

Харківська державна академія міського господарства

На правах рукопису

Бухарін Сергій Леонідович

УДК 621.327.531

Випробування електродних матеріалів  
високоінтенсивних джерел світла  
альтернативними енергетичними  
навантаженнями

Фак 05.09.07 - Світлотехніка і джерела світла


Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 1994



00778426 (Y)

Роботу виконано в ХДАМГ

*Дисертація є рукописом*Науковий керівник - доктор технічних наук,  
професор Овчинников С.С.Офіційні опоненти - доктор технічних наук,  
професор Маляренко В.А.,  
- кандидат технічних наук  
Неганов Л.М.Головна організація - Український науково-дослідний інститут  
джерел світла, Мінмашпром.Захист дисертації відбудеться "23" грудня 1994 р.  
у 14<sup>30</sup> на засіданні Спеціалізованої ради  
К 06851.01 при Харківській державній академії міського госпо-  
дарства (310002, м. Харків, вул. Революції, 12).Відгуки в двох примірниках, засвідчені печаткою, просимо  
надсилати за адресою: 310002, м. Харків, вул. Революції, 12.З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній біб-  
ліотеці ХДАМГ.Автореферат розіслано "18" листопада 1994 р.Вчений секретар  
Спеціалізованої ради К 06851.01  
кандидат технічних наук, доцент  
Д'яков Є.Д.

## Загальна характеристика роботи

### Актуальність теми

Високоінтенсивні газорозрядні джерела випромінювання сьогодні одержали широке розповсюдження у різних галузях науки й техніки: лазерній, освітлювальній, сигнальній техніці, фотохімії та медицині.

У ряді випадків застосування ламп конструктивно суміщається зі складними й дорогими фізичними та технічними системами, що зумовлює підвищені вимоги до їхньої якості, надійності та довговічності.

Довговічність і надійність газорозрядних джерел світла у значній мірі визначається ерозійними процесами на електродах.

Продукти ерозії, що осідають на стінках оболонки ламп, викликають зменшення світлового потоку за рахунок збільшення частки енергії, поглинутої оболонкою, локальне підвищення термічних навантажень, зміну електричних параметрів ламп. Паро- й газоподібні продукти, які виділяються з електродів, змінюють склад наповнення ламп, що суттєво впливає на їхні оптичні характеристики та електричні параметри. Вказані процеси призводять до скорочення терміну використання ламп за рахунок як повних,\* так і умовних відмов.

Екстремальні умови праці електродів - висока енергія розряду, критичні теплові навантаження, градієнти температур - призводять до нагрівання поверхні електродів до температур, близьких, а в деяких випадках - і таких, що перевищують температури плавлення електродних матеріалів, до сильного термічного руйнування, що відбувається не тільки в паровій, але й в крапельній та твердій фазах.

Застосований для вироблення більшості сучасних високоінтенсивних джерел світла торійований вольфрам не завжди відповідає діючим вимогам, має радіоактивні властивості і стає все більш дефіцитним. Це призводить до необхідності створення нових електродних матеріалів, у тому числі композиційних, на основі тугоплавких металів з необхідними якостями, що, в свою чергу, вимагає розробки методів оцінки їхньої працездатності у різних умовах експлуатації та контролю якості в лабораторних та виробничих умовах.

У зв'язку з викладеними фактами розробка методик контролю основних параметрів електродних матеріалів, електродів та електродних вузлів, що визначають їхню працездатність в умовах дугового розряду, є сьогодні актуальним завданням, особливо коли врахувати необхідність розвитку наукової бази для розробки й виробництва високоінтенсивних імпульсних джерел світла в Україні, які раніше її промисловість не випускала.

У даній роботі вирішується важлива для світлотехнічної галузі науково-технічна задача підвищення надійності й працездатності джерел світла за рахунок удосконалення методів контролю електродних матеріалів та електродних вузлів, а також методів їх обробки.

#### Мета роботи

Метою даної роботи є розробка методик та апаратури для контролю якості електродних матеріалів, електродів, електродних вузлів у процесі їхньої розробки та виробництва, а також технології обробки електродів для одержання заданого розподілу емісійних властивостей по поверхні за рахунок використання імпульсних концентрованих потоків енергії.

