку і складається із насоса дезактивації 62, Фільтра вилучення радіоізолей 63,двох повітродувок

повітряний продувочний насос 64 65, підігрівач повітря 66, Фільтра радіозолей 67 та блоків керування 68, 69 сенсора температури повітря 70

Схема охолодження, продувки і термообробки /Фіг 5 / призначена для термообробки, охолодження і продувки функціональних блоків розташованих у герметизованому корпусі 2 і її обладнання розташовано у камері дезактивації 50. Схема має повітряний компресор 71, який через кабель-шланг 23, бобину 61 та трьох позиційні клапани 72, 73 подає повітря до блока простабілізації 43

Охолодження потрібне в разі підвищення температури у корпусі вище 70 градусів Цельсія і це робиться за допомогою охолодженого азоту

Схема складається із балонів з азотом 74, холодильної машини 75, підігрівача 76, клапанів 77, 78, 79, сенсорів тиску 80 і температури 81, запобіжника тиску 82, мікропроцесорного блока керування 83

Маніпулятор руки /Фіг 6 / складається із модульних гідроприводів 84, 85, 86, 87, 88, 89, з'єднаних замками і утворюють маніпуляційну систему з шістьма ступенями свободи. Привод 84 жорстко приєднано до корпусу 2, до привода 89 жорстко приєднано захват 7 або 8. Маніпулятор руки захищена гідроскафандром 1, що має три шари 1а, 1в, 1с. Останній шар - це накидка із поліетилену чи бавовни, яку знімають перед дезактивацією і утилізують. Між гідроскафандром і модульними гідроприводами всі порожнини заповнені гідрорідиною 90 яка використовується для роботи гідроприводів і забезпечує зменшення опромінення блоків керування приводів

Маніпулятор ноги складається із модульних гідроприводів 91, 92, 93, 94, 95 які жорстко поєднані замками і утворюють маніпуляційну систему з п'ятьма ступенями свободи. Привод 91 жорстко приєднано до корпусу 2, до привода 95 жорстко приєднано бот 9, або 10. Захист від радіації виконано за допомогою трьохшарового гідроскафандра і гідрорідини аналогічно до маніпулятора руки. Між приводами 92 і 93 розташовано гідроаккумулятор 96

Розріз по А - А /Фіг 8 / виконано на Фіг 6 і призначено для розрахунків захисту від радіації двох систем керування модульних гідроприводів маніпуляторів рук і ніг. На розрізі зображено сенсор радіації 97, мікроконтролери систем керування двох суміжних модульних гідроприводів 98, 99, епоксидна композитна заливка пасивних елементів системи керування 100, 101, захисні екрани 102, 103

На /Фіг 9 / корпусу 2 показано розташування функціональних блоків 104, і захисних екранів 105 між блоками а також герметизуюча кришка 106

Функціональний блок /Фіг 10 / має монолітну конструкцію з захисними екранами 107, епоксидною композитною заливкою 108 і робочим та контрольним роз'ємами, 109, 110

На розрізі В - В - /Фіг 11 / який виконано поперед корпусу 2 показано ступень захисту центрального комп'ютера 33, а також розташування гідроаккумуляторів 112, які виконують допоміжну захисну роль, трубопроводи і кабелі 113

Бот 9, 10 /Фіг 12 / складається із інтерфейсу 114, вібраційного насоса подачі гідрорідини до

ранцевої підстанції 115, ультразвукових сенсорів відстані до поверхні і перепон 116, сенсорів притулу 117, сенсора радіації 118, сенсора рівня гідрорідини 119, лопаткових магнітів для попередження ковзання по металевій поверхні 120

Захвати 7, 8, /Фіг 13 / складаються із крокуючого електродвигуна приводу золотника 121, інтерфейсу системи керування 122, сенсора тиску гідрорідини в середині захвата 123, сенсора радіації 124, керуючого золотника 125, захисних екранів 126, еластичних рукавичок 127, сенсорів відстані 129, сенсорів притулу 130

Графік використання "робота-відпочинок" /Фіг 14 / показує циклічність роботи телеоператора. Кожен цикл складається із тривалості роботи T_p , дезактивації T_d , термообробки T_t , відпочинку T_v . У кожному циклі використання треба дотримуватись співвідношення

$$T_p + T_d < T_t + T_v$$

Графік тривалості термообробки /Фіг 15 / показує залежність тривалості термообробки систем керування від температури

