



УКРАЇНА

(19) UA (11) 88998 (13) C2
(51) МПК (2009)
E04B 1/66
E04B 1/62

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОКОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

1

(21) а200811897

(22) 07.10.2008

(24) 10.12.2009

(46) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) ПЛУГІН АНДРІЙ АРКАДІЙОВИЧ, ПЛУГІН АРКАДІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ПОДТЕЛЕЖНИКОВА ІННА ВОЛОДИМИРІВНА, АФНАСЬЄВ ОЛЕКСАНДР ВАЛЕРІЙОВИЧ, ГОРБАЧОВА ЮЛІЯ МИКОЛАЇВНА, МІРОШНІЧЕНКО СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, ПЛУГІН ДМИТРО АРТУРОВИЧ, ПЛУГІН ОЛЕКСІЙ АНДРІЙОВИЧ, ДУДІН ОЛЕКСІЙ АРКАДІЙОВИЧ, БОРЗЯК ОЛЬГА СЕРГІЇВНА

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(56) SU 1684628 A1, 15.10.1991

SU 1146582 A, 23.03.1983

SU 1795355 A1, 15.02.1993

RU 2235997 C1, 10.09.2004

Стрижевский И.В., Зиневич А.М., Никольский К.К., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита металлических сооружений от подземной коррозии. Справочник// М.: Недра.- 1981.- С. 223-278

US 6033554 A, 07.03.2000

(57) Спосіб визначення електрокорозійної стійкості захисних покриттів, у якому вимірювання ведуть в заводських умовах або на експлуатованих конструкціях споруд, який відрізняється тим, що між електродом і покриттям прокладають пористий

2

матеріал, змочений розчином електроліту, на цей матеріал встановлюють металевий електрод, подають робочу напругу U , по амперметру фіксують силу струму I , що проходить через покриття, і розраховують перехідний опір в місці вимірювання по формулі $R = US / I$, де S - площа електрода, m^2 , при цьому заздалегідь вимірюють і отримують графік зміни напруги на рейках і сталевій конструкції під час руху поїздів з електротягою протягом не менше доби, визначають їх максимальні величини, встановлюють робочу напругу U такої ж величини, як максимальна на досліджуваній конструкції, але не більше 100 В, як пористий матеріал між електродом і покриттям використовують губку з пінопласту, як електроліт 5 %-й розчин HCl або дистильовану воду, металевий електрод і губку під ним закріплюють на досліджуваному покритті за допомогою магнітного притискного пристрою, який складається з феромагніту із закріпленням на нім гумовим поясом і твердої прокладки між поясом і електродом, притискають цим пристроєм електрод з просоченою губкою до покриття, ведуть запис струму до його різкого збільшення і відшарування і зникнення покриття на невеликій круглій ділянці (пробою), по характеру зміни струму, опору, що розраховується, і часу до пробую судять про електрокорозійну стійкість покриття.

Винахід відноситься до способів контролю властивостей захисних покриттів для сталевих конструкцій споруд, зокрема залізничних мостів, тунелів і водопропускних труб, які піддаються підвищеному електрокорозійному зносу в умовах обводнення і струмів витоку з рейок електрифікованого транспорту.

Відомий спосіб визначення електрокорозійної стійкості захисних покриттів на металевих поверхнях за допомогою потенціостатичних вимірювань, в якому на досліджуваний метал подають потенціал і вимірюють електричний струм, що проходить через покриття протягом певного часу [Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыксин И.Е. Потенциостати-

ческие методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. - Л.: Химия, 1972. - 240 с].

Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється.

Крім того, досліджуваний метал (робочий електрод РЕ) поміщають в електрохімічний осередок і потенціал подають по відношенню до електроду порівняння (ЕП), при вимірюванні використовують потенціостат, підтримуючи із його допомогою потенціал на металі стабільним в часі, невеликої величини і різних знаків (одиниці В), вимірюють непостійну в часі щільність струму, що проходить в ланцюзі між металом, покриттям і допоміжним

(13) C2

(11) 88998

(19) UA

електродом (ДЕ), про злектрокорозійні процеси на металі під покриттям судять по характеру поляризаційних кривих (залежність струму від потенціалу).

Недоліком цього способу є його складність і складність приладового забезпечення, непридатність для дослідження покриттів, нанесених на конструкції споруд, і відсутність в нім прямого впливу на покриття електричних потенціалів витоку, що виникають на конструкціях.

