

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

На правах рукопису

ДАНИЛЯК СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОННИХ ЗВАРЮВАЛЬНИХ
ТРЕНАЖЕРНИХ І КОНТРОЛЮЮЧИХ СИСТЕМ

Об. 13.05 - Елементи та пристрої обчислювальної
техніки і систем управління

Автореферат
дисертації на здобуття ученого ступеня
доктора технічних наук

C. DRS

Київ - 1993

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Інституті проблем моделювання в енергетиці
Академії наук України

Науковий консультант - член-кореспондент АН України,
доктор технічних наук, професор ВАСИЛЬЄВ Всеволод Вікторович

Офіційні опоненти:

1. Член-кореспондент АН України, доктор технічних наук, професор
МАЛИНОВСЬКИЙ Борис Миколайович
2. Доктор технічних наук, професор
САМОЙЛОВ Віктор Дмитрович
3. Доктор технічних наук, професор
СТЕПАНОВ Аркадія Євгеньович

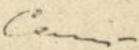
Провідна організація - Науково-дослідний проектний інститут
"Укргазпроект" м.Київ

Захист відбудеться "18" листопада 1993 року о 14 годині на за-
сіданні спеціалізованої ради Д 016.61.01 при Інституті проблем
моделювання в енергетиці Академії наук України за адресою: 252164,
Київ - 164, вул. Генерала Наумова, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту проблем
моделювання в енергетиці АН України.

Автореферат розіслано "11" жовтня 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук



СЕМАГІНА Е. П.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00810635 (N)

ЛННБ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. Науково-технічний прогрес в останні роки сприяв появі нових наукових та технічних напрямків, в яких об'єднані досягнення обчислювальної та телевізійної техніки, автоматичної, мікроелектроніки та ін. До числа таких напрямків можна віднести і розробку електронних зварювальних тренажерних та контролюючих систем, котрі нині є найбільш досконалими технічними засобами підготовки зварників. Тренажери дозволяють підвищити ефективність формування у зварювальників необхідних навиків управління зварювальним процесом, визначення дефектів зварювального з'єднання, виконання складних рухів і т.п. Крім того, використання тренажерів дозволяє значно зменшити вартість підготовки персоналу за рахунок скорочення часу та економії електроенергії, електродів, металу.

Дослідження відомих зварювальних тренажерів показало, що більшість з них має істотні недоліки, пов'язані з суцільно електромеханічними принципами реалізації та відсутністю електронних засобів контролю та діагностики імітованого чи реального дугового зварювального процесу. На цих пристроях не можна вирішувати питання профвідбору, допускового контролю та атестації операторів-зварників, що обмежує можливість широкого використання цих пристроїв. Для цих тренажерів не вирішені питання побудови автоматизованих робочих місць індивідуального та колективного користування на основі використання спеціалізованої чи серійної мікропроцесорної обчислювальної техніки з елементами та пристроями: обробки виміральної інформації; імітаційного моделювання основних елементів дугового зварювального процесу; контролю просторової орієнтації кінця ручного інструменту по відношенню до імітатора зварювальної ванни; раціональної організації звукових та оптичних сигналів зворотнього зв'язку; статистичної обробки, експертної оцінки та документальної реєстрації результатів тренажа.

Успішне вирішення вказаних завдань має важливе значення для розвитку зварювального виробництва, яке характеризується використанням складних технологічних процесів, великою кількістю визначаючих їх хід параметрів, високими швидкостями передачі та обробки інформації. Досягнення потрібної якості зварювальних з'єднань, а також зниження собівартості зварних виробів вимагає комплексної автоматизації зварювального виробництва, важливою складовою частиною якої є автоматизація власне процесу підготовки зварювальників. Виз-

начальними в розвитку теорії та методів автоматизації дугових зварювальних процесів, а також аналізу технологічних процесів зварювання як об'єктів автоматичного управління є праці М.М.Рикаліна, Б.С.Патона, Г.Є.Пухова, В.К.Лебедева, М.С.Львова, Е.О.Гладкова, В.В.Васильєва, В.К.Походні, W.Shultz, H.Schow, B.Narvey та багатьох інших вітчизняних та зарубіжних вчених.

Таким чином, актуальним науковим завданням є створення методів побудови елементів та пристроїв електронних зварювальних тренажерних та контролюючих систем з високою ефективністю та якістю підготовки зварювальників.

МЕТОЮ РОБОТИ є теоретичне обґрунтування та розробка методів створення високоефективних технічних засобів контролю та навчання такому складному технологічному процесу, яким є дугове зварювання, а також дослідження та розробка функціонального складу, електронних елементів збору та обробки інформації зварювальних тренажерних та контролюючих систем.

Відповідно з поставленою метою розглянуті наступні питання:

- дослідження технологічного процесу дугового електричного зварювання з метою створення методів узагальненої поелементної побудови електронних зварювальних тренажерів;

- теоретичне обґрунтування методів моделювання дугового зварювального процесу в електронних зварювальних тренажерах;

- дослідження методів побудови функціональних перетворювачів просторової орієнтації ручного інструменту по відношенню до площини зварювальних виробів для різних типів зварювальних тренажерів;

- дослідження та розробка поелементного складу пристроїв контролю, управління та організації аудіовізуальних сигналів зворотнього зв'язку малоамперних дугових зварювальних тренажерів;

- дослідження та розробка вузлів та елементів електронного зварювального тренажера для навчання зварюванню просторових конструкцій в монтажних умовах;

- розробка принципів побудови електронних зварювальних тренажерів колективного користування на основі ПЕОМ;

- дослідження способів побудови елементів та пристроїв оптико-електронних інформаційно-вимірювальних систем просторової орієнтації зварювальної головки, контролю параметрів зварювальної ванни та шва на реальному зварювальному процесі.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ґрунтуються на: теорії імітаційного моделюван-

ня, теоретичних основах електротехніки, теорії автоматичного управління, аналізі та синтезі дискретних пристроїв, теоретичних основах дугового зварювання.

НАУКОВА НОВИЗНА. В дисертаційній роботі одержані наступні наукові результати:

- вирішена актуальна наукова задача теоретичного обґрунтування та розробки методів створення електронних зварювальних тренажерних та контролюючих систем, маючих високу ефективність та якість підготовки зварювальників;

- розроблені функціональний склад, вузли та елементи електронних зварювальних тренажерних систем дисплеяного, іскрового та малоамперного типів;

- запропоновані принципи побудови та використання контрольно-виміральної апаратури з волоконно-оптичними перетворювачами для просторової орієнтації ручного інструменту по відношенню до площини зварюваних виробів, а також запропонована методика аналізу функції перетворення;

- запропоновані принципи побудови елементів та пристроїв контролю та оцінки тренувального процесу;

- запропоновані методи побудови елементів та пристроїв збору та обробки інформації електронного зварювального тренаjera для навчання зварюванню просторових конструкцій в монтажних умовах;

- на основі виконаного аналізу існуючих способів інформаційного забезпечення зварювальника запропоновані та теоретично обґрунтовані методи організації звукових та оптичних сигналів зворотнього зв'язку до зварювальника та розроблені пристрої їх раціональної організації;

- запропоновані способи побудови автоматизованих робочих місць, підготовки зварювальників індивідуального та колективного користування на основі застосування ПЕОМ.

Новизна запропонованих технічних рішень підтверджена 29 авторськими свідоцтвами на винаходи СРСР та 17 зарубіжними патентами.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. Запропоновані методи та пристрої побудови зварювальних тренажерних та контролюючих систем, а також запропоновані елементи і пристрої збору, обробки та надання інформації дозволяють комплексно підійти до процесу підготовки зварювальників та контролю виконаних ними зварювальних робіт, що в результаті суттєво підвищує їх якість.

Основні результати дисертації використовувались при розробці

зварювальних тренажерів "ЕТЗ-01", "ІТЗ-01", комплексних зварювальних тренажерних та контролюючих систем індивідуального та колективного використання на базі ПЕОМ "МДТЗ-04, 05, 06, 07".

Дослідження виконувались відповідно планам науково-дослідних робіт Інституту проблем моделювання в енергетиці АН України, затверджених Держкомітетом РМ СРСР по науці і техніці, Президію АН України, а також ряду договірних тем під керівництвом та безпосередньою участю автора в розробці дослідних зразків.

Зварювальні тренажерні системи "ЕТЗ-01М", "ІТЗ-01" та "МДТЗ-04" серійно освоєні підприємствами "Кристал" (м. Миколаїв), "Буревісник" (м. Київ), а також Калінінградським експериментальним заводом ім. 60-річчя СРСР і удостоєні дипломів ВДНГ СРСР та УРСР. Вказані тренажери демонструвались на міжнародних виставках та показах: 198 р. (ПНР, ЧССР, СФРЮ), 1988р. (США, НРБ), 1989р. (НДР, Японія, ФРН), 1992р. (Австрія).

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Основні результати роботи доповіди, дались, обговорювались і були схвалені на: Всесоюзній школі-семінарі "Розпаралелювання обробки інформації" (Львів, 1981р., 1983р.); Всесоюзній школі молодих вчених та спеціалістів по актуальним питанням управління виробництвом в умовах безперервного технологічного процесу (Усть-Ілімськ, 1982р.); Всесоюзній науково-технічній конференції "Моделювання-88" (Кишенів, 1988р.); Всесоюзній науково-технічній конференції "Тренажери в формуванні професійних навиків при підготовці спеціалістів" (Ульянівськ, 1988р.); конференції "Застосування машинної графіки в моделюванні та навчальних системах" (Пенза, 1989р.); науково-технічних конференціях ІПМЕ АН України (Київ); наукових семінарах "Електронні моделюючі структури" Наукової ради АН України по проблемі "Теоретична електротехніка, електроніка та моделювання" (Київ, 1979-1988р.).

За наукову працю "Дослідження та розробка електронного зварювального тренажера" постановою від 08.02.82р. Президія АН УРСР відзначила авторів праці, в число яких входить здобувач, премією та медаллю Академії наук УРСР для молодих вчених.