Телеоператор має такі програмовані режими роботи: вихід із камери і вхід, пересування по поверхні і сходинах, робота на місці, дезактивація, термообробка, зберігання. Телеоператор працює таким чином

Система керування телеоператором /Фіг 2 / передбачає використання трьох каналів керування з пульта оператора 24. Перший - по кабель-шлангам 23, 31 через кабінку дезактивації 50, в якій знаходиться телеоператор, готовий до виходу у радіоактивне середовище, до якого було доставлено камеру. Другий канал - резервний від блоків маніпуляторів 35, 37, через радіомодеми 29 до пульта оператора 24. Третій канал керування маніпуляторами-аварійний 38 з спрощеним алгоритмом керування теж через радіомодем і виконаний на найбільш стійких мікросхемах що витримують дозу не менше 0.1 МГр

Пульт оператора оснащено комп'ютером Pentium 1V і двома моніторами 26, 27 для комп'ютера і телебачення від камер 12 і 60 через блок керування і обробки 48. Керування вибором режимів роботи, програм виконує оператор через клавіатуру 28. Перший канал роботи виконується через центральний комп'ютер 33 телеоператора і комп'ютер оператора 25, а резервний і аварійний канали проходять тільки через модеми 29 і комп'ютер оператора 25, що, звичайно, уповільнює рухи маніпуляторів із-за значної кількості розрахунків координат, але забезпечує більшу надійність

У режимі виходу телеоператора із камери дезактивації 50 оператор включає діагностичну програму перевірки всіх систем а також програму визначення тривалості роботи задавши відомий йому рівень радіації на місці роботи телеоператора. Якщо час роботи у циклі задовольняє оператора, він включає програму виходу телеоператора, що означає автоматичне відкриття дверей 51 камери, оглядає навколишнє середовище за допомогою телекамер 12 і 60. Визначивши маршрут пересування телеоператора, оператор включає програму крокування маніпуляторів ніг 5, 6, встановивши потрібну довжину кроку і корегуючи на-

прям

Крокування телеманіпулятора - це автоматична коливальна система /14 Глава 3/ в яку періодично втручається оператор, визначаючи необхідні підпрограми рухів /поворот, сход, перелона /

Форсунки простабілізації 14, 15 під час крокування без перешкод не діють, а включаються, коли є потреба запобігти падінню телеоператора під дією зовнішньої сили або порушення рівноваги

Під час крокування телеоператора бобина 61 автоматично розкручує кабель-шланг 23, забезпечуючи вільне пересування. В разі обриву кабель-шлангу 23 автоматично включається резервний канал з блоками 36, 37, видається сигнал оператору і телеоператор живиться від аварійної батареї 18

Авторами розроблено варіант безкабельного енергоживлення який у заявці не розглядається

При відмові резервного каналу автоматично включається аварійний канал керування з блоком 38 і повернення телеоператора у кабіну буде забезпечено. Контроль за шляхом оператор робить по монітору 26 і показанням сенсорів відстані 116 на ботах 9, 10

Під час пересування телеоператора рівень радіації буде змінюватись, тому передбачено постійний контроль сенсором 19, 20, 118, показання яких висвічуються на моніторі

При пересуванні по сходах треба використувати маніпулятори рук 3, 4 і захвати 7, 8

У режимі роботи на місці призначення, оператор визначає, яку саме програму рухів маніпуляторів рук 3, 4 і захватів 7, 8 треба використати, забезпечуючи фіксації телеоператора одним маніпулятором рук. Захвати можуть бути замінено на потрібні для роботи перед виходом телеоператора

Запропонований захват /Фіг 13/ має гумові рукавички 127 з різною товщиною, що забезпечує затиснення предмета при подачі тиску під рідини від золотника 123 який змінює положення під дією крокуючого електродвигуна 121. Відстань до предмета захвату визначає сенсор 129, а рівень радіації сенсор 124

У режимі дезактивації телеоператор знаходиться у камері дезактивації 50 з зачиненими дверима 51 і тільки тоді оператор включає програму роботи схеми дезактивації /Фіг 4/, яка працює таким чином