Відомий спосіб визначення антикорозійних властивостей покриттів, у якому вимірюють електроопір покриття на металевій поверхні по величинах струму, що проходить через покриття, і постійної напруги, при витримці покриття в агресивному середовищі протягом тривалого часу - до 28 діб, оцінку якості покриття проводять шляхом порівняння вимірюваного питомого опору із нормативними величинами [Миллс DJ. Дж. Электрические измерения на постоянном токе для оценки качества антикоррозионных покрытий. / Покрытия и обработка поверхностей для защиты от коррозии и износа: Сб. статей. - М.: Металлургия, 1991. - С. 206-216].

Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється.

Крім того, при вимірюванні використовують низьку напругу, метал з покриттями занурюють в агресивне середовище або в камеру з сольовим туманом. Покриття з питомим опором > 108 Ом-см² вважають хорошими, покриття із питомим опором < 106 Ом-см² - поганими, а з $106-108$ Ом-см² - задовільними. Оцінку якості покриття проводять також візуально за питомою площею, займаною іржею після випробувань.

Відомий спосіб вивчення електрохімічної поведінки металу під покриттями по зміні омичного опору при постійній напрузі, при цьому між електродом і покриттям прокладають пористий матеріал [Сергеева Е.И., Берукштис Г.К., Михайловский Ю.И. Метод исследования электрохимического поведения металлов в условиях консервации полимерными пленками / Коррозия и защита металлов. Сборник статей. М: Наука, 1970. - С. 186-188].

Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється.

Крім того, вимірювання омичного опору виконували для тонкого шару досліджуваного металу, як електрод використовували мідно-сульфатний електрод, як пористий матеріал - електролітичний ключ у вигляді дерев'яної пробки, що щільно закриває скляну трубку, як агресивний розчин - насичений розчином CuSO_4 , зразки поміщали в герметичну, термостатовану камеру, вимірювали також потенціал досліджуваного металу і судили об електрохімічний поведінці (стійкості) по його зсуву по відношенню до мідно-сульфатного електроду.

Недоліком цього способу є його непридатність для дослідження покриттів, нанесених на конструкції споруд, відсутність в нім прямого впливу на покриття електричних потенціалів витоку, що виникають на конструкціях, і ненадійність кріплення електролітичного ключа до покриття на металевій поверхні конструкції.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, що заявляється, є спосіб визначення перехідного опору металевій конструкції методом «мокрого контакту», в якому вимірювання ведуть в заводських умовах або на експлуатованих конструкціях споруд, при цьому між електродом і покриттям прокладають пористий матеріал, змочений розчином електроліту, на цей матеріал встановлюють металевий електрод, подають робочу напругу U , по амперметру фіксують силу струму витоку I і розраховують перехідний опір в місці вимірювання по формулі $R = US/I$, де S - площа електроду, м² [Защита металлических сооружений от подземной коррозии. Справочник. М: Недра, 1981. - 293 с].

Ці ознаки співпадають із істотними ознаками винаходу, який заявляється.

Крім того, вимірювання проводять на ізольованому трубопроводі, при вимірюванні застосовують напругу 30В, як пористий матеріал використовують тканинний рушник, який намотують по периметру трубопроводу смугою, ширина якої не менше 0,5м, як агресивний розчин використовують 3 %-ний розчин NaCl .

Недоліком цього способу-прототипу є висока складність закріплення тканинного рушника на плоских поверхнях конструкцій і низька величина напруги (30В), що може бути нижче за максимальні потенціали, які з'являються на металевих конструкціях споруд електрифікованого залізничного транспорту.

Вказані недоліки не дозволяють ефективно застосовувати спосіб-прототип для визначення електрокорозійної стійкості захисних покриттів металевих конструкцій споруд електрифікованого залізничного транспорту.

У основу винаходу поставлено завдання удосконалення способу визначення електрокорозійної стійкості захисних покриттів металевих конструкцій споруд електрифікованого залізничного транспорту.