### Задачі роботи

Для досягнення поставленої у роботі мети потрібне розв'язання таких основних задач:

1. Провести аналіз факторів, що визначають працездатність електродів у джерелах ВДС та виділити найбільш інформативні.
2. Визначити критерії, що дозволяють дізнатись про стійкість електродів та електродних матеріалів до термоцикування і теплових ударів.
3. Дослідити можливості й розробити технологію зміни емісійних властивостей електродів на різних ділянках поверхні шляхом їх обробки високоінтенсивним лазерним випромінюванням.
4. Розробити методику і апаратуру для дослідження інтегральних теплофізичних характеристик електродів та електродних матеріалів.
5. Розробити методику виявлення дефектів складових електродів чи електродних вузлів.
6. Розробити методику неруйнівного контролю якості електродних вузлів шляхом вимірювання перехідного опору.
7. Розробити методику визначення якості розробки й виробництва джерел ВДС за експериментально встановленими температурними полями електродів у реальних режимах роботи.

### Об'єкти вивчення

Об'єктами дослідження були вибрані електроди з широко використовуваних матеріалів ВТ і В01, а також нові композиційні матеріали на вольфрамовій та молібденовій основі з додаванням скандатуну барію та алюмосилікату цезію, з раніше не дослідженими теплофізичними властивостями, також вивчалися електроди ламп ІНП 4-5/75 А у реальних режимах експлуатації і електроди ламп ІНП ІЗ/250 та ДНП 2/5-36.

### Наукова новизна одержаних результатів

Вперше одержані в даній роботі результати в першу чергу пов'язані з реалізацією імпульсних концентрованих потоків енергії, лазерного випромінювання та електронних пучків для контролю якості електродних матеріалів та вузлів і технологічного впливу на поверхню електродів і спрямовані на розв'язання важливої науково-технічної задачі - значного підвищення якості розробки й виробництва джерел випромінювання.

1. Обґрунтовано методику контролю теплофізичних властивостей електродних матеріалів за характером поширення теплової хвилі після впливу імпульсних потоків енергії. Показано, що за динамікою зміни температури у двох точках поверхні після імпульсного впливу можливо оцінити інтегральні теплофізичні параметри. Розраховано номограму для визначення інтегральних теплофізичних характеристик з експериментально виміряних значень температури та градієнта температури.

2. Показано можливість визначення стійкості електродів та електродних матеріалів до термоцикування та теплових ударів шляхом впливу на електрод чи матеріал імпульсним лазерним випромінюванням або електронним пучком, адекватним тепловому впливові у реальних дугових пристроях.

3. Вперше показано можливість одержання зазначеного розподілу емісійних властивостей по поверхні електроду шляхом обробки її лазерним імпульсним випромінюванням для забезпечення прив'язування розряду в заздалегідь визначених ділянках електроду.

4. Встановлено вплив якості виготовлення електродних вузлів на характер температурних полів електродів ВДС у робочих режимах та на перехідний опір складових електродів.

### Практичне значення роботи

Практичним результатом роботи є створення методик, що дозволяють здійснити контроль за якістю розробок і виробництвом електродних матеріалів, електродів та електродних вузлів високоінтенсивних газорозрядних джерел світла. Результати можуть бути корисними в гадузях, пов'язаних із застосуванням дугового розряду.

Результати дослідження використовувались у ануково-дослідних розробках "Дослідження фізичних процесів зносу електродів та оболонки імпульсних ламп", "Розробка методів оцінки працездатності електродів у джерелах ВДС".

### Методи дослідження

Для досягнення поставленої мети використовували такі методи дослідження:

1. Методи експериментальної фізики для дослідження температурних полів зразків електродних матеріалів та електродів при імпульсних лазерних і електроннопроменевих впливах і в реальних режимах роботи, що включають пірометричні, оптичні, осцилографічні й електричні методи.

2. Методи обчислювальної техніки для розрахунку теплофізичних властивостей електродних матеріалів і наступної побудови номограм, зручних в інженерній практиці.

3. Методи статистичної математики для обробки результатів експериментів.

### Апробація роботи

Основні результати роботи доповідалися на XI Всесоюзній науково-технічній конференції "Генератори низькотемпературної плазми" (Новосибірськ, 1989 р.), на 9 науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів та співробітників Харківського інституту інженерів комунального господарства і на науково-технічних радах

у НІО "Зеніт".

### Публікації

За темою дисертації опубліковано 13 наукових робіт.