Сенсори радіації 56 визначають рівень забруднення і оператор приймає рішення про метод дезактивації: зняти легкий комбінезон і продути телеоператора за допомогою двох повтродувок 64, 65 з фільтрами 66, 67 або провести рідинну дезактивацію за допомогою насоса 62 форсунки 55 та фільтра 63. Коефіцієнт дезактивації визначають по показанням сенсорів 56

Після дезактивації обов'язково проводять термообробку по схемі /Фіг 5/, яка працює таким чином

Оператор передає у блок керування термообробкою 58 необхідну програму в залежності від отриманої дози опромінення отриманого телеоператором на робочому місці. Температуру термо-

Температуру термообробки визначають по графіку /Фіг 15/. Далі азот із балона 74 пропускається через підігрівач 76 і через клапани 72, 73, 79 потрапляє у корпус 2, де підігрівач функціональні блоки. При підвищенні тиску у корпусі до 0,02 МПа автоматично спрацьовує клапан 77 і азот продувається через клапан 17 у шлемі. Запобіжний клапан 82 настроєно на тиск у корпусі на 0,03 МПа. Температура і тиск у корпусі 2 контролюється сенсорами 80, 81. Тривалість термообробки визначає програма

Після термообробки проводиться охолодження функціональних блоків за допомогою охолодження азоту, який проходить через охолоджувач 76. Тепер клапан 78 відкривається, а клапан 79 закривається і далі все проходить як при нагріванні. Охолодження проводять до температури 20 градусів Цельсія після чого у корпусі встановлюють тиск 0,01 МПа - всі клапани закриваються - процес термообробки закінчено і телеоператор переходить у режим відпочинку, коли більшість радіаційно пошкоджених мікросхем відновлюють свою роботу, що перевіряється тестами блока діагностики 47, який видає сигнал оператору про здатність телеоператора виконувати роботу у наступному циклі

Ремонт телеоператора проводиться у камері дезактивації заміною функціональних блоків, підпорядки підроскафандра

Більш надійним гідрокомбінезонам можна вважати гідрокостюм типу Jetsuit TNG Technica Фірми Poseidon /товщина 5 мм/ ніж із свинцевої резини, або спеціально виготовлений із радіаційно стійкої резини СКК-85, яка витримує γ -опромінення до 10^7 Гр [15]

Пожежозахищеність телеоператора забезпечується наповненням всіх порожнин під скафандром пожежобезпечною підпорядкою та продувкою азотом корпусу

Утилізація відпрацьованого свій ресурс /не менше 20 тис. годин/ телеоператора передбачає вилучення функціональних блоків телекамер, злиття підпорядки, зняття захватів і ботів і переплав всіх металевих деталей /із борованого алюмінієвого сплаву/ що будуть належать до класу з низькою наведеною активністю

Розрахунки показують, що телеоператор може коштувати 40 тис. доларів і окупитись за 2 - 3 роки особливо при ремонтно-аварійних роботах а також на переробці РАВ /радіоактивні відходи/ [16, 17]

Телеоператор не має радіаційних джерел, тому не потребує сертифікації

Таблиця 1 із /15/ до с 2

Позначення класу	Повна доза Гр (Si)	Нейтронна доза см ²
M	$3,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^{12}$
D	$1,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^{12}$
R	$1,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^{12}$
H	$1,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^{12}$

Таблица 2 із /14 / до с.3

	Технологія розробки	D МГр	P Гр/с	C нейтр/с	A біт/сут.
1	Кремнієва /біполярна/	0,1 - 10	10^6	10^{14}	10^5
2	Кремнієва /МОП-структури/	1,0	10^7	10^{15}	$10^7 - 10^8$
3	Кремній на сапфірі	0,1 - 10	$10^8 - 10^9$	10^{15}	10^9
4	Кремній на діелектрику	0,1 - 1	$10^8 - 10^9$	10^{15}	10^9
5	Арсенід-галієва	$10^3 - 10^4$	10^5	10^{15}	$10^7 - 10^8$
6	Алмазна	$> 10^4$	$> 10^9$	$> 10^{15}$	$< 10^9$

D - допустима повна доза γ -квантів, P - порушуюча потужність дози опромінення. A - порушення від одиночного сплеску радіації. C - допустима потужність нейтронного опромінення.