Поставлене завдання вирішується тим, що в нім вимірювання ведуть в заводських умовах або на експлуатованих конструкціях споруд, при цьому між електродом і покриттям прокладають пористий матеріал, змочений розчином електроліту, на цей матеріал встановлюють металевий електрод, подають робочу напругу U , по амперметру фіксують силу струму I , що проходить через покриття, і розраховують перехідний опір в місці вимірювання по формулі $R=US/I$, де S - площа електроду, м², при цьому заздалегідь вимірюють і отримують графік зміни напруги на рейках і сталевій конструкції під час руху поїздів з електротягою на протязі не менше доби, визначають їх максимальні величини напруження, встановлюють робочу напругу U такої ж величини, як максимальна на досліджуваній конструкції, але не більше 100 В, як пористий матеріал між електродом і покриттям використовують губку з пінопласту, як електроліт - 5 %-й розчин HCl або дистильовану воду, металевий електрод і губку під ним закріплюють на досліджуваному покритті за допомогою магнітного притискного пристрою, який складається з круглого феромагніту із закріпленням на нім гумовим поясом, і твердої про-

кладки між поясом і електродом, притискують цим пристроєм електрод з просоченою губкою до покриття, ведуть запис струму до його різкого збільшення і відшаровування і зникнення покриття на невеликій круглій ділянці (пробою), по характеру зміни струму, опору, що розраховується, і часу до пробую судять про електрокорозійну стійкість покриття.

Вказані ознаки винаходу, який заявляється, забезпечують досягнення технічного результату, який полягає у визначенні електрокорозійної стійкості покриттів на сталевих конструкціях залізничних штучних споруд (мостів, тунелів і водопропускних труб), експлуатованих в умовах обводнення і струмів витоку від рейок, і підвищення цим надійності і довговічності вказаних конструкцій і споруд.

Суть винаходу пояснюється схемами і графіками, на яких зображено:

фіг. 1. Схема виникнення електричних потенціалів і струмів в конструкціях залізобетонного моста: 1 - контактний провід; 2 - рейки; 3 - шпали; 4 - баласт; 5 - прогонові споруди; 6 - опори; 7- грунт; 8 - опір розтіканню струму в ґрунті; 9 - земля;

фіг. 2. Умовна модель покриття: 10 - стінки труби; 11 - захисне покриття; 12 - пори в покритті; 13 - частково заповнені пори; 14 - пори що заповнені повністю електролітом; іПОР - струм катодного захисту, що проходить крізь пору; іП - струм що проходить до труби крізь ділянку захисного покриття, що не має наскрізних пор; d - діаметр пор; δ - товщина захисного покриття;

фіг. 3. Зміна в часі потенціалу на рейках колій по відношенню до землі;

фіг. 4. Принципова схема вимірювань сили струму, що проходить через захисне покриття, в умовах агресивного середовища: 15 - електрод; 16 - поролон; 17 - сталева конструкція;

фіг. 5. Схема магнітного притискного пристрою: 18 - магніт; 19 - гумовий пояс;

фіг. 6. Переріз магнітного притискного пристрою: 20 - тверда підкладка; 21 - електрод;

фіг. 7. Металевий міст через р. Сіверський Донець біля ст. Зміїв Південної залізниці;

фіг. 8. Підключення проводів від вимірювального приладу до «землі»;

фіг. 9. Підключення проводів від вимірювального приладу до рейки струбциною;

фіг. 10. Запис за допомогою самописних вольтметрів потенціалів витоку на конструкціях моста;

фіг. 11. Змінення потенціалу на незаземленій металевій фермі моста в часі в дощову погоду. Швидкість руху стрічки самописця - 10 мм/хв;

фіг. 12. Змінення потенціалу на незаземленій металевій фермі моста в часі в пахмурну погоду. Швидкість руху стрічки самописця - 10 мм/хв;

фіг. 13. Змінення потенціалу на незаземленій металевій фермі моста в часі в суху погоду. Швидкість руху стрічки самописця - 10 мм/хв;

фіг. 14. Установлення електрода з губкою за допомогою магнітного притискного пристрою;

фіг. 15. Подача напруги між сталеву балкою і електродом;

фіг. 16. Блок живлення і самопишущий міліамперметр для вимірювання потенціалів і щільності струму;

фіг. 17. Мультиметр РС-500 з виходом на ПЕ-ОМ;

фіг. 18. Змінення щільності струму в часі від постійного потенціалу; U=100В, що проходить через покриття ПФ-115,

фіг. 19. Місце пробую в покритті;

фіг. 20. Змінення щільності струму в часі від постійного потенціалу U=100В, що проходить через високоефективне захисне покриття ЗС-3+№29.