### Структура та обсяг роботи

Дисертація складається з вступу, 5 глав та висновків, містить 169 сторінок друкованого тексту, 49 малюнків, 2 таблиць та список літератури зі 121 назв.

На захист виносяться:

1. Методика визначення стійкості електродних матеріалів та електродів до термоциклічних навантажень і теплових ударів із застосуванням висококонцентрованих потоків енергії, створених електронним пучком або лазерним імпульсним впливом.
2. Методика зміни емісійних властивостей електродів на різних ділянках поверхні шляхом їх обробки виссокоінтенсивним лазерним випромінюванням.
3. Методика визначення інтегральних теплофізичних параметрів електронних матеріалів із застосуванням імпульсного лазерного випромінювання та фотоелектричного малоінерційного мікропірометра для вимірювання динаміки температури поверхні у двох близько розташованих точках.
4. Методика контролю якості розробки та технології виробництва електродних вузлів джерел ВДС шляхом дослідження температурних полів у робочих режимах.
5. Методика неруйнуючого контролю якості складних електродних вузлів з перехідного опору.

### Зміст роботи

У вступі розглядаються основні конструкції газорозрядних джерел випромінювання з точки зору їх впливу на працездатність

та надійність, основні фізичні процеси, що відбуваються у прикатодній області, здійснено аналіз впливу різних властивостей матеріалу електроду на його працездатність.

Сформульовано вимоги до електродних матеріалів. Наведено дані з властивостей матеріалів, широко використовуваних для виробництва електродів та перспективних матеріалів, що знаходяться у стадії розробки. Сформульовано мету й задачі роботи, відзначено положення, винесені на захист.

У першій главі відображено критерії та методи визначення термоциклічної стійкості електродів та електродних матеріалів. Розглядаються стадії термовтомлювального руйнування матеріалів.

При імпульсному впливі лазерного випромінювання або електронного променя на поверхневий прошарок електрода можна здійснювати тепловий вплив, еквівалентний реальному, такий, що має місце в робочих режимах катодів джерел світла ВДС. У процесі впливу швидко збільшується температура поверхні, причому фізичне моделювання реальних режимів краще здійснювати за допомогою лазерного впливу. Імпульсний лазерний пучок в режимі вільного генерування має "пичкову" структуру, неоднорідну на поверхні й у часі, що добре модулює переміщення катодних плям у імпульсному дуговому розряді з саморозжарювальними електродами. Лазерне випромінювання простіше фокусується і при виконанні експериментів не потребує високого вакууму, що спрощує і здешевлює їхнє проведення.

Критерієм кінцевого етапу зародження щілин служить досягнення магістральною щілиною довжини 0,01 мм, що перевищує розміри структурного параметру матеріалу і надійно визначається візуальними методами.

Наводиться описання техніки експерименту й результати вимірів термоциклічної міцності деяких матеріалів, застосовуваних у ВДС.

Встановлено, що в окремих випадках після оплавлення поверхні термоциклічна стійкість значно збільшується. Счевидно, це пов'язано із зняттям внутрішніх напруг, що виникають при механічній обробці. Методом імпульсного лазерного впливу змінювали емісійні властивості на різних ділянках поверхні електродів, що забезпечувало приязування розряду в зазначеній області, зменшуючи вплив продуктів ерозії електроду на оболонку з кварцевого скла, підвищуючи тим самим якість джерел світла.

У другій главі розглядаються різні методи визначення теплофізичних властивостей матеріалів. Причому при встановленні теплофізичних властивостей треба розв'язувати зворотну задачу теплопровідності, тобто за динамікою зміни температурного поля визначати теплофізичні характеристики. Ці характеристики залежать від температури і тому, як правило, при розрахунках їх вважають постійними в малому діапазоні зміни температур.

Існуючі методи трудомісткі, складні в реалізації і неадекватно відображають теплофізичні властивості електродних матеріалів при роботі їх в умовах імпульсного дугового розряду. Це призвело до необхідності розробки нової методики, що дозволяє оцінювати теплофізичні властивості матеріалів інтегрально у широкому діапазоні температур, близьких до реальних, при використанні альтернативних імпульсних потоків енергії, досить адекватних робочих режимів.

Розглядається математична модель впливу імпульсного поверхневого джерела теплоти (Рис. I) та її розв'язання з допомогою ЕОМ.