ПУБЛІКАЦІЇ. Матеріали дисертації знайшли своє відображення в 101 друкованій праці, в тому числі 1 монографії, 6 препринтах, одержано 29 авторських свідоцтв на винаходи СРСР, 17 зарубіжних патентів, в тому числі США, Японії, ФРН та інших зарубіжних країн.

СТРУКТУРА І ОБ'ЄМ ПРАЦІ. Дисертація викладена на 252 сторінках машинописного тексту, має 62 малюнки і складається із вступу, п'яти

глав, заключения, списка літератури із 287 найменувань та додатку, котрий містить акти упровадження та використання результатів дисертаційної праці.

ЗМІСТ ПРАЦІ

У ВСТУПІ дається обґрунтування актуальності роботи, формулюється її мета та основні положення, що захищаються.

У ПЕРШІЙ ГЛАВІ зроблений аналіз відомих методів та технічних засобів професійної підготовки зварювальників. Виявлені достоїнства та недоліки існуючих технічних засобів навчання та визначені основні шляхи усунення цих недоліків.

Досліджений технологічний процес дугового електрозварювання, як об'єкт автоматичного управління, з метою розробки методів узагальненої поелементної побудови електронних зварювальних тренажерів.

Зварювальне з'єднання можна розглядати як результат функціонування системи "джерело живлення - джерело нагріву - зварювальник - зварювальне з'єднання". Окремі компоненти цієї системи об'єднані зворотніми зв'язками в складну багатозв'язкову систему. Дія цих зв'язків проявляється в тому, що зміни процесу формування зварювального з'єднання чинять зворотню дію на джерело нагріву та живлення. Всю різноманітність параметрів процесу зварювання можна умовно розподілити на три групи: енергетичні, які характеризують вклад енергії в процес формування зварювального з'єднання; кінематичні, які характеризують просторове переміщення чи положення джерела нагріву відносно зварювального з'єднання; технологічні, які характеризують умови формування та кристалізацію зварювальних швів, переносу електродного металу.

Стабілізація енергетичних параметрів дуги в багатьох випадках визначає умови забезпечення заданої якості зварювального з'єднання. При цьому необхідно урахувати, що зміни погонної енергії, достатні для управління термічними циклами при дуговому зварюванні, недостатні для управління формою шва, тому що струм, швидкість переміщення і напруга дуги по різному впливають на форму шва при незмінній погонній енергії. Фактори, які впливають на форму та розміри зварювального шва, можна розподілити на дві групи: вихідні технологічні умови - товщина S металу, проміжок b між деталями, які зварюються, діаметр електродного дроту d_e ; керовані параметри режиму зварювання - напруга на дузі U_d , швидкість зварювання $V_{зв}$, зварюва-

льний струм $I_{\text{об}}$.

Якісний аналіз дугових зварювальних процесів як об'єктів контролю та регулювання, а також розуміння виникаючих в них явищ, дозволяє перейти до знаходження кількісних характеристик процесу за допомогою датчиків та вимірювальних перетворювачів з метою побудови структури та елементного складу електронного зварювального тренажера.

Сформульовані основні вимоги, яким повинні задовольняти комплексні електронні зварювальні тренажери. Показано, що для більш повного відтворення умов, які відбуваються в реальному зварювальному процесі, в тренажері повинна бути реалізована математична модель реально протікаючого процесу, котра відповідно з керуєними діями зварювальника, які вводяться в модель, повинна керувати в реальному масштабі часу імітатором зварювальної ситуацією, яка виникає при проведенні реального зварювального процесу. Для зварювального тренажера математична модель повинна описувати тільки ті особливості процесу, які суттєві для його керування, а також обмеження, обумовлені технологічними, економічними та іншими причинами. Таким чином, задачею моделювання є встановлення залежності між показниками якості (y_n) і параметрами (x_{pn}) процесу:

$$y = A \{x_{1n}, \dots, x_{pn}\}. \quad (1.1)$$

Запропонована та проведена класифікація зварювальних тренажерів як по різним принципам технічної реалізації, так і по поколінням цих пристроїв. Визначені етапи роботи зварювальника на тренажері.

Досліджені задачі, які повинен вирішувати комплексний зварювальний тренажер при навчанні зварювальників з позиції високої ефективності підготовки. Розроблена узагальнена блок-схема зварювального тренажера, яка може бути представлена системою, котра складається з: зварювальника, інструктора чи пристрою, моделюючого його діяльність, робочого місця зварювальника, включаючого імітатори ручного інструменту для різних способів ручного дугового зварювання, імітатори зварюваних деталей (плоскі стикові, таврові та трубні з'єднання, оснащені маніпулятором їх просторовою орієнтації), імітатор монтажного затиснення, а також пристрою моделі дугового зварювального процесу, контролю, керування, оповіщення, реєстрації, статистичної обробки та документування результатів тренажа.

ДРУГА ГЛАВА присвячена питанням теорії та методам побудови електронних зварювальних тренажерів дисплейного типу, призначених, в основному, для початкової підготовки зварювальників. Викладені принципи технічної реалізації основних вузлів та елементів дисплейного зварювального тренажера, які можна розглянути по наступній схемі: імітація основних елементів зварювальної обстановки (зварювальна ванна, дуга та її звук, іскри, зварні вироби та зварний шов); математичне та електронне моделювання дугового зварювального процесу та зварювального джерела струму; контроль параметрів імітуємого зварювального процесу; формування сигналів зворотнього зв'язку; контроль та управління процесом підготовки.

Проведений аналіз показав, що задача сприйняття та оцінки просторового положення елементів, моделюючих зварювальну обстановку, в значній мірі спрощується при формуванні складної фігури динамічного об'єкту, конфігурація, положення, розміри та колір якої в наглядній формі відображають ряд її параметрів.

Відсутність механічних систем, висока технологічність дозволяють вважати доцільним використання електронних дисплеїв в зварювальних тренажерах для відображення елементів зварювальної обстановки. Інформація про зміни в стані імітуємого зварювального процесу поступає в інформаційно-логічні, обчислювальні та інші технічні засоби, які забезпечують необхідний рівень автоматизації управління. Після відповідної обробки інформації в цих пристроях стан імітуємого зварювального процесу відображається на засобах відображення інформації і, таким чином, зварювальник сприймає не безпосередньо стан зварювального процесу, а деякий імітуємий його образ (відображення), називаємий інформаційною моделлю. Під інформаційною моделлю імітуємого зварювального процесу будемо розуміти багато сигналів, організованих відповідно з визначеною системою правил і створюючих відображення керуваного об'єкта, його системи управління, зовнішнього середовища та способів впливу на них. На основі сприйняття інформаційної моделі дугового зварювального процесу в свідомості зварювальника формується образ стану керуваного об'єкта, який назвемо концептуальною моделлю.

Концептуальна модель порівнюється з деяким еталоном, який зберігається в пам'яті зварювальника і відображає необхідний стан зварювального процесу. По результатам порівняння, а також звуковим та оптичним сигналам зворотнього зв'язку, які поступають від електронної моделі дугового зварювального процесу, зварювальник приймає рі-

шення по керуванню імітуємим зварювальним процесом. Реалізація прийнятого рішення призводить до перетворення керованого об'єкта.

Істотним фактором, який впливає на правильність та якість процесу підготовки зварювальників, є введення в склад дисплейного зварювального тренажера електронної моделі дугового зварювального процесу, при допомозі якої вдається контролювати тепловий режим імітуємої зварювальної ванни і, тим самим, керувати часом розігріву та охолодження імітуємої зварювальної ванни, її розмірами і яскравістю адекватно реальному зварювальному процесу.

З достатньою для практичного використання точністю можна вважати, що вся електрична енергія дуги перетворюється в теплову. Частина теплоти, яка йде на нагрів виробу, менша повної теплової потужності дуги в зв'язку з втратами в навколишній простір, нагрів газу, флюсу і т.п. Ця частка теплоти називається ефективною тепловою потужністю нагріву виробу дугою

$$q = \eta_n U I, \quad (2.1)$$

де q - ефективна теплова потужність дуги; η_n - ефективний ККД процесу нагріву виробу дугою (0,5 - 0,9).

Приблизно розподілення теплового потоку по поверхні плями нагріву в напрямку радіуса можна визначити кривою Гауса (законом нормального розподілення):

$$q_2(r) = q_{2m} e^{-kr^2}, \quad (2.2)$$

де q_2 - інтенсивність питомого теплового потоку в будь-якому місці плями, Вт/см²; q_{2m} - найбільший питомий тепловий потік в центрі плями нагріву, Вт/см²; r - радіальна відстань від осі симетрії джерела l розглядаємої точки, см; k - коефіцієнт зосередженості, характеризуючий геометричну форму кривої, 1/см² (коефіцієнт визначається дослідним шляхом і залежить від типу джерела та його теплової потужності).

Досліджені питання методів побудови вимірювальних перетворювачів зварювальних тренажерів. Показано, що нині для контролю просторового положення кінця імітатора електрода по відношенню до центра імітатора зварювальної ванни застосовуються, в основному, електро-механічні вимірювальні пристрої чи пристрої з застосуванням датчиків Холла. Перші мають ті недоліки, що контролюють граничні зна-

чення параметрів і припускають наяву механічного контакту між кінцем імітатора електрода та імітаторами зварювальних деталей, а другі мають низьку точність і можуть використовуватися тільки в електромеханічних тренажерах, що робить неможливим їх застосування в дисплеяних зварювальних тренажерах, в яких зварювальна ванна синтезується на екрані дисплея.

В роботі визначені основні вимоги, котрим повинні задовольняти вимірювальні та контролюючі пристрої довжини дугового проміжку, кута нахилу імітатора електрода та відхилення його кінця від центру відображення зварювальної ванни.