Теоретичним обґрунтуванням способу, що заявляється, є наступне. При русі поїздів з постійною електротягою в зоні споруди (по мосту, через тунель або над трубою) на рейках або сталевих конструкціях, до яких кріпиться через ізолятори контактна мережа, виникає електричний потенціал по відношенню до землі, фіг. 1. Величина і характер зміни цього потенціалу на різних конструкціях і спорудах можуть сильно розрізнятися залежно від графіка руху поїздів з електротягою, типу поїзду (електричка, пасажирський або вантажний, навантажений або порожній), відстані споруди до трансформаторних підстанцій, що живлять контактну мережу, стану колії і самої конструкції, навколишньої гідрогеології і погодних умов.

При виникненні постійного позитивного або негативного потенціалу на сталевих конструкціях власний електродний потенціал сталі зрушується, і сталева конструкція під час руху поїзду з електротягою стає анодом або катодом. При цьому під свіжо нанесеними захисними покриттями, в тонких шарах конденсатної вологи, що була на конструкції ще перед нанесенням покриттям, починають протікати відповідні анодні або катодні електрокорозійні реакції, продукти яких прагнуть відшарувати захисне покриття [Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. - М.: Недра, 1975. - 287 с], [К механизму коррозии низкоуглеродистой стали под защитными покрытиями / А.Н.Плугин, И.В.Подтележникова, С.В.Мирошниченко, и др.// Моделирование в компьютерном материаловедении: - Одесса: Астро-принт, 2007. - С.197. -202 с]. Це скорочує термін служби покриттів і робить неефективними багато з них. Крім того, захисні покриття, як відомо, не являються абсолютно непроникними, фіг.2 [Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. - М.: Недра, 1975. - 287 е.]. Тому під час експлуатації споруд електрокорозія сталевих конструкцій посилюється. Руйнування покриттів ще більш інтенсифікується для обводнених конструкцій, оскільки в загальному ланцюзі рельс-конструкція-земля, як було нами виявлено, потенціали на конструкціях і, відповідно, струми через покриття значно збільшуються.

З урахуванням викладеного, попереднє вимірювання і отримання графіка зміни напруги на рейках і сталевій конструкції під час руху поїздів з електротягою на протязі не менше доби забезпечують об'єктивну оцінку електрокорозійних умов для покриття конструкції на даній споруді.

Губка з поролону, що поміщається між електродом і покриттям: фіг. 4, використовується у зв'язі

зку з тим, що вона є еластичною і за рахунок цього забезпечить її однаково щільний контакт з поверхнями покриття і електроду.

Розчин HCl використовують для проїжджої частини прогонової споруди, оскільки ця частина піддається дії найбільш агресивних чинників, серед яких найбільшу проникаючу здатність через покриття мають іони H⁺.

Дистильовану воду для насичення губки використовують для решти сталевих конструкцій і нормальних досліджень, оскільки вона імітує дощову і конденсатну воду на поверхні покриття, де забруднення від поїздів мінімальні.

Магнітний притискний пристрій, фіг. 5, 6, забезпечує швидку і просту установку електроду з постійним притиском його через губку до покриття.

Запис струму до його різкого збільшення і відшаровування і зникнення покриття на невеликій круглій ділянці (пробою) дозволяють отримати кількісні характеристики корозійної стійкості і довговічності захисного покриття для даної споруди.

Обмеження робочої напруги U величиною 100 В обумовлено максимально можливою величиною потенціалу, яка, за даними наших численних вимірювань, може досягати 60-70 В і навіть більш, що відповідає даним [Ершов И.М., Панфиль Л.С. Защита сооружений от воздействия блуждающих токов железных дорог. - М.: Транспорт, 1965. - 148 с].

Обмеження часу вимірювань на протязі не менше доби обумовлене достатністю даних для визначення графіка руху поїздів з електротягою і величини максимальної напруги на рейках і конструкції.

Концентрація розчину HCl, що дорівнює 5 %, обумовлена необхідністю відповідності величини концентрації в стандартних методах випробувань металів на корозію.

Приклад 1. Вимірювання і отримання графіка зміни потенціалів на рейках і сталевій конструкції під час руху поїздів з електротягою.

Виконують вимірювання на залізничному мосту через річку Сіверський Донець із сталевими фермами з опорами з бутобетону із кам'яним облицюванням. Міст розташований на 284-му км. електрифікованої постійним струмом ділянки Зміїв-Занки Південної залізниці, фіг. 7.