Нестационарне температурне поле  $T(r, z, t)$  циліндричного електроду радіусу -  $R$ , довжиною -  $L$ , що розігрівається імпульсовим лазерним джерелом, відображується рівнянням теплопровідності

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right],$$

де  $c$  - питома теплоємність;  $\rho$  - густина;  $\lambda$  - теплопровідність.

Початкова температура електроду дорівнює температурі навколишнього середовища  $T(r, z, 0) = T_{cp}$

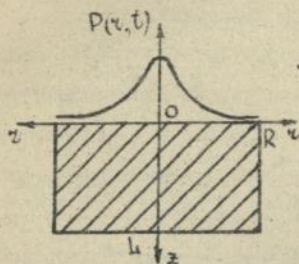


Рис.1. Схема впливу імпульсного поверхневого джерела теплоти

Межова умова на поверхні електроду  $z = 0$ , що розігрівається потоком з питомою потужністю  $P(r, t)$ , має вигляд

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=0} = P(r, t) - \varepsilon \sigma (T^4 - T_{cp}^4),$$

де  $\varepsilon$  - інтегральний коефіцієнт випромінювання;  $\sigma$  - стала Стефана-Больцмана. На частині поверхні, що залишилася, відбувається теплообмін випромінюванням з навколишнім середовищем:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=l} = \varepsilon \sigma (T^4 - T_{cp}^4),$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} = \varepsilon \sigma (T^4 - T_{cp}^4).$$

На осі виконується умова радіальної симетрії поля

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0.$$

Випромінювання лазера в режимі вільного генерування можна апроксимувати гауссовим розподілом

$$P(r, t) = \begin{cases} P_0 \exp(-\kappa^2 r^2), & 0 \leq t \leq t_i \\ 0, & t > t_i \end{cases}$$

де  $t_i$  - тривалість імпульсу лазерного випромінювання.

У математичній моделі використано такі допущення: не враховується теплообмін конвекцією, бо у експериментальній камері при

тиску  $10^{-3}$  мм рт.ст. цей теплообмін дуже малий; дія лазерного імпульсу вважається як плоске джерело тепла з гауссовим розподілом у радіусі фокальної плями; зміна коефіцієнта поглинання поверхні зі зміною температури не враховується; зміна теплофізичних властивостей зі зміною температури також не враховується.

Задачу вирішували з використанням результатів робіт, виконаних під керівництвом професора С.Н.Харіна, за допомогою методу скінченних різниць з широкою варіацією теплофізичних властивостей. Розрахунки, виконані на ЕОМ, дозволили створити номограму, що зображена на рис.3.

Показано, що методика встановлення інтегральних теплофізичних параметрів може бути реалізована шляхом експериментального визначення температур та їх градієнта.

У третій главі розглядається питання експериментального визначення інтегральних теплофізичних характеристик різних електродних матеріалів за допомогою імпульсного малоінерційного мікропірометра. Наводиться опис розробленої автором схеми експериментального пристрою, схеми градування мікропірометра, вибрано метод керування режимом роботи мікропірометра, розглядається схема дослідного визначення коефіцієнтів відбиття зразків матеріалів на довжині хвилі лазерного випромінювання. Розроблено схему вимірів (Рис.2) і враховано фактори, що впливають на похибку вимірів. Наведено дослідні дані щодо визначення максимальної температури у двох близько розташованих точках поверхні зразків у певний момент часу після впливу лазерного випромінювання.

Із наступним розрахунком градієнта температур та визначенням інформативних параметрів  $\alpha$  та  $K_T$  за побудованою номограмою. Номограма дозволяє визначити параметри за експериментальними даними без додаткових розрахунків. Проведено дослідження для визна-