Запропоновано та розроблено декілька оптоелектронних вимірювальних та контролюючих пристроїв активного типу, в основу яких покладений принцип оптичної інфрачервоної (ІЧ) локації імітатора зварювальних деталей джерелом ІЧ випромінювання. Інфрачервоний діапазон вибраний в зв'язку з тим, що він є невидимим і менш всього впливає на якість підготовки зварювальників. Запропоновані пристрої за принципом дії аналогічні радіолокаційним пристроям.

Один із варіантів розроблених оптоелектронних пристроїв уявляє з себе випромінювальний елемент та приймальні елементи, розташовані певним чином відносно центру фокальної площини об'єктива, чи точніше, уявляє собою позиційно-чутливу систему, оснований на квадрантному приймачі випромінювання.

В загальному вигляді позиційна характеристика такої вимірювальної системи може бути подана в наступному вигляді:

$$U_{\text{вих}} = N S_{\text{н}} \varphi(\Phi) f(\alpha), \quad U_{\text{вих}} = N S_{\text{н}} \varphi(\Phi) f(\delta), \quad (2.3)$$

де α - кут між оптичною віссю системи та нормаллю до імітатора зварювальних деталей; δ - лінійне зміщення центру відбитого променевого потоку відносно центру оптичної системи; N - коефіцієнт використання світлового потоку; $S_{\text{н}}$ - вольтова чутливість; $\varphi(\Phi)$ - деяка функція, яка визначає залежність вихідного сигналу від величини потоку випромінювання Φ ; $f(\delta)$ [$f(\alpha)$] - функція, яка визначає залежність вихідного сигналу від величини лінійного δ (чи кутового α) відхилення.

Виділення інформації про довжину дугового проміжку та кутах нахилу імітатора ручного інструменту робиться в результаті аналізу вихідних сигналів з приймачів, на чутливі площадки яких падає відбите від імітаторів деталей випромінювання. Аналіз сприйнятих елек-

тричних сигналів з метою виділення інформації про просторове положення кінця імітатора ручного інструменту по відношенню до центра імітатора зварювальної ванни робиться за допомогою спеціального пристрою - аналізатора. Запропонована одна з можливих схем такого пристрою та математичний опис її роботи.

Якщо позначити елементи квадрантної фотоприймальної системи як А, В, С, D, то величина сигналів, які характеризують нахил імітатора електрода в двох взаємно перпендикулярних площинах відносно центрального положення, визначається наступними виразами: $I_z = (I_A + I_B) - (I_C + I_D)$, $I_y = (I_A + I_D) - (I_B + I_C)$, де I_i ($i = A, B, C, D$) сигнал, знімаємий з i -го квадранта.

При невеликих кутах нахилу імітатора електрода можна користуватися наближеною формулою, яка описує зміну фотоструму, знімаемого з одного квадранту:

$$I_z = 2 \left(I_A + I_B \right) \frac{df(\rho_z)}{dz} \rho_z, \quad (2.4)$$

$$I_y = 2 \left(I_A + I_D \right) \frac{df(\rho_y)}{dy} \rho_y, \quad (2.5)$$

де

$$f(\rho_{z,y}) = \frac{1}{\rho d_0^2} \left[\frac{1}{2} \rho d_0^2 + \Psi (d_0^2 - \Psi^2)^{1/2} + d_0^2 \arcsin \Psi/d_0 - h (d_0 + \Psi) \right], \quad (2.6)$$

$\Psi = \rho_{z,y} - \frac{1}{2} h$; h - величина проміжку між квадрантами; d_0 - діаметр променя потоку, який падає на приймальні елементи; $\rho_{z,y}$ - зміщення центра прийнятого світлового потоку уздовж осей Z та Y відносно центра приймальної системи.

Важливим параметром позиційно-чутливої оптичної вимірювальної системи є величина зони нечутливості, яка визначається не стільки шумами, скільки обмеженнями технологічного характеру. Так, зона нечутливості розглянутих квадрантних датчиків визначається, в основному, співвідношенням між параметрами датчика (наприклад, величина проміжку між чутливими площадками фотоприймачів h) та діаметром падаючого на приймальну систему відбитого світлового потоку d . Причому, якщо величина d може змінюватися в широких границях, то параметр h обмеження розмірами випромінювального елемента. Якщо $h > d$, то зона нечутливості дорівнює (при малій довжині дугового проміжку): $\Delta = h - d + 2\delta_{min}$; де δ_{min} - мінімальне виявляєме зміщення, яке визначається виходячи з вибраного співвідношення сигнал/шум.

В випадку $h \leq d$ (при великій довжині дугового проміжку) ширина зони нечутливості зменшується до величини: $\Delta = 2\delta_{\text{м.п.}}$.

Максимальна точність амплітудних позиційно-чутливих датчиків може бути одержана при використанні модуляційної методики обробки корисного сигналу, суть якої полягає в звуженні полоси пропускання підсилювально-перетворювального тракту і, як наслідок, в підвищенні співвідношення сигнал/шум.

Сигнали, пропорційні кутам нахилу імітатора електрода в двох взаємно-перпендикулярних площинах, можна визначити по співвідношенням:

$$U_{\text{в.м.з}} = \frac{[U_A + U_B] - [U_C + U_D]}{\max \{ [U_A + U_B], [U_C + U_D] \}} = k \operatorname{tg} \varphi_z, \quad (2.7)$$

$$U_{\text{в.м.у}} = \frac{[U_A + U_D] - [U_B + U_C]}{\max \{ [U_A + U_D], [U_B + U_C] \}} = k \operatorname{tg} \varphi_y. \quad (2.8)$$

Таким чином, при невеликих кутах нахилу імітатора електрода вихідні сигнали пропорційні відповідним кутам нахилу $U_{\text{в.м.з}} \approx k\varphi_z$, $U_{\text{в.м.у}} \approx k\varphi_y$ і не залежать від довжини дугового проміжку.

Поскільки фотострум I приймальної системи змінюється тотожно зміні потужності падаючого світлового потоку, то, знаючи величину I та кут α , можна однозначно визначити довжину дугового проміжку L_d .

Рациональне використання закономірностей становлення навиків з метою підвищення ефективності навчання та тренування висуває певні вимоги до принципів побудови пристроїв контролю та управління процесом тренування. Здійснення аналіз задач системи контролю та управління, з якого зроблений висновок, що вона повинна забезпечувати два види контролю за діями зварювальника: візуальний та інструментальний, за допомогою пристроїв реєстрації та документування. Розроблений узагальнений пристрій контролю та управління електронного зварювального тренажера, комплекс апаратних засобів якого повинен мати: підсистему пульта контролю та управління імітуємим зварювальним процесом; підсистему об'єктивного контролю діяльності зварювальника; підсистему запису та відтворення тренування; підсистему документальної реєстрації процесу тренування та результатів контролю за діями зварювальника на зварювальному тренажері; підсистему виробки звукових та оптичних сигналів зворотного зв'язку до зварювальника; підсистему статистичної обробки результатів тренування та підсистему експертних оцінок. В самому простому випадку підсистема

статистичної обробки результатів тренування повинна визначати середнє значення параметрів імітуємого зварювального процесу, які контролюються

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.9)$$

та середнє відхилення

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|. \quad (2.10)$$

Вирішення проблем покращання якості професійної підготовки зварювальників та підвищення ефективності використання зварювальних тренажерів пов'язано з необхідністю переходу від створення електронних зварювальних тренажерних систем індивідуального використання до розробки електронних зварювальних тренажерів колективного користування. Особливо це актуально для учбово-тренувальних центрів, зайнятих підготовкою великої кількості зварювальників.

Досліджені способи побудови електронних зварювальних тренажерів колективного користування та їх технічного обладнання. Розроблена функціональна схема такого тренажера та показані його переваги по зрівнянню з тренажерами індивідуального використання. В основу створення такого тренажера покладений системний підхід, який полягає в обладнанні робочих місць зварювальників уніфікованими вузлами та пристроями, зв'язки між якими формуються програмно. Центральною ланкою такої системи є робоче місце інструктора, обладнане обчислювальною системою, яка здійснює керування всім тренажерним комплексом.

В ТРЕТІЙ ГЛАВІ розглянуті питання дослідження методів побудови і розробки елементів та пристроїв зварювальних тренажерів для навчання зварюванню просторових конструкцій, до яких можна віднести трубні та просторові металокожструкції з прокату.

Обгрунтовані основні вимоги, які висуваються до таких тренажерів, та показана доцільність їх побудови на основі іскрових генераторів, обладнаних датчиками параметрів імітуємого зварювального процесу. Показано, що іскрові зварювальні тренажери можуть використовуватись в учбовому процесі як самостійно, так і входить в повний цикл навчання зварювальників і бути зв'язуючою ланкою між дисплейними зварювальними тренажерами для початкового навчання і дуговими зварювальними тренажерами з малоамперною чи реальною зварювальною

дугою, призначеними для підвищення кваліфікації та атестації зварювальників.

Розроблений функціональний склад іскрового електронного зварювального тренажера, а також окремі елементи моделювання зварювальної обстановки: імітатор зварювальної ванни, вмонтований в вигляді оптичного джерела на кінці імітатора електрода; імітатор привару електрода, виконаний в вигляді електромагніту чи вакуумного захвату, а також електромеханічні імітатори складних зварних конструкцій та імітатори ручного інструменту.

Запропоновані і розроблені методи та пристрої контролю довжини дугового проміжку і швидкості зварювання. До методів визначення довжини іскрового проміжку відносяться: метод прямого вимірювання, метод лінійно-наростаючої напруги, частотний метод, а до методів контролю швидкості зварювання - метод двох діодів, метод резистивної матриці, метод порозрядного порівняння і метод, заснований на використанні перетворювачів час-код.

Метод прямого вимірювання довжини іскрового проміжку базується на тому, що зі зміною довжини іскрового проміжку змінюється режим роботи вихідного каскаду високовольтного генератора і при зміні навантаження змінюється струм, який споживається генератором від джерела живлення, що дає можливість встановити залежність між струмом споживання і довжиною іскрового проміжку.