Для цього під досліджуваною фермою забирають стрижень з періодичної арматури діаметром 12 мм, завдовжки 1,5 м на глибину близько 1,2 м., який виконують функцію «землі». До нього приєднують провід вимірювального приладу, фіг. 8. Другий провід від приладу приєднують за допомогою струбцини до підшоши рейки із зовнішнього боку колії, фіг. 9.

Включають самописні вольтметри і проводять вимірювання потенціалів рейка-земля Ур-ф на рейках шляхів, що проходять через міст, а також напруги на фермі Уф-з, фіг. 10, протягом доби.

По графіках зміни напруги на рейках визначають зону з максимальною напругою, аналогічну приведеній на фіг. 3, і визначають величину максимальної напруги на рейках.

За даними записів напруги на фермі, фіг. 11-13, де відображені потенціали після дощу, в похмуру і суху погоду, визначають величину максимальної напруги, яка виявилася рівною близько 70 В (після дощу).

Характерно, що в похмуру погоду максимальний потенціал істотно зменшується, а в суху погоду - навіть більш ніж на порядок.

Аналіз показав, що потенціал на ферму потрапляє через ізолятори контактних проводів під верхнім поясом ферми, фіг. 1, фіг. 7.

Приклад 2. Визначення корозійної стійкості захисних покриттів сталевих конструкцій моста.

Виконують вимірювання на залізничному мосту із балковими прогоновими спорудами і залізобетонними опорами. Міст розташований на ст. Предвузлова Південної залізниці. Рейкові колії прокладені як на мосту, так і під його прогоновими спорудами, всі колії електрифіковані постійним струмом.

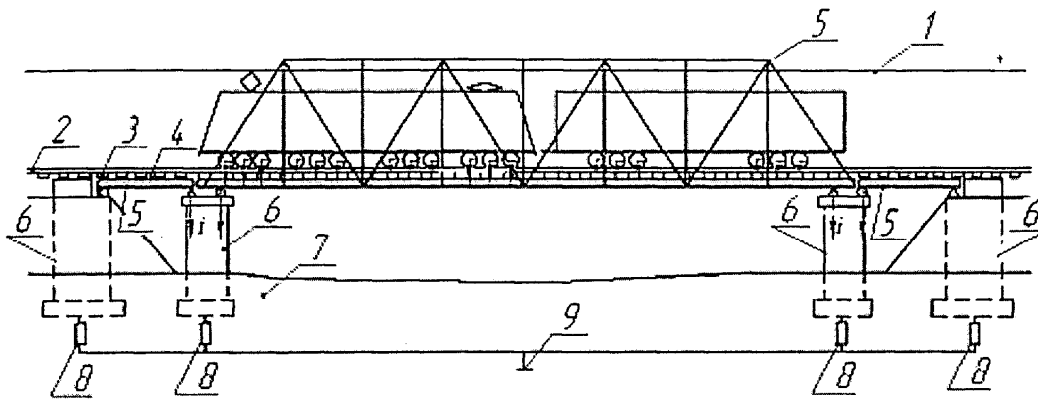
На покриття вертикальної поверхні балки прогонової споруди встановлюють за допомогою магнітного пристрою губку з електродом, фіг. 14. У губку заливають мензуркою до насичення дистильовану воду, підключають провід від електрода до негативної клеми вимірювального приладу, а з позитивної клеми приладу провід приєднують з ребром кутника конструкції, фіг. 15 (якщо на досліджуваній конструкції потенціал витоку є негативним, провіда підключають до вимірювального приладу навпаки).

Включають блок живлення, фіг. 16 (нижній прилад), і подають робочу напругу $U = 100$ В, відповідне зміряному заздалегідь напрузі на рейках з деяким запасом. Ведуть запис струму, що проходить через покриття, за допомогою самописного амперметра, фіг. 16, верхній прилад. Останнім часом нами ведеться вимірювання і запис струму за допомогою сучасного мультиметра РС-500 з виходом на ПЕВМ, фіг. 17.