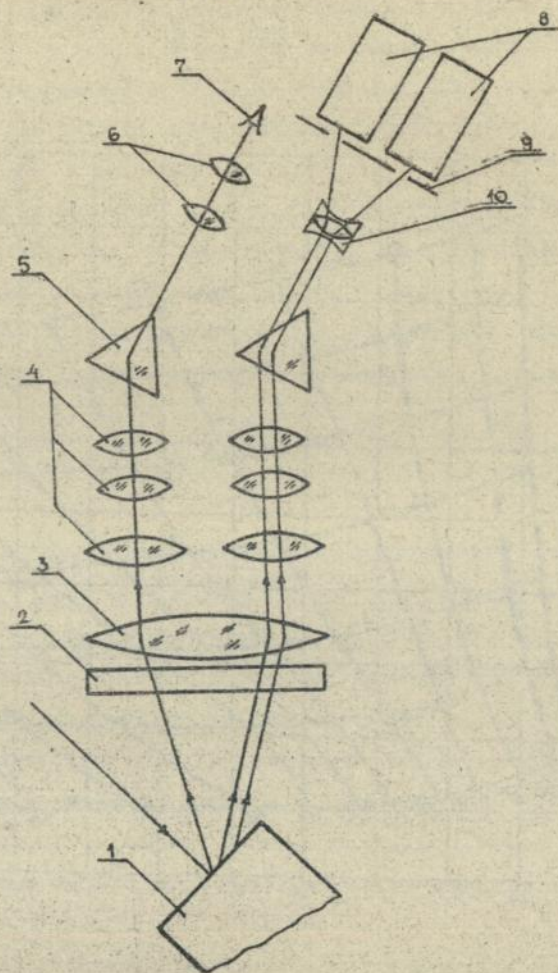


Рис. 2. Схема вимірювання температури мікропірометром:  
1 - зразок, 2 - інтерференційний фільтр, 3 - об'єктив,  
4 - система Галілея, 5 - призма Шмідта, 6 - окуляр,  
7 - око вимірювача, 8 - приймач ФЭУ-83, 9 - діафрагма,  
10 - розширююча система.

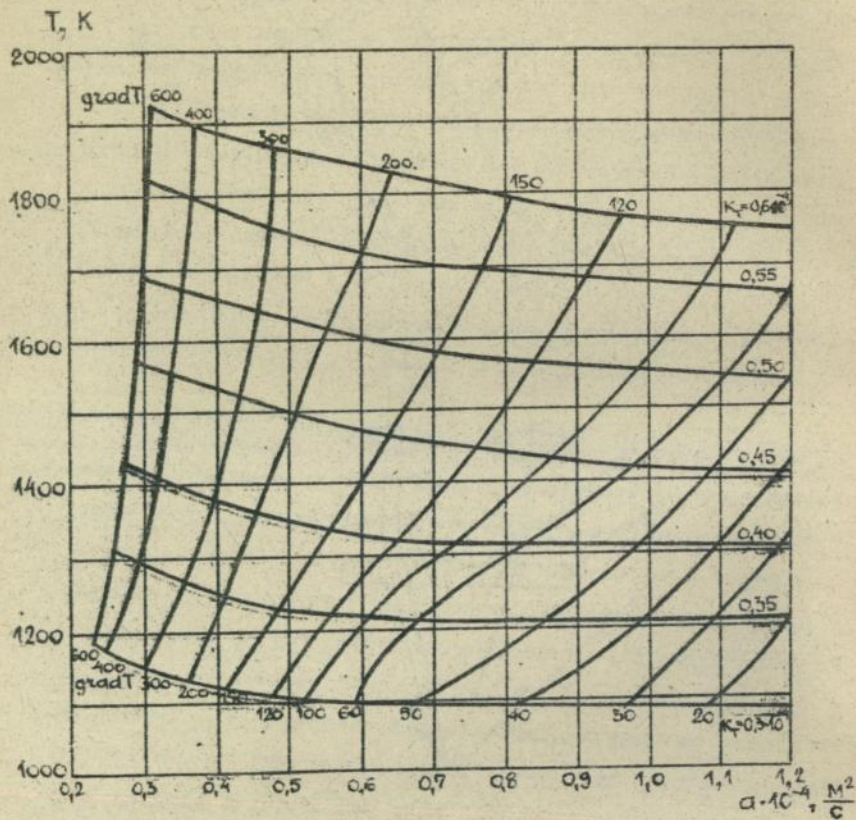


Рис. 3. Залежність температури від температуропровідності при різних значеннях  $K_T$  з лініями постійних значень градієнта температури.

чення теплофізичних характеристик нових електродних матеріалів на основі вольфраму та молібдену з емісійно активними добавками скандату барію та алюмініосилікату цезію. У таблиці наведено параметри  $\alpha$  та  $\kappa_T$  для зразків, виготовлених з різними активуючими присадками при різних технологічних факторах.