Таблица 3 до Фіг.8 с.3

	Речовина екрану	d см	μ см ⁻¹	D Fp	D / D ₀
1	Знімальна накладка із поліетилену	0,2	0,05	0,99	0,99
2	Комбінізон із свинцевої резини	0,3	0,14	0,96	0,95
3	Комбінізон із мас-лостійкої резини	0,2	0,06	0,98	0,93
4	Гідрорідина	0,3	0,08	0,97	0,9
5	Корпус із А1	0,5	0,14	0,93	0,84
6	Екран із СТФ	0,1	0,41	0,96	0,8
7	Екран із CdSB ₄ C	0,1	0,8	0,92	0,74
8	Епоксидний компаунд	3,0	0,2	0,55	0,41
9	Корпус ІМС із кераміки	0,2	0,06	0,99	0,40

d - товщина шару. μ - лінійний коефіцієнт послаблення, D - послідовне послаблення за шаром, D / D₀ - послаблення одним шаром.

ВИКОРИСТАНА ІНФОРМАЦІЯ

- Гаврилов С. Д. Мобильные робототехнические устройства для ядерных установок. Атомная техника за рубежом. 1988. №3. с.11 - 17.
- Крукшенк А. Роботи на АЕС "Три-Майл-Айленд-2". Атомная техника за рубежом. 1988. №8. с.39 - 41.
- Юрченко Ю. Ф. Оценка эффективности технологий и технических средств механической дезактивации аварийного блока Чернобыльской АЭС. Атомная энергия, т. 64. вып. 4.1988. с.255 - 258.
- Підводний манипулятор. Патент України №706, Бюл. №1, 2001. Опис патенту на корисну модель. Заявник Пуриш В. З.
- Milt Leonard/ IC makers tackle complex radiation. ED, 1989. No.12. pp. 51 - 54.56. /Создание ИС, способных выдерживать комплексное радиационное воздействие. Электроника, 1989. с. 26 - 31.
- Tobias Noegele, Hard times in rad-hart. EUSA. 1989. No. 9. pp. 82 - 84. 87. 88. /Трудные времена для работы по радиационной стойкости. "Электроника". 1989.с.33 - 39/.
- Шарнірний привід. Опис до патенту корисної моделі №578. Кл. 6В25.117/00, Бюл.5, 2000. Автори Пуриш В. З, Корольов С. М., Бойченко Т.М.
- Руководство по радиационной защите для инженеров. Т.1. Пер. с англ. Под ред. Д. Л. Брадера и др. М. с Атомиздат. 1972. с.111 - 117.
- Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. 4-е изд. пер. и доп. - М.: Энергоатом-

здат. 1991. с.235 - 258.

- О. Гобчанский, В. Попов и др. Повышение радиационной стойкости промышленных средств автоматики в составе бортовой аппаратуры. Современные технологии автоматизации. №4. 2001. с.36 - 40.
- М.Горлов и др. Отбраковочные технологические испытания как средство повышения надежности партии ИС. Ship News. №5.2001. с.22 - 26.
- О. Гобчанский. Проблемы создания бортовых вычислительных комплексов малых космических аппаратов. Современные технологии автоматизации. №4. 2001. с. 28 - 34.
- Защитные устройства. Справочное пособие. Под ред. Б. М. Злобинского. - М: Металлургия. 1971. Раздел IV. Защита от ионизирующих излучений. с.134 - 242.
- Белецкий В.В. Двухногая ходьба: модельные задачи динамики и управления. - М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит. 1984. Глава 3.
- Дехтярева Т. Г. и др. Старение резин и модельных уплотнителей в полях излучения кобальт-60. - Каучук и резина. 1985. №8. с.8 - 10.
- Агапов А. и др. Радиационный контроль комплекса по переработке и утилизации радиоактивных отходов. - Современные технологии автоматизации. №1. 2001 юс. 32 - 38.
- Климов Ю. И. Демонтаж и снятие с эксплуатации ядерных установок. Реферат. - Атомная техника за рубежом. 1986. №8, с.12 - 15.