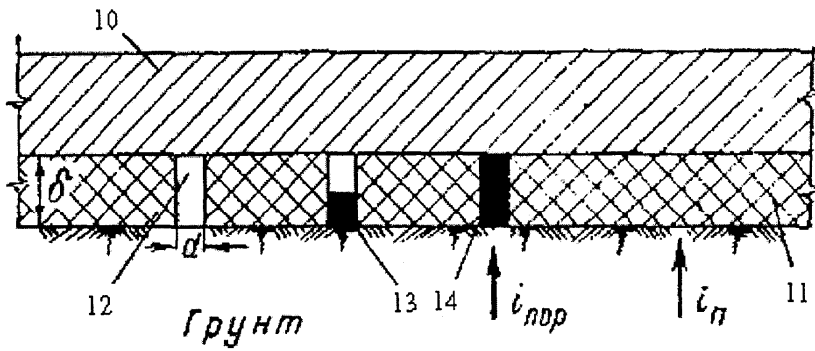
На фіг. 18, представлений запис зміни струму в часі для покриття ПФ-115. Як видно, через 800 годин вимірювань струм різко зріс, і на поверхні покриття з'явився пробій, фіг. 19.

На фіг. 20 представлений запис зміни струму в часі для покриття типу ЗС-3М+№29. Згідно запису, через 300 годин вимірювань струм зріс до величини 670 мА/дм² м/дм² потім впав до малозначимих безпечних величин. Це обумовлено протіканням реакції під покриттям, після чого вони зупинилися із-за ненадходження кисню і води через покриття.

Дані виконаних досліджень свідчать, що покриття з фарби ПФ-115 є малостійким, а покриття ЗС-3+№29 стійким проти електрокорозії.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



—◆— - ближня до станції колія ; —◇— - дальня колія

Фиг. 3.

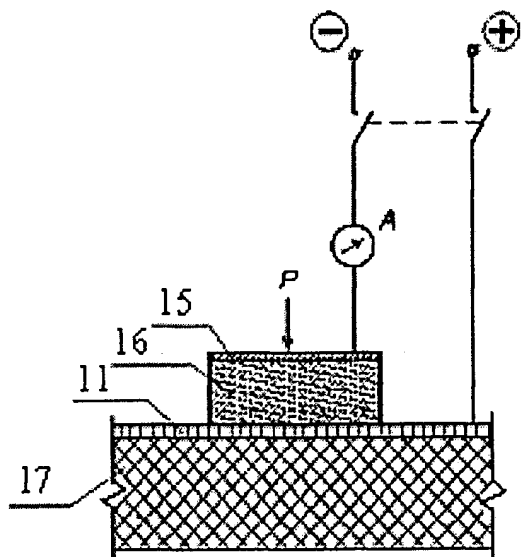


Fig. 4.

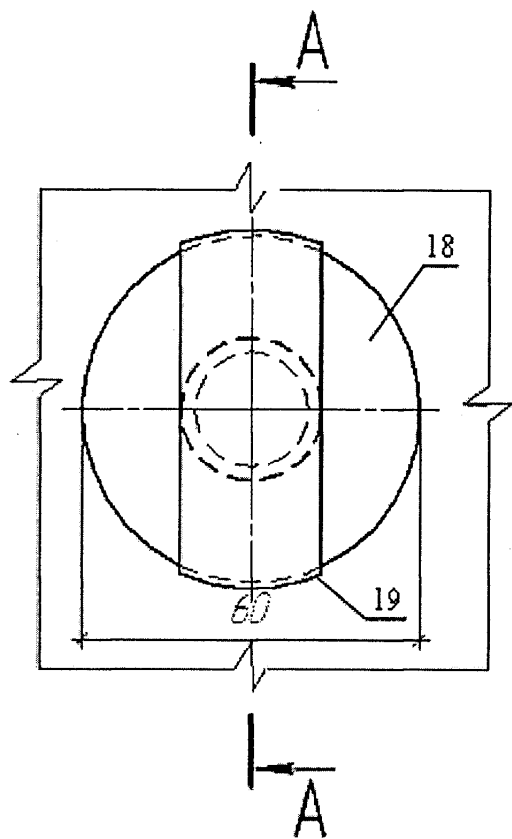


Fig. 5.

A - A

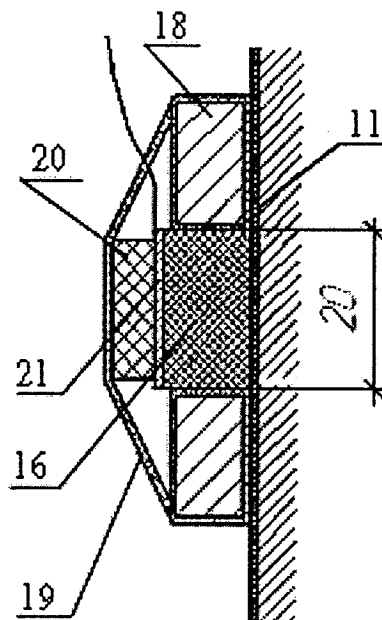


Fig. 6.