На рис. 3 наведено номограму залежності температури від температуропровідності для різних значень параметра  $\kappa_T$  з лініями постійних значень градієнта температур. Параметр  $\kappa_T$ , через сталі зв'язаний з інтегральним параметром  $\gamma_T$ , що визначає максимальний приріст температури електроду за час імпульсу струму в розрядній лампі

$$\Delta T_{\max} = \gamma_T \frac{U_c}{S} \sqrt[4]{\frac{C^3}{L}}$$

Співвідношення

$$\frac{\Delta T_{\max}}{\gamma_T} = \frac{U_c}{S} \sqrt[4]{\frac{C^3}{L}}$$

залежить тільки від параметрів розрядного контуру і площі катоду. Існує оптимальне значення цього співвідношення, при якому будуть спостерігатись оптимальні зміни температури при роботі лампи в даному розрядному контурі, а, отже, мінімальна швидкість ерозії.

У четвертій главі створена автором методика контролю якості розробки та технології виробництва електродних вузлів джерел ВДС шляхом дослідження температурних полів у робочих режимах.

Температурні поля вивчалися за допомогою розробленого телевізійного пірометра, що дозволяє визначити з достатньою точністю і високою роздільною здатністю температурне поле по всій поверхні електроду.

Описано метод градування телевізійного пірометра та блок фільтрів для захисту від випромінювання газорозрядної плазми.

Характерний розподіл температури по осі електроду в реально-

му режимі роботи зображений на рис. 4. За одержаними дослідними даними побудовано розподіли температури за довжиною електродів різних типів ламп.

За розподілом виявлено, що деякі типи ламп мають середню температуру катоду за період імпульсу розрядного струму більш високу в місцях, прилеглих до вводу, ніж на робочій поверхні, тобто допущено помилки в розрахунку конструкції електродів або виявлено дефект у якості виробництва складових електродів.

Таким чином, одержано ще одну методику контролю якості електродів.

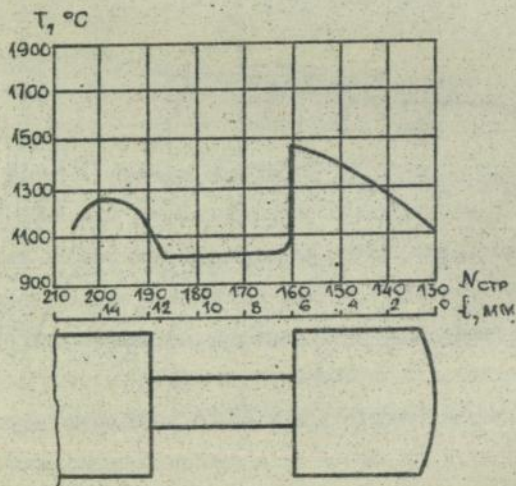


Рис. 4. Розподіл температури по осі катоду лампи типу ШІІІ 4-5/75 А (середньої за імпульс). Режим роботи  $f = 45$  Гц,  $U_c = 750$  В, матеріал емітера ВСБ-5.

У п'ятій главі описано розроблений метод неруйнуючого контролю якості електродних вузлів та складових електродів. У проце-

сі збирання електродних вузлів ламп з катодом, що складається із струмовводу та емітера, з'єднання відбувається методом спікання при високих температурах. У випадках, якщо режим спікання не точно витримується, або деталі та матеріали вироблені недостатньо якісно, здійснюється нещільне з'єднання емітера із струмовводом. Як показали випробування, проведені у НІО "Зеніт", в результаті цього через деяку кількість імпульсів відбуваються руйнування електродного вузла.

Контроль міцності з'єднання механічним способом не можливий, бо призводить до порушення структури поверхні емітера або до руйнування електродного вузла. Запропоновано спосіб визначення якості з'єднання за виміром перехідного опору. Розглянуто теоретичні питання перехідного опору й розроблено методику неруйнуючого контролю якості з'єднання. Наведено дані щодо визначення перехідного опору на двох партіях складових електродів для ламп різних типів. Показано перспективність такого методу контролю якості.

У заключенні наведено основні результати і висновки роботи:

1. У результаті досліджень одержано методику й розроблено апаратуру для визначення однієї з найважливіших властивостей електродного матеріалу – стійкості до термоцикування та теплових ударів. Тепловий вплив на матеріал здійснюється за допомогою альтернативних енергетичних навантажень імпульсного електронно-поміневого пучка та імпульсного лазерного випромінювання, що дозволяє максимально наблизити методи експерименту до реальних впливів у робочих режимах як за часом, так і за поверхневим розподілом потужності та енергії впливу.