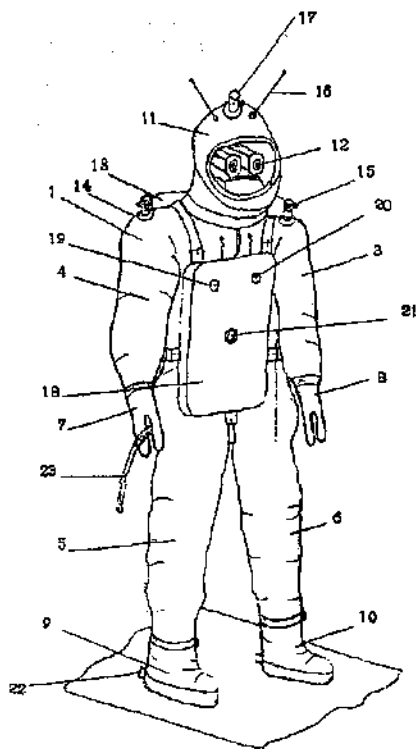


Fig. 1

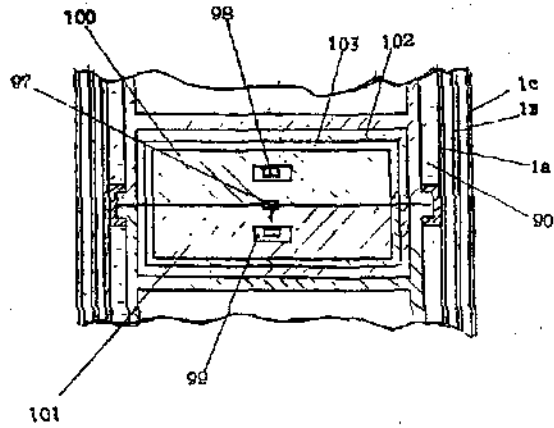


Fig. 8

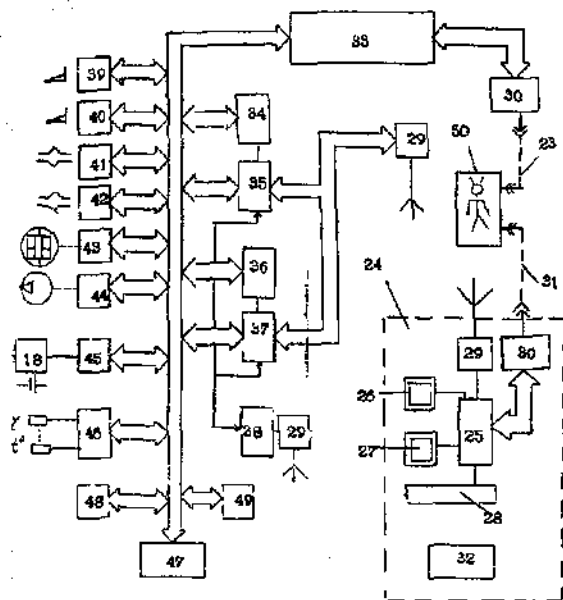


Fig. 2

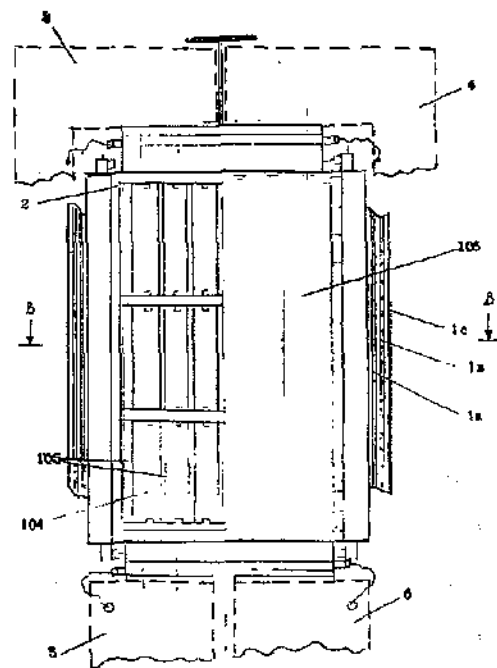


Fig. 9

1728

14

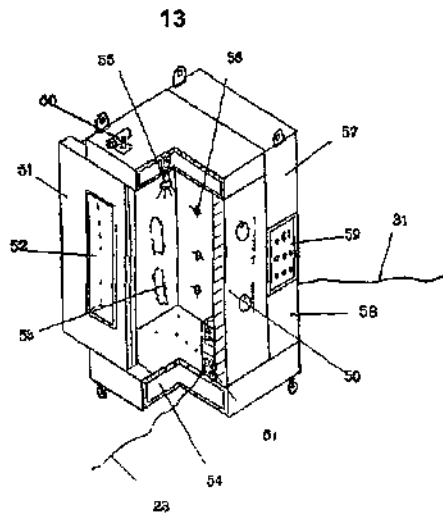


Fig. 3