Метод лінійно-наростаючої напруги ґрунтується на тому, що кожній величині довжини іскрового проміжку відповідає своя величина високовольтної напруги, при якій може зчитатися високовольтний розряд. Цей принцип покладений в основу контролю довжини іскрового проміжку. З цією метою на імітатор електрода, а точніше на його металічний наконечник, по високовольтному кабелю подаються пакети лінійно-наростаючих по амплітуді високовольтних імпульсів. Підраховавши число імпульсів за час до виникнення першого іскрового розряду, можна в цифровій формі визначити значення величини довжини іскрового проміжку.

Метод "двох діодів" застосовується для контролю місцезположення кінця імітатора електрода при імітації зварювання прямих плоских швів при фіксованій частоті іскрового розряду. При проведенні імітуемого зварювального процесу по центру між фотодіодами, сигнали на їх виходах будуть однаковими за величиною, що не призведе до розбалансу мостової схеми. При переміщенні іскрового розряду по поверхні імітатора об'єкта тренажа від одного фотодіода в напрямку до друго-

го енергетична освітленість одного фотодіода збільшиться на деяку величину $\Delta\phi$, а другого фотодіода - зменшиться на ту ж величину $\Delta\phi$. На виході мостової схеми виникне вихідний сигнал пропорційний $(U_{d1} - U_{d2})$. Змінна вихідна напруга мостової схеми, по якій вилучені фотодіоди, буд. змінюватися по амплітуді та по знаку. Цю інформацію можна використовувати для визначення місцеположення кінця імітатора електрода на поверхні імітуемого зварювального стику. Протектував вихідну напругу мостової схеми та використав елементи аналогової пам'яті, можна усунути вплив нетривалих обривів іскри чи коротких замикань на точність визначення місцеположення кінця імітатора електрода.

Методи резистивної матриці та порозрядного порівняння припускають наявність операційного поля з металічних спиць на зверхні імітатора зварних деталей, кількість і товщина яких визначається точністю знаходження місцеположення кінця імітатора електрода.

Метод порозрядного порівняння ґрунтується на порівнянні вихідних сигналів з "згоджувальних елементів операційного поля і сигналів здвигового реґистра, при невідповідності яких виробляється сигнал помилки по швидкості імітуемого зварювального процесу. Запропонований метод дозволяє, змінюючи частоту задаючого генератора, контролювати в широких межах швидкість імітуемого зварювального процесу.

В пристрої контролю швидкості зварювання, який ґрунтується на використанні метода перетворення час-код, металічні спиці операційного поля зварювання умовно розподілені на парні і непарні. Суть методу вимірювання швидкості ґрунтується на вимірюванні часу переходу іскрового розряду з однієї спиці на іншу при фіксуванні відстані між ними. Основний спосіб перетворення інтервалів часу в код - лічильно-імпульсний, який передбачає заповнення кодового лічильника високочастотними (відносно сигналу, який вимірюється) імпульсами квантуемого генератора.

Для апаратурного здійснення описаного метода контролю швидкості зварювання в найпростішому випадку необхідні генератор лічильних імпульсів, лічильник та схема селекції по часу, яка відмикає вхід лічильника на час T . Чим більше імпульсів поступить на вхід лічильника, тим менша швидкість зварювального процесу.

Ефективність будь-якого зварювального тренажера характеризується таким критерієм як повнота та правильність організації в ньому сигналів зворотнього зв'язку до зварювальника по основним па-

раметрам імітумого зварювального процесу, за допомогою яких вдається прищепити зварювальнику психомоторні навички безпомилкового ведення зварювального процесу. Виявлений характер утворення та проведення класифікація звукових та оптичних сигналів зворотнього зв'язку до зварювальника. Визначені фактори реального зварювального процесу, по яких зварювальник оцінює правильність своїх дій, а також розроблена схема організації контрольних аудіовізуальних сигналів зворотнього зв'язку до зварювальника. Досліджені ергономічні особливості сприйняття зварювальником різних звукових та оптичних сигналів зворотнього зв'язку, а також запропоновані і розроблені елементи та пристрої їх практичної реалізації.

Одним із шляхів підвищення ефективності використання зварювальних тренажерів є використання в них пристроїв організації сигналів зворотнього зв'язку випереджувальної дії, які сповіщають зварювальника про небезпечну тенденцію зміни того чи іншого контролюемого параметру до моменту виходу величини цього параметра за встановлені межі. При цьому звичайні пристрої організації сигналів зворотнього зв'язку виробляють сигнал сповіщення в випадку, коли поточне відхилення параметра слідкування відрізняється від потрібного значення на критичну величину $\delta_{кр}$, яка вже вважається помилкою: $|\delta| \geq \delta_{кр}$.

Пристрій організації сигналів зворотнього зв'язку випереджувальної дії по значенню контролюемого параметра в поточний момент часу t робить обчислення його значення на деякий відрізок часу τ вперед ($t+\tau$) і порівнює його з критичним значенням $\delta_{кр}$. Функцію $\delta(t)$ в околицях будь-якої точки t_0 можна зобразити в вигляді ряду Тейлора: (3.1)

$$\delta(t) = \delta(t_0) + \frac{d\delta(t_0)}{dt} (t-t_0) + \frac{d^2\delta(t_0)}{dt^2} \frac{(t-t_0)^2}{2} + \frac{d^n\delta(t_0)}{dt^n} \frac{(t-t_0)^n}{n!}$$

Обмежившись трьома першими членами ряду, де $\delta(t_0)$ - поточне значення відхилення, $\frac{d\delta}{dt}$ - швидкість відхилення та $\frac{d^2\delta}{dt^2}$ - його прискорення, і урахувавши, що $t-t_0=\tau$ одержимо вираз, який описує роботу пристрою організації сигналів зворотнього зв'язку випереджувальної дії: $|\delta(t+\tau)| \geq \delta_{кр}$ чи

$$\left| \delta(t) + \frac{d\delta(t)}{dt} \tau + \frac{d^2\delta(t)}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} \right| \geq \delta_{кр} \quad (3.2)$$

Використання таких пристроїв дозволяє значно підвищити швид-

кість формування навичку по зрівнянню зі звичайними методами.

Запропоновані методи побудови зварювальних тренажерів для зварювання труб великого діаметру магістральних газопроводів з можливістю одночасного навчання декількох зварювальників, а також зварювальних тренажерів для зварювання труб малого діаметру. Розроблені елементи та пристрої інформаційно-вимірювальних систем просторової орієнтації ручного інструменту для таких тренажерів.

В ЧЕТВЕРТІЙ ГЛАВІ досліджені методи побудови дугових зварювальних тренажерів на основі програмованої логіки. Показано, що навчання зварювальників на відомих типах зварювальних тренажерів, таких як електромеханічні, дисплейні та іскрові вимагає певного періоду адаптації зварювальника до роботи на реальному зварювальному обладнанні. Це пов'язано з тим, що вказані вище типи тренажерів мають не достатньо повні можливості по імітації основних компонентів реального зварювального процесу. До таких важливих компонентів можна, наприклад, віднести наявність реальної зварювальної дуги та елементів зварювальної ванни.

З метою усунення цього недоліку в повній програмі підготовки зварювальників доцільно створення дугового зварювального тренажера, який оснащений системами контролю, реєстрації та сповіщення. Розвиток засобів цифрової обчислювальної техніки (і особливо мікропроцесорної) дозволив створити мікропрограмні автомати керування імітацією зварювального процесу тренажера зварювальника, моделювання зварювальних джерел струму з різними зовнішніми вольт-амперними характеристиками (ВАХ), підвищити мобільність і оперативність інформаційного забезпечення учбового процесу, здійснювати функцію експрес-оцінки досягнутого рівня підготовки, встановлювати категорію кваліфікації зварювальників.

Зварювальні тренажери з застосуванням ПЕОМ дають можливість принципово змінити систему підготовки зварювальників. Показано, що такі тренажери навіть при використанні однієї ПЕОМ дають можливість здійснювати не тільки індивідуальне, але і групове навчання кількох зварювальників. Завдяки цьому виявляється можливим відпрацьовувати методи керівництва групою зварювальників та їх взаємодію при виконанні колективної праці.

Показано, що з метою економії електроенергії та металу такі дугові зварювальні тренажери доцільно будувати з застосуванням малоамперних зварювальних джерел струму (струм 5-7 А) імпульсного типу з крутопадаючою ВАХ. Цей захід дозволяє наблизити імітацію зва-

рювального процесу до реального, а наявність крутопадаючої зовнішньої ВАХ зварювального джерела струму забезпечує контроль довжини дугового проміжку досить простими методами.

Досліджені методи побудови та розроблені конкретні технічні рішення пристроїв з'єднання малоамперних зварювальних джерел струму, оснащених контрольно-вимірювальними системами, з обчислювальними машинами типу IBM PC.

В главі також подані результати досліджень по створенню систем контролю швидкості зварювального процесу і теплового режиму зварювальної ванни на основі термодатчиків для дугових зварювальних тренажерів. При цьому під термодатчиком розуміється система, яка містить крім чутливого елементу ще й фокусуючу, фільтруючу, світловодну та підсилювальну системи.

Для контролю теплового режиму зварювальної ванни можна використовувати датчики температури на основі зміни електричного опору в залежності від температури, температурна характеристика яких з негативним температурним коефіцієнтом опору (ТКО) описується наступним рівнянням:

$$R_T = R_{T_N} \cdot \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_N} \right) \right] \quad (4.1)$$

де R_T і R_{T_N} - відповідно опір при температурах T і T_N (по Кельвіну); B - константа матеріалу термодатчика (терморезистора), яка має розмірність K . Тоді ТКО термодатчика

$$\alpha_n = - \frac{B}{T^2} \quad (4.2)$$

Вольт-амперні характеристики таких датчиків при невеликих струмах, які протікають через них (одиниці міліампер), прямує лінійно, так як ще не чиниться зміна їх опорів через самонагрів. Якщо струм через датчик збільшити, то його опір за рахунок самонагріву стане меншим і падіння напруги на ньому збільшиться. В результаті при визначеному значенні струму характеристика має максимум, а при подальшому зростанні струму відхиляється вниз.