2. Запропоновано методику створення зазначеного розподілу емісійних властивостей по поверхні електроду шляхом обробки лазерним імпульсним випромінюванням, що забезпечує прив'язування

розряду в задалегідь зазначених ділянках поверхні електроду, тим самим знижуючи ерозійне забруднення ділянок оболонки, прилеглих до катоду, і поліпшуючи якість джерел світла.

3. Розроблено методику, що дозволяє у виробничих умовах визначати й контролювати теплофізичні характеристики електродних матеріалів. В її основу покладено імпульсне лазерне нагрівання матеріалу з визначенням у двох точках температури поверхні зразка за допомогою малоінерційного мікропірометра з наступним встановленням за розрахованими на БОМ номограмами теплофізичних характеристик матеріалу.

4. Розроблено методику контролю якості розрахунків і виробництва електродів за температурними полями, що вимірюється за допомогою створеного телевізійного пірометра.

5. Розроблено методику неруйнівного контролю якості електродних вузлів за перехідним опором.

Одержані методики та розроблена апаратура дозволяють виробляти як операційний, так і заключний контроль деяких головних характеристик електродів, електродних матеріалів та електродних вузлів високоінтенсивних джерел світла, що дає змогу поліпшити їхню якість і знизити собівартість виробництва.

Основний зміст роботи відображено в таких публікаціях:

1. Бухарин С.Л. Повышение эффективности исследованных теплоизоляционных свойств материалов, применяемых в городском хозяйстве.-В сб. Повышение эффективности и надежности городского хозяйства.-Киев: УМК ВО, 1990.-с.70-74.

2. Бухарин С.Л. Устройство для измерений теплофизических характеристик материалов.-В сб. Эксплуатация и ремонт систем городского хозяйства.-Киев: УМК ВО, 1992.-с.85-93.

3. Бухарин С.Л., Мецан Л.В., Никитченко Т.Д., Овчинников С.С.

Теплофизические испытания электродов импульсных дуговых устройств. // Тезисы докладов XI Всесоюзной конференции по генераторам низкотемпературной плазмы. - Новосибирск, 1969. - с. 12-13.

4. Бухарин С.Л., Сапрыка А.В., Шевченко Ю.Ф. Термический режим стеклопластиковых изделий в процессе полимеризации при оптическом облучении. // Тезисы докладов. II Республиканская научно-техническая конференция "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве". - Харьков, 1967. - с. 59.

5. Бухарин С.Л. Исследование теплофизических свойств пористых электродных материалов при импульсном лазерном воздействии. // Тезисы докладов на XXV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИГХ. - Харьков: ХИИГХ, 1990. - с. 152.

6. Бухарин С.Л., Сапрыка А.В. Источники света общего назначения на основе катодолюминесценции. Тезисы докладов на XXV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИГХ. - Харьков: ХИИГХ, 1990. - с. 153.

7. Бухарин С.Л., Мещан Л.В., Никитченко Т.Ю., Свчинников С.С. Влияние режима питания на стабильность световых параметров импульсных источников света. - Деп. в УкрНИИТИ, № 3043-Ук 67. - Киев: 1988. - 9с.

8. Бухарин С.Л., Свчинников С.С. Применение лазеров и электронно-лучевых пучков для испытаний электродных материалов и электродов ВИС. // Тезисы докладов на XXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИЭС. - Харьков: ХИИЭС, 1986. - с. 86.

9. Бухарин С.Л. Автоэлектронные эмиттеры для люминесцентных ламп. // Тезисы докладов на XXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИЭС. - Харьков: ХИИЭС, 1986. - с. 69.

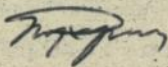
10. Бухарин С.Л. Исследование влияния технологических факто-

ров на теплофизические свойства композиционных материалов. // Тезисы докладов на XXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИГХ.-Харьков: ХИИГХ, 1992.-с.120.

11. Берчун В.П., Бухарин С.Л. Неразрушающий контроль качества соединения электрод-токоввод газоразрядных источников света.- В республиканском межведомственном сборнике "Коммунальное хозяйство городов"-Киев: Техника, 1994-Вып.3.-с.56-60.

12. Бухарин С.Л., Никитченко Т.Ю. Исследование температурных полей электродов импульсных ламп в частотных режимах с помощью телепирометра. // Тезисы докладов на XXVII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИГХ.-Харьков: ХИИГХ, 1994.-с.17-18.