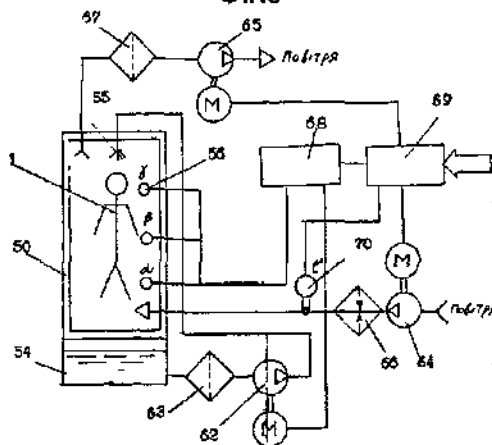


Fig. 4

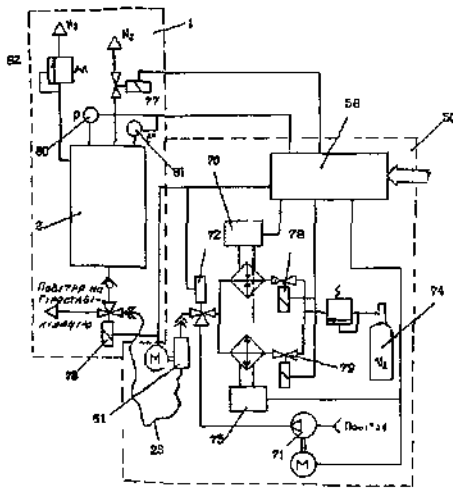


Fig. 5

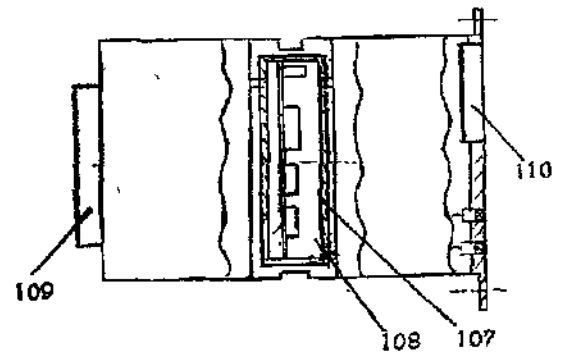


Fig. 10

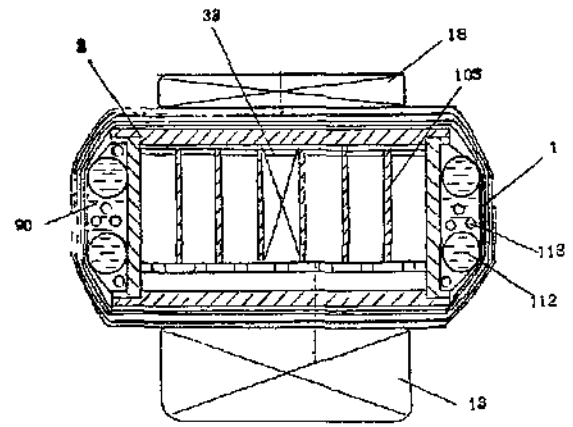


Fig. 11

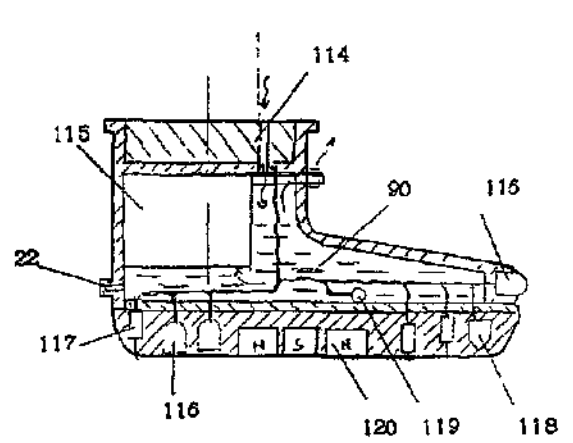


Fig. 12

15