Більш перспективними є безконтактні методи дистанційного контролю температури та температурних полів по їх інфрачервоному випромінюванню. Оптиелектронні методи дозволяють вимірювати температуру об'єкта шляхом аналізу параметрів потоку теплового випромінювання від об'єкту. В основу цих методів покладена залежність величини

та спектрального розподілення густини енергії випромінювання $b_{\lambda T}$ об'єкта від його температури, яка визначається для "чорного" тіла формулою Планка:

$$b_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} \left[\exp \frac{C_2}{\lambda T} - 1 \right]^{-1}, \quad (4.3)$$

де T - температура, К; $C_1 = 3,7413 \cdot 10^{-12}$ Вт·см²; $C_2 = 1,438$ см град; λ - довжина хвилі випромінювання, мкм.

З відносною похибкою $\delta = \frac{\Delta b_{\lambda T}}{b_{\lambda T}} = \exp \left[- \frac{C_2}{\lambda T} \right]$ формула Планка може бути апроксимована формулою Віна

$$b_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} \exp \left[- \frac{C_2}{\lambda T} \right], \quad (4.4)$$

а з похибкою

$$\delta = 1 - \left[\exp \left[\frac{C_2}{\lambda T} - 1 \right] \right]^{-1} T C_2^{-1}, \quad (4.5)$$

- формулою Релея-Дженіса

$$b_{\lambda T} = \frac{C_1}{C_2} \lambda^{-4} T. \quad (4.6)$$

Головним завданням контролюючої системи, яка базується на оптоелектронних методах вимірювання температури, є дистанційне вимірювання потоку випромінювання. Останній виходить від об'єкту і характеризується такими параметрами, як абсолютне значення потоку та його спектральне розподілення. На основі цього ці системи вимірювання температури поділяються на енергетичні та спектральні.

Абсолютне значення потоку випромінювання Φ , яке перетворюється системою вимірювання температури в електричний сигнал, визначається наступними коефіцієнтами: A - використання потоку від об'єкту; τ_λ - спектрального пропускання оптичної системи, тобто

$$\Phi = A \int_0^{\infty} b_{\lambda T} \tau_\lambda d\lambda. \quad (4.7)$$

Таким чином, для визначення $\Phi = f(T)$ необхідно обчислити інтеграл

$$\Gamma = \int_0^{\infty} b_{\lambda T} \tau_\lambda d\lambda. \quad (4.8)$$

Встановити зв'язок між T та Φ в явному вигляді в загальному випадку не можна. Лише в випадку, коли $\tau_\lambda = 1$, ця залежність визначається в явному вигляді законом Стефана-Больцмана $\Phi = A \cdot b \cdot T^4$, де b - постійна Стефана-Больцмана $b = 5,6687 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Інтеграл (4.8) по всій області може бути обчислений наступним способом:

$$\Gamma = \sum_{k=0}^{k=m} \Gamma_{\lambda_k} \quad (4.9)$$

Виходячи з (4.7), залежність потоку Φ від температури T має складний вигляд. Проте в обмеженому інтервалі температур ($T_1 - T_2$), що відповідає одному піддіпазону вимірювання температури, можна замінити залежність (4.7) більш простими залежностями, визначив їх коефіцієнти в відповідності зі значеннями Φ для границь піддіпазону. Тже, при відомих параметрах A та τ_λ оптичної системи параметри потоку Φ_{τ_λ} визначаються температурою $\Phi_{\tau_\lambda} = f(T)$.

Елементи системи вимірювання температури оптоелектронного типу мають ряд особливостей і в загальному випадку здійснюють наступні функції: 1) обмеження потоку випромінювання від об'єкту визначеним тілесним кутом (це визначає площу нагрітого тіла, від якого сприймається випромінювання); 2) виділення необхідних спектральних ділянок приймаємого випромінювання; 3) модуляція та перетворення потоків по визначеному закону; 4) перетворення потоків в електричний сигнал; 5) проведення ряду математичних операцій над електричним сигналом (обчислення відношення і т.п.); 6) формування вихідного сигналу; 7) сканування. Обов'язковим для вимірювальної системи є виконання тільки першої та четвертої функції.

Визначення температури в системі здійснюється по електричному сигналу на виході приймача випромінювання, котрий визначається параметрами приймача випромінювання та потоком випромінювання, який падає на приймач. Потік, поглинутий приймачем і перетворений в електричний сигнал, дорівнює:

$$\begin{aligned} \Phi_{\Pi} = A \int_0^{\infty} \left[\tau_{\lambda\Pi} \left(\tau_{\lambda C} \tau_{\lambda o} b_{\lambda T_{\Pi}} - b_{\lambda T_C} \right) \right] d\lambda + A \int_0^{\infty} \left[\tau_{\lambda\Pi} \left(1 - \tau_{\lambda o} \right) b_{\lambda T_o} \right] d\lambda + \\ + A \int_0^{\infty} \left[\tau_{\lambda\Pi} \left(b_{\lambda T_C} - b_{\lambda T_{\Pi}} \right) \right] d\lambda \quad (4.10) \end{aligned}$$

де $\tau_{\lambda\Pi}$ - спектральний коефіцієнт поглинання потоку випромінювання

приймачем; τ_{λ_0} , τ_{λ_c} - спектральні коефіцієнти пропускання об'єкти-
ву та середовища; δ_{λ_T} , δ_{λ_T} , δ_{λ_T} , δ_{λ_T} - спектральне розподі-
лення густини енергії випромінювання об'єктива, середовища, прийма-
ча та виробу відповідно. В випадку, коли $\tau_{\lambda_c} = \tau_{\lambda_0} = 1$, мінімальна тем-
пература виробу більше 500 K, а температури середовища та об'єкти-
ва однакові і не перевищують 300 K, (4.10) можна записати в вигляді

$$\Phi_e = A \int_0^{\infty} \delta_{\lambda_T} \tau_{\lambda_0} d\lambda. \quad (4.11)$$

Електричний сигнал, який виникає на приймачі, частіше всього
вимірюється в міліамперах. Проте для більшості електричних схем
потрібно електричний сигнал подавати в вигляді напруги. Для фоторе-
зисторів та фотодіодів при малих значеннях фотоструму, коли $U_c \ll U_x$
і $R_c = \text{const}$, напруга електричного сигналу U_c однозначно визначається
як

$$U_c = I_c \frac{R_n R_c}{R_n + R_c} \quad (4.12)$$

де U_x - напруга живлення; R_c - внутрішній опір приймача; R_n - опір
навантаження.

На основі вказаного розроблена система автоматизованого
контролю та діагностики зварювального процесу для дугового зварюва-
льного тренажера, яка основана на оптоелектронних методах контролю.
Запропонований пристрій дозволяє контролювати поточні значення шви-
дкості зварювального процесу та теплового режиму зварювальної ван-
ни, а також реєструвати помилки по цим параметрам. За рахунок роз-
міщення термодатчиків вздовж стику зі сторони кореня шва вдається
контролювати такі явища, як пропалювання та непровар, що розширює
можливості контролю та діагностики якості зварювального з'єднання.

В П'ЯТИ ГЛАВИ розглянуті багатоканальні оптоелектронні систе-
ми контролю та управління (моніторинга) роботизованим дуговим зва-
рювальним процесом, призначені для просторової орієнтації зварю-
вальної головки по стику та сповіщення зварювальника-оператора про
порушення режимів процесу. Проаналізовані відомі методи та технічні
засоби автоматичного ведення зварювальної головки по стику. Показа-
на перспективність напряму розробки оптоелектронних елементів та
пристроїв просторової орієнтації зварювальної головки по стику, ко-
нтролю теплового режиму і розмірів зварювальної ванни, швидкості
зварювального процесу, а також параметрів зварного шва.

Запропоновані принципи побудови багатоканальних аналогових та

цифрових оптоелектронних скануючих систем інформаційного забезпечення пристроїв автоматичного ведення зварювальної головки по стику.

Розроблений метод "трьох точок" автоматичного ведення зварювальної головки вздовж прямолінійних швів та його реалізуючий пристрій, виконаний на основі фотодатчика, скануючого по колу навколо зварювальної головки. Суть метода полягає в тому, що зварювальна головка, точка центру розподілу країв зварювальних деталей спереду зварювальної головки та точка центру зварного шва позаду зварювальної головки, які лежать від зварювальної головки на відстані радіуса сканування, постійно знаходяться на одній прямій.

В запропонованій оптоелектронній системі при фотолокації зварювальних деталей, стику та зварного шва відбиття, ослаблення по потужності сигнал, величина якого визначається енергією випромінювання, відбиваючою здатністю деталей та середовища, в якому поширюється сигнал, сприймається фотоприймачем. В залежності від характеру відбиваючої поверхні розрізняють дзеркальне та дифузне відбиття. Відбиття неполірованих поверхонь, якими є поверхні зварювальних деталей в залежності від міри шорсткості, наближається до ідеального дифузного відбиття. При цьому відбиті промені не мають якогось-небудь одного напрямлення, а поширюються по всій полусфері. Освітленість плями, яка створюється випромінювачем на поверхні зварюваної деталі, можна спрощено визначити по формулі $E_n = E_0 \cos \varphi'$, де E_0 - освітленість проєкції плями на площину, перпендикулярну напрямленню випромінювання; φ' - кут розташування випромінювача відносно нормалі до поверхні. Оскільки площа A робочої зони фотоприймача в S/A разів менша площі поверхні полусфери S , то на робочу зону фотоприймача падає частина відбитого потоку, яка дорівнює $\rho = \frac{A}{4\pi R^2}$, де ρ - коефіцієнт відбиття поверхні зварюваних деталей; R - радіус полусфери чи відстань між фотоприймачем і поверхнею зварюваних деталей.

З урахуванням вищесказаного, наближено освітленість фотоприймача може бути відображена наступним чином:

$$E = \frac{\rho E_0 \cos \varphi' \cdot \cos \varphi'' \cdot FA}{A^2 L R^2} \quad (5.1)$$

де φ'' - кут розміщення фотоприймача відносно нормалі до поверхні зварюваних деталей; F - площа світлової плями на ній поверхні.