Fig. 7



Fig. 8.



Fig. 9.

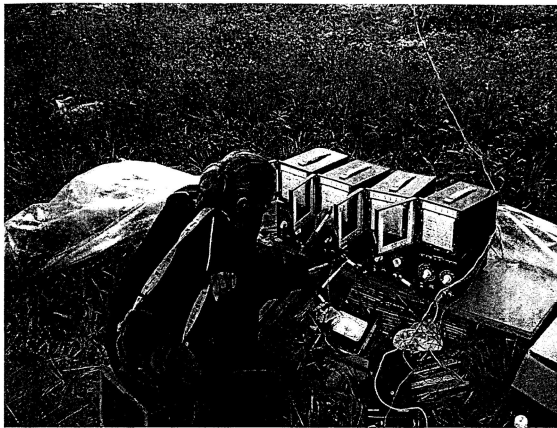


Fig.10.

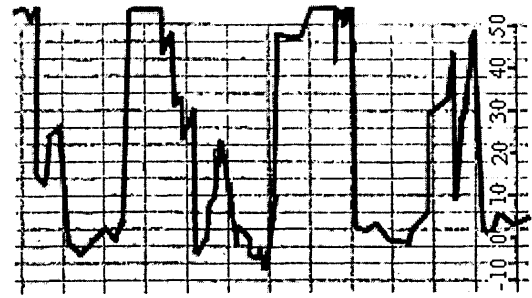


Fig. 11

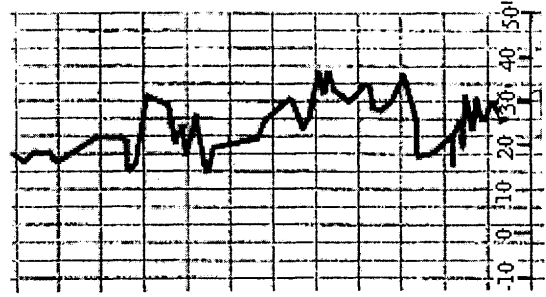


Fig. 12

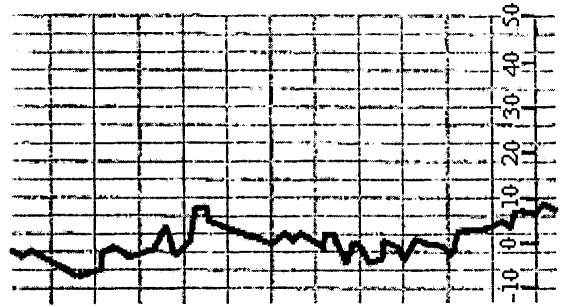


Fig. 13

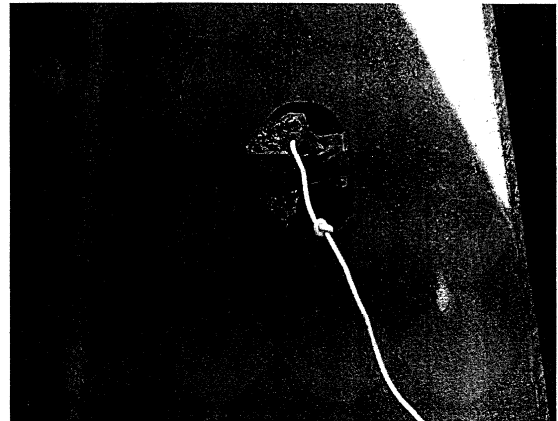
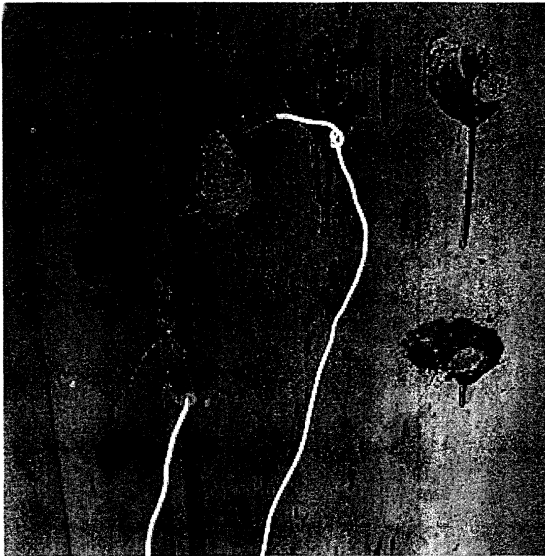
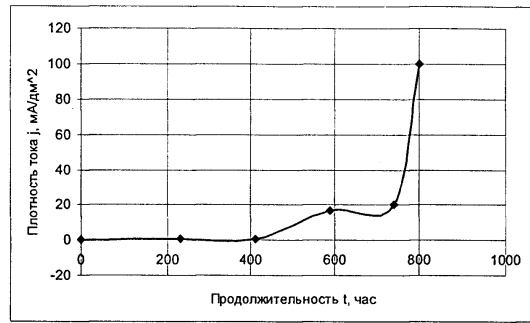