1728

16

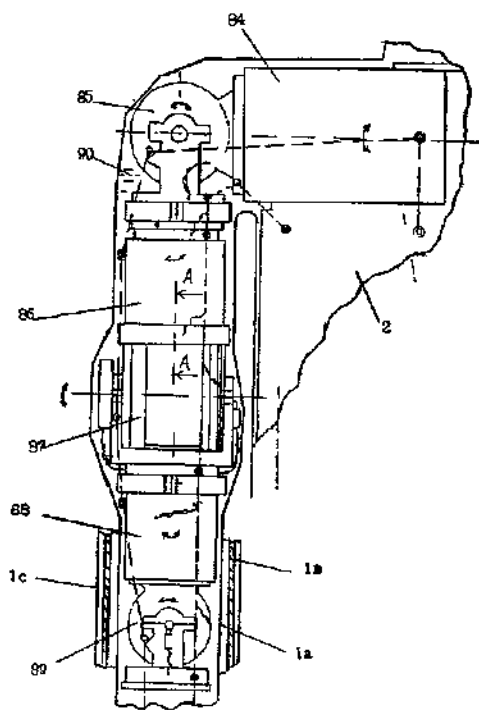


Fig. 6

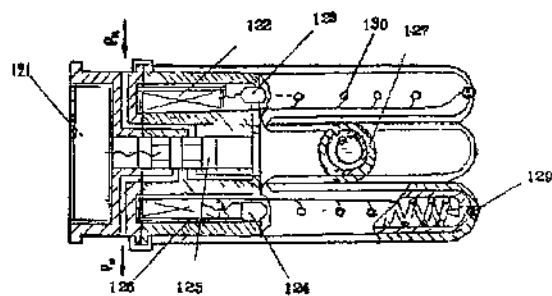


Fig. 13

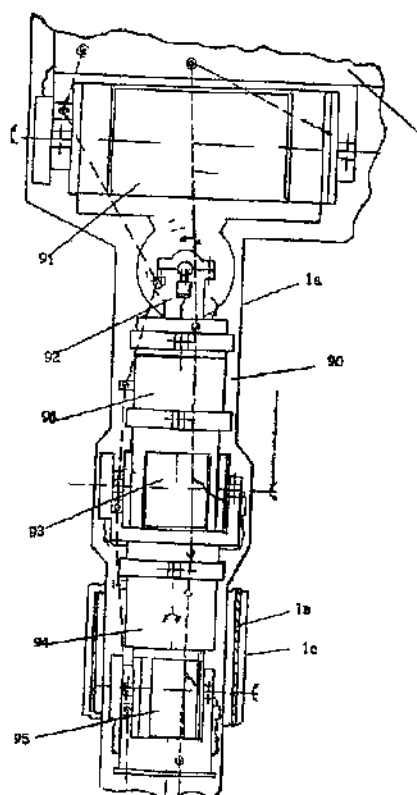


Fig. 7

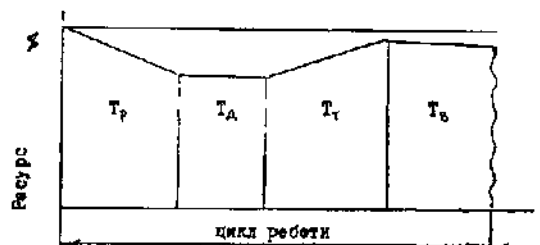
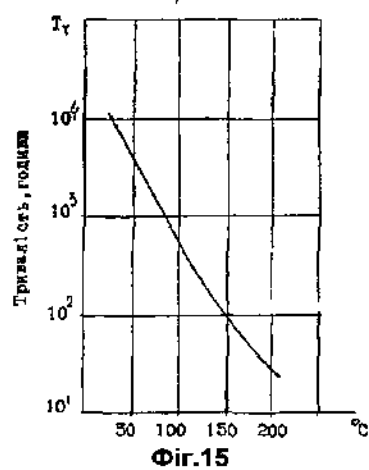


Fig. 14



Фиг.15