При конструктивному об'єднанні випромінювача та приймача в одному корпусі чи за рахунок використання волоконних світловодів, в

також при нормальному їх розміщенні до поверхні зварювальних деталей кут $\rho' = \rho''$. Оскільки відстань між осями випромінювання та прийому менша відстані до зварювальних деталей чи ц' осі збігається, то освітленість в місці розташування фотоприймача буде приблизно дорівнювати $E = \rho E_0 \frac{F}{2Lr^2}$ і буде зворотною пропорційна квадрату відстані до поверхні зварювальних деталей.

Особливості світлових перешкод, частота модуляції яких знаходиться в низькочастотному діапазоні 50-200 Гц, визначають вибір форми сигналу випромінювання з метою можливої селекції корисного сигналу на фоні світлових індустриальних перешкод. Тому перевагу належить віддати потужним коротким імпульсам з малим часом наростання. Імпульсний світловий сигнал, який має широкий частотний діапазон на фоні низькочастотних світлових перешкод, дозволяє використовувати частотний метод селекції прийнятих сигналів.

Запропоновані методи побудови та розроблений позиційно-чутливий інфрачервоний оптоелектронний пристрій слідування за положенням зварювальної ванни з боку кореня шва з можливістю контролю теплового режиму зварювальної ванни, швидкості зварювання і автоматичної установки контролюючої системи по висоті.

Досліджені способи побудови скануючих оптоелектронних пристроїв контролю геометричних розмірів зварювальної ванни та наплавленого металічного валика. Розроблені схемотехнічні рішення конкретних пристроїв.

Показано, що використання многоканальних оптоелектронних систем контролю та управління дуговим зварювальним процесом дозволяє підвищити продуктивність зварювального устаткування та якість зварювального з'єднання, зменшити брак.

В ЗАКЛЮЧЕННІ сформульовані основні результати роботи.

В ДОДАТКУ представлені документи, які підтверджують упровадження результатів дисертаційної роботи, а також приведені технічні характеристики та фотографії зварювальних тренажерних систем типу "ЕТЗ", "ІТЗ", "МДТЗ".

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

В результаті проведених досліджень теоретично обґрунтовані та розроблені методи побудови електронних тренажерних та контролюючих дугових зварювальних систем, а також визначені наукові основи побудови їх елементів, що дало можливість вирішити актуальну наукову

задачу створення повністю електронних технічних засобів підготовки зварювальників дуговим способом зварювання.

Основні результати роботи можуть бути сформульовані таким чином:

1. На основі проведених досліджень технологічного процесу дугового електрозварювання розроблено метод узагальненої поелементної побудови електронних зварювальних тренажерних систем.

2. Теоретично обгрунтовані та розроблені методи створення основних складових елементів електронних зварювальних тренажерних та контролюючих систем, які мають високу ефективність і якість підготовки зварювальників.

3. На основі виконаного аналізу відомих методів та технічних засобів підготовки зварювальників запропонована їх класифікація.

4. Розроблені функціональний склад, вузли та елементи електронних зварювальних тренажерних систем дисплейного, іскрового та малоамперного типів.

5. Запропоновані принципи побудови та використання контрольно-вимірювальної апаратури з волоконно-оптичними перетворювачами для просторової орієнтації ручного інструменту по відношенню до площини зварюваних виробів, а також запропонована методика аналізу функції перетворення.

6. На основі аналізу діяльності зварювальника на тренажері запропоновані принципи побудови елементів та пристроїв контролю та оцінки тренувального процесу.

7. Запропоновані методи побудови елементів та пристроїв збору та обробки інформації електронного зварювального тренажера для навчання зварюванню просторових конструкцій в монтажних умовах, а також запропоновані магнітозв'язані вимірювальні перетворювачі, які основані на двоконтурній схемі взаємодії.

8. На основі виконаного аналізу існуючих способів інформаційного забезпечення зварювальника запропоновані та теоретично обгрунтовані методи організації звукових та оптичних сигналів зворотнього зв'язку до зварювальника та розроблені пристрої їх раціональної організації.

9. Запропоновані способи побудови автоматизованих робочих місць підготовки зварювальників індивідуального та колективного використання на основі застосування мікропроцесорної обчислювальної техніки.

10. На основі використання спеціальних алгоритмів обробки сиг-

налів запропоновані фізичні та математичні основи перетворення інформації за допомогою оптико-електронних координаторів контролю температурних полів та швидкості зварювання уздовж шва для дугових зварювальних та контролюючих систем.

11. Завдяки дослідженню способів контролю положенням зварювальної головки при автоматизованому дуговому зварюванні і наплавці запропоновані методи побудови елементів та пристроїв аналогових та цифрових багатоканальних оптоелектронних інформаційно-вимірвальних систем просторової орієнтації зварювальної головки, контролю параметрів зварювальної ванни та шва на реальному зварювальному процесі.

12. На основі розроблених теоретичних методів було створено широку гаму дослідних та серійних зразків електронних зварювальних тренажерних і контролюючих систем: дисплейний зварювальний тренажер "ЕТЗ-01М"; іскровий зварювальний тренажер "ІТЗ-01"; малоамперний спеціалізований зварювальний тренажер індивідуального та групового навчання, відповідно, "МДТЗ-04" і "МДТЗ-05", та аналогічний тренажер на базі серійної ПЕОМ "Помук", відповідно, "МДТЗ-06" і "МДТЗ-07". Економічний ефект від упровадження одного тренажерного класу групового навчання зварювальників "МДТЗ-07" в складі одного поста інструктора і п'ятих постів зварювальників у 1992 р. складав біля 0,5 млн. руб. Зараз в постійному використанні знаходиться більше 600 зварювальних тренажерів індивідуального використання і більше 15 класів групової підготовки зварювальників.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Методы и средства обучения электросварщиков / В. В. Васильев, А. И. Баранов, В. А. Богдановский, В. М. Гавва, С. Н. Даниляк, Н. А. Маркелова. - Киев: Укр. НИИТИ, 1980. - 10 с.

2. Васильев В. В., Баранов А. И., Даниляк С. Н. Телеигры - новое направление электроники. - Киев: Укр. НИИТИ, 1980. - 8 с.

3. Создание гибридных вычислительных устройств высокой информационной производительности для управления сложными системами с внутренней сетевой структурой. - Киев: 1980. - 442 с. (Заключительный отчет по теме № 80.16, Институт электродинамики АН УССР, № ГР 80024142, Инв. № Б901033).

4. Васильев В. В., Даниляк С. Н., Баранов А. И. Особенности построения процессорных блоков телеигровых тренажеров широкого приме-

ния с использованием микропроцессорных комплектов БИС. В книге "Распараллеливание алгоритмов при поиске и распознавании образов" (Тезисы докладов и сообщения 3-я Всесоюзной школы-семинара "Распараллеливание обработки информации"). Препринт N 42, Физико-механический институт АН УССР, Львов, 1981. - С. 55.

Б. Баранов А.И., Васильев В.В., Даниляк С.Н. О некоторых методах электронного моделирования игровых ситуаций в телевизионных тренажерах и игровых автоматах. - Электронное моделирование, 1981, N 4. - С. 52 - 55.

6. Васильев В.В., Даниляк С.Н., Баранов А.И., Майстренко Л.С. Микропроцессорные средства и их применение. - Киев: Укр.НИИТИ, 1981. - 22 с.

7. Даниляк С.Н. Телевизионные дисплеи. - Киев: Наукова думка, 1981. - 60 с.

8. Baranov A. I., Vasil'ev V. V., Danilyak S. N. TV simulation of Game Environments. - Electron. Modeling, 1981, N 5. - P. 860 - 866.

9. Баранов А.А., Васильев В.В., Даниляк С.Н. Цветной графический дисплей с телевизионной разверткой. - Электронное моделирование, 1982, N 2. - С. 64 - 66.

10. Даниляк С.Н., Майстренко Л.С. Области применения микропроцессорной техники. - Киев: Укр.НИИТИ, 1982. - 14 с.

11. Даниляк С.Н., Поплавский И.А., Майстренко Л.С. Микропроцессорные телевизионные устройства отображения информации. - Киев: Укр.НИИТИ, 1982. - 16 с.

12. Даниляк С.Н., Поплавский И.А., Герасименко В.М. Системы автоматического ведения сварочной головки по стыку. - Киев: Укр.НИИТИ, 1982. - 12 с.

13. Поплавский И.А., Даниляк С.Н., Майстренко Л.С. Системы памяти микро-ЭВМ. - Киев: Укр.НИИТИ, 1982. - 18 с.

14. Баранов А.И., Васильев В.В., Даниляк С.Н. О построении микропроцессорных телеигровых тренажеров и кодировании визуальной информации в них. - Электронное моделирование, 1983, N 2. - С. 55-60.

15. Семенов А.Н., Даниляк С.Н. Применение средств вычислительной техники в сварочных тренажерах. В книге "Распараллеливание обработки информации" (Тезисы докладов и сообщения 4-я Всесоюзной школы-семинара "Распараллеливание обработки информации"). Физико-механический институт АН УССР, Львов, 1983, ч.3. - С. 115.

16. Поплавский И.А., Даниляк С.Н., Григорьев В.С. Микропроцессорные системы и их программное обеспечение. - Киев: Укр.НИИТИ,

1983. - 32 с.

17. Разработка методов электронного моделирования процесса дуговой электросварки и создание экспериментальных образцов электронных тренажеров для обучения и повышения квалификации сварщиков. - Киев, 1983. - 204 с. (Заключительный отчет по теме № 19.64 "Стилет", Институт проблем моделирования в энергетике АН УССР, № ГР 81050658, инв. № 0284.0009458).

18. Baranov A. I., Vasil'ev V. V., Danilyak S. N. Color Graphic TV Display. - Electron. Modeling, 1984, № 2. - P. 394 - 399.