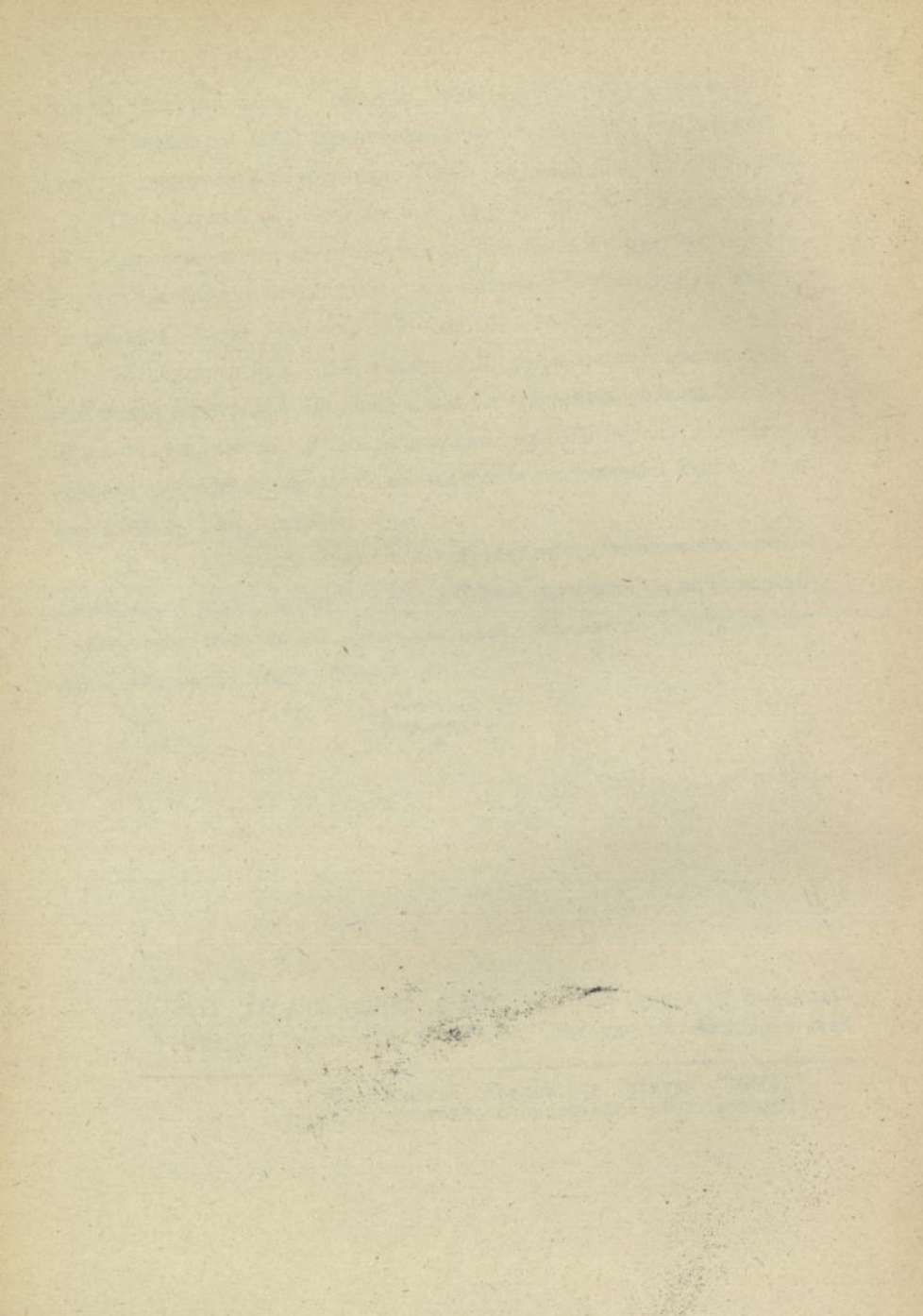
13. Бухарин С.Л. Влияние конструктивных и технологических факторов на поле температур ИВС. // Тезисы докладов на XXVIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХИИГХ.-Харьков: ХИИГХ, 1994.-с.18.



Підписаю до друку 7.09. 1994 р. Формат 60 x 84 1/16.  
Друк офсетний. Ум.-др.арк. 1,0. Тираж 100: прим. Зам. №1358

---

310002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 28.  
Ротапринт ОЦ Харківського облстатуправління.



45843

AB 31.386