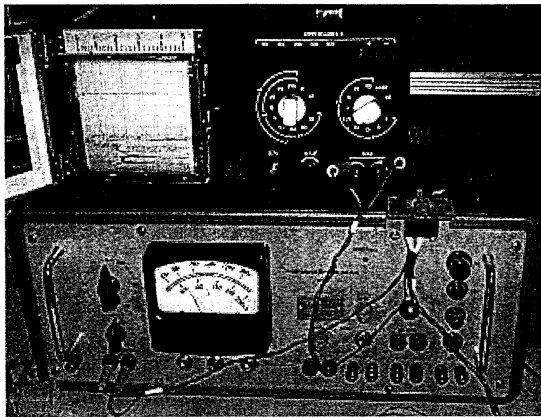
Fig.14.



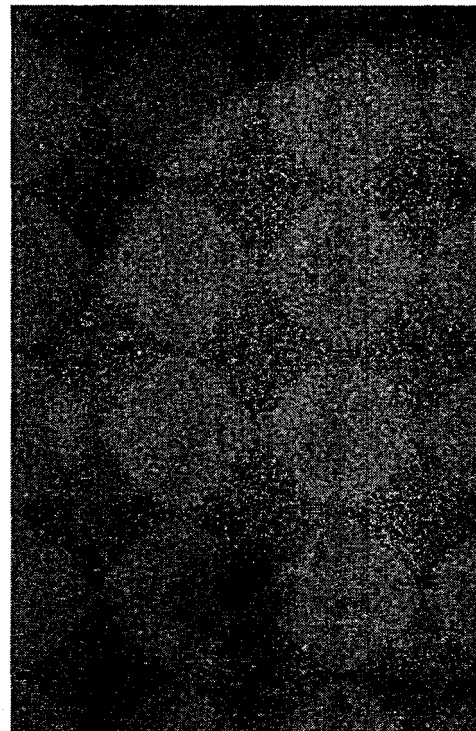
Фіг. 15



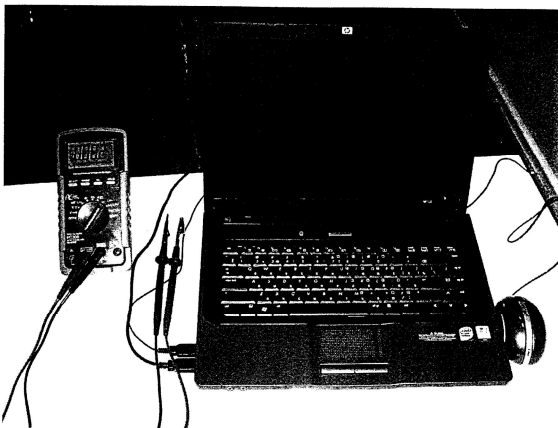
Фіг. 18



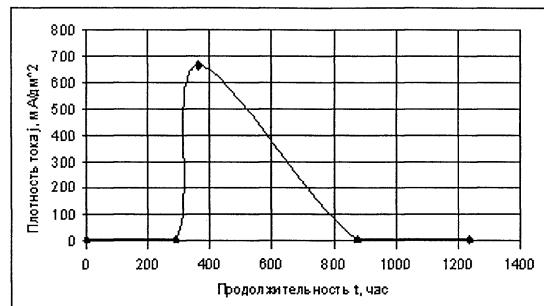
Фіг. 16



Фіг. 19.



Фіг. 17



Фіг. 20.