19. Даниляк С.Н. Оптоэлектронные измерительные системы электронных сварочных тренажеров. - Электронное моделирование, 1984, №1. - С. 47 - 51.

20. Васильев В.В., Даниляк С.Н. Организация сварочных тренажеров. - Электронное моделирование, 1984, № 5. - С. 69 - 72.

21. Danilyak S. N. Optoelectronic Measuring Systems for Electronic Trainer for Welders. - Electron. Modeling, 1985, № 1. - P. 110-118.

22. Baranov A. I., Vasil'ev V. V., Danilyak S. N. Design of and Video Data Coding for Microprocessor TV-Game Trainers. - Electron. Modeling, 1985, № 2. - P. 379 - 389.

23. Vasil'ev V. V., Danilyak S. N. Welding simulator. - Electron. Modeling, 1985, № 5. - P. 1212 - 1217.

24. Васильев В.В., Даниляк С.Н. Об организации сигналов обратной связи к обучающемуся в сварочных тренажерах. - Электронное моделирование, 1985, № 1. - С. 82 - 86.

25. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н., Баранов А.И., Гавва В.М. Электронный тренажер сварщика ЭТС-01. - Информационное письмо №21 /1603/. Киев: ИЭС им.Е.О.Патона АН УССР, 1987. - 4с.

26. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н., Левина А.И., Нушко В.А., Ройко Ю.П. Электронные сварочные тренажеры для обучения сварке пространственных конструкций в монтажных условиях. Ред. журн. "Электронное моделирование". - Киев, 1987. - 20 с. - Деп. в ВИНТИ № 1990-В87 от 20.03.87г.

27. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н., Гавва В.М. Искровой тренажер сварщика ИТС-01. - Информационное письмо № 20 /1603/. Киев: ИЭС им.Е.О.Патона АН УССР, 1987. - 4 с.

28. Проблемы разработки технических средств профессиональной подготовки сварщиков / В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк. - Киев, 1987. - 33 с. - (Препр. / АН УССР: Ин-т проблем моделирования в энергетике; № 97).

29. Методы и принципы построения электронных сварочных тренажеров / В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк. - Киев, 1987. - 46 с. - (Препр. / АН УССР. Ин-т проблем моделирования в энергетике; N 101).

30. Особенности построения и применения электронных сварочных тренажеров для обучения сварке пространственных конструкций в монтажных условиях / В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк. - Киев, 1987. - 46 с. - (Препр. / АН УССР. Ин-т проблем моделирования в энергетике; N 104).

31. Многоканальные оптоэлектронные системы контроля и управления дуговым сварочным процессом / В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк, И.А.Поплавский. - Киев, 1988. - 43 с. - (Препр. / Ин-т проблем моделирования в энергетике; N 114).

32. Даниляк С.Н. Эргатические системы профессиональной подготовки сварщиков. Тр. 2-й Всесоюзной научно-технической конференции "Тренажеры в формировании профессиональных навыков при подготовке специалистов". - Ульяновск, 1988. - С. 200 - 203.

33. Васильев В.В., Даниляк С.Н. Построение информационно-измерительных систем для контроля и управления процессом имитации сварки в сварочных тренажерах. - Электронное моделирование, 1988, N 4. - С. 70 - 73.

34. Поплавский И.А., Ропало Н.А., Даниляк С.Н. Оптоэлектронная измерительная система слежения по стыку для сварки криволинейных швов. В сб. "Автоматическое управление процессами сварки и нанесения покрытий". - Киев: ИЭС им.Е.О.Патона АН УССР, 1988. - С. 138-141.

35. Баранов А.И., Даниляк С.Н., Ропало Н.А., Поплавский И.А., Ропало В.А. Электронный тренажер сварщика "ЭТС-01". - Электронное моделирование, 1988, N 2. - С. 37 - 40.

36. Даниляк С.Н., Майстренко Л.С. Оптоэлектронные контрольно-измерительные системы. - Киев: Укр.НИИТИ, 1988. - 16 с.

37. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н., Гавва В.М. Методы интенсификации формирования профессиональных навыков у сварщиков с применением электронных сварочных тренажеров. Ред. журн. "Электронное моделирование". - Киев, 1988. - 10 с. - Деп. в ВИНТИ N 1731-В88 от 03.03.88г.

38. Патон Б.Е., Богдановский В.А., Васильев В.В., Даниляк С.Н. Электронные тренажерные системы в сварке. - Автоматическая сварка, 1988, N 5. - С. 45 - 48, 51.

39. Даниляк С.Н., Ропало В.А., Майстренко Л.С. Применение

средств вычислительной техники в тренажеростроении. - Киев: Укр. НИИЭТИ, 1989. - 20 с.

40. Даниляк С.Н., Ткаченко В.В., Зыков А.Ф., Давыдова Г.В. Применение машинной графики в комплексном микропроцессорном дисплейном тренажере сварщика. Тр. конф. "Применение машинной графики в моделировании и обучающих системах". - Пенза, 1989. - С. 36 - 37.

41. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н. Искровой тренажер сварщика ИТС-01. - Электронное моделирование, 1989, N 1. - С. 43 - 45.

42. Даниляк С.Н. Вопросы построения измерительных преобразователей контроля теплосодержания сварочной ванны и скорости сварки для сварочных тренажеров. В сб. "Моделирование в тренажерных системах". - Киев: Наукова думка, 1990. - С. 111 - 118.

43. Vasil'ev V.V., Danilyak S.N. On the Organization of Feedback Signals to Trainees in Welding Simulators. - Electron. Modeling, 1990, N 1. - P. 142 - 147.

44. Вояцкиий А.П., Волошин В.И., Даниляк С.Н., Ищенко В.А. Управление высоковольтным разрядом и измерение его параметров в искровом тренажере сварщика. В сб. "Моделирование в тренажерных системах". - Киев: Наукова думка, 1990. - С. 127 - 131.

45. Даниляк С.Н. Система автоматизированного контроля и диагностики сварочного процесса для дугового сварочного тренажера. Ред. журн. "Электронное моделирование" - Киев, 1990. - 19 с. Деп. в ВИНТИ N 2722-В90 от 17.05.90г.

46. Васильев В.В., Зыков А.Ф., Даниляк С.Н., Ткаченко В.В. Организация сопряжения ЭВМ электронного сварочного тренажера с видеоманитофоном. - Электронное моделирование, 1990, N 2. - С. 58 - 62.

47. Васильев В.В., Даниляк С.Н., Богдановский В.А., Бернадский В.Н., Гавва В.М. Электронные тренажеры для обучения технике электродуговой сварки. - Сварочное производство, 1990, N 6. - С. 30 - 32.

48. Дуговые сварочные тренажеры на основе программируемой логики / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Г.В.Давыдова, В.В.Ткаченко. - Киев, 1990. - 41 с. - (Препр. / АН УССР. Ин-т проблем моделирования в энергетике; N 90-29).

49. Построение универсальных сварочных тренажерных систем / В.В. Васильев, В.В.Ткаченко, С.Н.Даниляк. - Киев, 1990. - 45 с. - (Препр. / АН УССР. Ин-т проблем моделирования в энергетике; N90-33).

50. Васильев В.В., Даниляк С.Н., Карпия А.И., Давыдова Г.В. Микропроцессорный малоамперный дуговой тренажер сварщика. - Элект-

ронное моделирование, 1992, N 1. - С. 98 - 102.

51. Даниляк С.Н. Датчик скорости сварки для искрового сварочного тренажера. - Электронное моделирование, 1992, N 1. - С. 103-105.

52. Васильев В.В., Карпий А.И., Даниляк С.Н. Построение измерительных преобразователей длины дугового промежутка для дуговых сварочных тренажеров. - Электронное моделирование, 1992, N2. - С. 100 - 103.

53. Vasiliev V.V., Danilyak S.N., Karpil A.I., Davydova G.V. Microprocessor low-ampere arc welding simulator. - Engineering Simulation, 1993, N 1. - P. 190 - 196.

54. Danilyak S.N. Welding speed transducer for a spark-type arc-welding simulator. - Engineering Simulator, 1993, N1. - P. 197-201.

55. Vasiliev V.V., Karpil A.I., Danilyak S.N. Construction of arc length transducers for arc-welding simulators. - Engineering Simulation, 1993, N 2. - P. 387 - 392.

56. А.с. 1032472 СРСР, МКВ[®] G08F3/04. Устройство для сопряжения цифровой вычислительной машины с кассетным магнитофоном звукозаписи / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Н.А.Ропало. - Оpubл. 30.07.83. БИ N28.

57. А.с. 1038963 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Н.А.Ропало. - Оpubл. 30.08.83. БИ N 32.

58. А.с. 1075249 СРСР, МКВ[®] G06F3/04. Устройство для сопряжения цифровой вычислительной машины с кассетным магнитофоном звукозаписи / В.В.Васильев, Н.А.Ропало, С.Н.Даниляк, А.И.Львина, А.Н.Семенов, И.А.Поплавский. - Оpubл. 23.02.84. БИ N 7.

59. А.с. 1088057 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Н.А.Ропало. - Оpubл. 23.04.84. БИ N 15.

60. А.с. 1101811 СРСР, МКВ[®] G06F3/04. Устройство для сопряжения цифровой вычислительной машины с кассетным магнитофоном звукозаписи / В.В.Васильев, Н.А.Ропало, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 07.07.84. БИ N 25.

61. А.с. 1110572 СРСР, МКВ[®] B23K9/10. Устройство для слежения по стыку / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, И.А.Поплавский, Н.А.Ропало. - Оpubл. 30.08.84. БИ N 32.

62. А.с. 1128250 СРСР, МКВ[®] G06F7/02. Устройство для сравнения чисел / В.В.Васильев, И.А.Поплавский, А.И.Баранов, С.Н.Даниляк, Н.А.Ропало. - Оpubл. 07.12.84. БИ N 45.

63. А.с. 1146648 СРСР, МКВ[®] G06F3/04. Устройство для сопряжения цифровой вычислительной машины с кассетным магнитофоном звукозаписи / В.В.Васильев, Н.А.Ропало, В.А.Ропало, А.И.Баранов, А.И.Львина, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 23.03.85. БИ N 11.

64. А.с. 1212728 СРСР, МКВ[®] В23К9/10 Устройство для слежения по стыку / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, И.А.Поплавский, Н.А.Ропало. - Оpubл. 23.02.86. БИ N 7.

65. А.с. 1215171 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / Б.Е.Патон, В.В.Васильев, В.А.Богдановский, А.И.Баранов, С.Н.Даниляк, В.А.Шеголев, В.А.Черноиванов, В.И.Волошин, В.М.Гавва, В.Н.Бернадский. - Оpubл. 15.08.89. БИ N 30.

66. А.с. 1291989 СРСР, МКВ[®] G06F13/00. Устройство для сопряжения цифровой вычислительной машины с магнитофоном / В.В.Васильев, Н.А.Ропало, В.А.Ропало, А.И.Баранов, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 23.02.87. БИ N 7.

67. А.с. 1295434 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер для обучения навыкам ведения сварки / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Ю.П.Рояко, А.П.Ильчишин, А.П.Войццкий. - Оpubл. 07.03.87. БИ N 9.

68. А.с. 1302313 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / Б.Е.Патон, В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк, В.М.Гавва, Ю.П.Рояко, В.А.Нушко. - Оpubл. 07.04.87. БИ N 13.

69. А.с. 1330649 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / Б.Е.Патон, В.В.Васильев, В.А.Богдановский, С.Н.Даниляк, В.М.Гавва, Ю.П.Рояко, В.А.Нушко. - Оpubл. 15.08.87. БИ N 30.

70. А.с. 1374271 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.И.Левина, В.А.Нушко, Ю.П.Рояко. - Оpubл. 15.02.88. БИ N 6.

71. А.с. 1388935 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер для обучения навыкам ведения сварки / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.П.Ильчишин, Ю.П.Рояко, Н.А.Ропало. - Оpubл. 15.04.88. БИ N 14.

72. А.с. 1391825 СРСР, МКВ[®] В23К9/10. Устройство для слежения по стыку / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, Ю.П.Рояко, А.П.Ильчишин, И.А.Поплавский, Н.А.Ропало. - Оpubл. 30.04.88. БИ N 16.

73. А.с. 1399804 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Имитатор ручного инструмента для тренажера сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 30.05.88. БИ N 20.

74. А.с. 1427374 СРСР, МКВ[®] G06F13/00. Устройство для сопряжения магнитофона с ЦВМ / В.В.Васильев, В.А.Ропало, Н.А.Ропало, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 30.09.88. БИ N 36.

75. А.с. 1488148 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.И.Левина, В.А.Нушко, Ю.П.Рояко. - Оpubл. 23.06.89. БИ N 23.

76. А.с. 1550571 СРСР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.

Васильев, С. Н. Даниляк, Ю. П. Ройко, В. А. Ропало. - Оpubл. 15.03.90. БИ N 10.

77. А.с. 1594588 СРСР, МКВ^о G09B19/24. Тренажер сварщика / Б.Е. Патон, В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, В.А.Богдановский, В.М.Гавва. - Оpubл. 23.09.90. БИ N 36.

78. А.с. 1612305 СРСР, МКВ^о G06F13/00. Устройство ввода информации с кассетного магнитофона звукозаписи в цифровую вычислительную машину / В.В.Васильев, В.В.Кузьмук, В.А.Ропало, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 07.12.90. БИ N 45.

79. А.с. 1618545 СРСР, МКВ^о B23K9/10. Устройство для стабилизации ширины сварочной ванны / С.Н.Даниляк. - Оpubл. 07.01.91. БИ N 1.

80. А.с. 1624464 СРСР, МКВ^о G06F13/00. Устройство для ввода данных с кассетного магнитофона в цифровую вычислительную машину / В.В.Васильев, В.А.Ропало, С.Н.Даниляк. - Оpubл. 30.01.91. БИ N 4.

81. А.с. 1663619 СРСР, МКВ^о G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, В.В.Ткаченко, А.Ф.Зыков, Г.В.Давыдова, А.И.Карпий. - Оpubл. 15.07.91. БИ N 26.

82. А.с. 1663342 СРСР, МКВ^о G09B19/24. Тренажер сварщика / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.И.Карпий, В.А.Ропало. - Оpubл. 23.07.91. БИ N 27.

83. А.с. 1696202 СРСР, МКВ^о B23K9/10. Устройство для слежения по стыку / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.И.Карпий, В.В.Ткаченко, А.Ф.Зыков, Г.В.Давыдова. - Оpubл. 07.12.91. БИ N 45.

84. А.с. 1773622 СРСР, МКВ^о B23K9/10. Устройство для контроля скорости сварки и теплосодержания сварочной ванны / В.В.Васильев, С.Н.Даниляк, А.И.Левина, А.П.Вояцкиця, Ю.П.Ройко, С.М.Хороманский. - Оpubл. 07.11.92. БИ N 41.

85. Пат. 268595 НДР, МКВ^о G09B19/24. Schweibtrainer / В. Paton, V. Vasilev, V. Bogdanovskij, A. Baranov, S. Daniljak, V. Segolev, V. Chernouvanov, V. Volosin, V. Gavva, V. Bernadskij. - Оpubл. 07.06.89.

86. Пат. 270848 НДР, МКВ^о G09B19/24. Schweiberungsgerat / V. Vasilev, S. Daniljak, A. Levina, V. Nusko, J. Rojko. - Оpubл. 16.08.89.

87. Пат. 275597 НДР, МКВ^о G09B19/24. Schweibsimulator / В. Paton, V. Vasilev, V. Bogdanovskij, S. Daniljak, V. Gavva, J. Rojko, V. Nusko. - Оpubл. 31.01.90.

88. А.с. 71670 НРБ, МКВ^о G09B19/24. Тренажер сварщика / Б. Патон, В.Васильев, В.Богдановский, А.Баранов, С.Даниляк, В.Щеголев, В.Черноиванов, В.Волошин, В.Гавва, В.Бернадский. - Приор. 23.11.84.

89. А.с. 73597 НРБ, МКВ^о G09B19/24. Тренажер сварщика / В.Васи-

льев, С. Даниляк, А. Левина, В. Нушко, Ю. Ройко. - Приор: 17.02.86.

90. Заявка 1436/86 УНР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / Б. Патон, В. Васильев, В. Богдановский, А. Баранов, С. Даниляк, В. Шеголев, В. Черноиванов, В. Волошин, В. Гавва, В. Бернадский. - Оpubл. 28.12.87.

91. Заявка 2088/86 УНР, МКВ[®] G09B19/24. Тренажер сварщика / В. Васильев, С. Даниляк, А. Левина, В. Нушко, Ю. Ройко. - Оpubл. 28.12.87.

92. Заявка 5395/86 УНР, МКВ[®] G09B19/24. Дуговая тренажер сварщика / Б. Патон, В. Васильев, В. Богдановский, С. Даниляк, В. Гавва, Ю. Ройко, В. Нушко. - Оpubл. 31.01.90.

93. Заявка 63-08687 Япония, МКВ[®] G09B19/24. Welder's trainer / В. Paton, V. Vasiliev, V. Bogdanovsky, A. Baranov, S. Danilyak, V. Schegolev, V. Chernoiwanov, V. Voloshin, V. Gavva, V. Bernadsky. - Оpubл. 14.01.88.

94. Заявка 63-104074 Япония, МКВ[®] G09B19/24. Spark trainer for welders / V. Vasiliev, S. Danilyak, A. Levina, V. Nushko, J. Roiko. - Оpubл. 09.06.88.

95. Заявка 62-195693 Япония, МКВ[®] G09B19/24. Electric-ark trainer for welders / В. Патон, V. Vasiliev, V. Bogdanovsky, S. Danilyak, V. Gavva, J. Roiko, V. Nushko. - Оpubл. 28.08.87.

96. Заявка 3632828 ФРН, МКВ[®] G09B19/24. Funken-Schweiberungsgerat / V. Vasiliev, S. Danilyak, A. Levina, V. Nushko, J. Roiko. - Оpubл. 31.03.88.

97. Заявка 3643610 ФРН, МКВ[®] G09B19/24. Lichtbogen-Trainer fur Schweiber / В. Патон, V. Vasiliev, V. Bogdanovskij, S. Danilyak, V. Gavva, J. Roiko, V. Nushko. - Оpubл. 02.07.87.

98. Пат. 3541122 ФРН, МКВ[®] G09B19/24. Simulator fur Schweiber / В. Патон, V. Vasiliev, V. Bogdanovskij, A. Baranov, S. Danilyak, V. Schegolev, V. Chernoiwanov, V. Voloshin, V. Gavva, V. Bernadskij. - Оpubл. 27.06.87.

99. Пат. 4680014 США, МКВ[®] G09B19/24. Welders trainer / В. Патон, V. Vasiliev, V. Bogdanovsky, A. Baranov, S. Danilyak, V. Schegolev, V. Chernoiwanov, V. Voloshin, V. Gavva, V. Bernadsky. - Оpubл. 14.07.87.

100. Пат. 4689021 США, МКВ[®] G09B19/24. Spark trainer for welders / V. Vasiliev, S. Danilyak, A. Levina, V. Nushko, J. Roiko. - Оpubл. 26.08.87.

101. Пат. 4716273 США, МКВ[®] G09B19/24. Electric-ark trainer for welders / В. Патон, V. Vasiliev, V. Bogdanovsky, S. Danilyak, V. Gavva, J. Roiko, V. Nushko. - Оpubл. 29.12.87.

Пошукувач

C. Dan

Подписан к печати 01.10.1993 г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная Усл.-печ. лист, 20. Уч.-изд. лист 2,0.
Тираж 100, Заказ 890. Бесплатно

Полигр. ф. уч-к Института электродинамики АН Украины,
252057, Киев-57, проспект Победн, 56.

AB 28.220