

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»
Кафедра радіотехніки та телекомунікацій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«Оптичні технології в телекомунікаційних системах»
для студентів спеціальності
172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Частина V

2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Оптичні технології в телекомунікаційних системах» для студентів спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» всіх форм навчання. Частина V / Укл.: Г.В. Мороз, Є.І. Колеснікова, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 25 с.

Укладачі: Г.В. Мороз, ст. викладач,
Є.І. Колеснікова, зав. лаб.,
Г.М. Сидоренко, зав. лаб.

Рецензент: С.В. Морщавка, доцент, к.т.н.

Відповідальний.
за випуск: Г.М. Сидоренко, зав. лаб.

Затверджено:
на засіданні кафедри
радіотехніки та телекомунікацій
Протокол № 6 від 16.04.2024 р.

Рекомендовано до видання НМК
факультету інформаційної безпеки та
електронних комунікацій
Протокол № 7 від 14.05.2024 р.

3
ЗМІСТ

	С.
1 Лабораторна робота №7 Нерознімні з'єднання оптичних волокон....	4
1.1 Мета роботи.....	4
1.2 Загальні відомості.....	4
1.2.1 Основні положення.....	4
1.2.2 Вимірювання методом вносимого загасання.....	4
1.3 Причини втрат при з'єднанні волокон.....	9
1.4 Джерела втрат у нероз'ємному з'єднанні.....	11
1.5 Завдання до лабораторної роботи.....	12
1.6 Опис лабораторної установки.....	13
1.6.1 Конструкція та принцип роботи пристрою для зварювання.....	15
1.6.2 Пристрої для захисту місця зварювання.....	17
1.6.3 Інструменти для підготовки волокна до зварювання.....	18
1.7 Технологія зварювання оптичних волокон.....	18
1.8 Основні дані установки КСС-111.....	19
1.9 Порядок виконання роботи.....	20
1.10 Оброблення оптичного кабелю.....	20
1.11 Підготовка оптичного тестера (ОТ) до роботи.....	21
1.12 Установка струму оплавлення та зварювання, часу розряду на панелі КСС-111 (орієнтовні параметри).....	21
1.13 Установка світловодів в КСС-111.....	22
1.14 Юстирування світловодів.....	23
1.15 Оплавлення.....	23
1.16 Зварювання в ручному режимі.....	23
1.17 Визначення оптичних втрат у зварному з'єднанні.....	24
1.18 Контрольні питання.....	24
1.19 Техніка безпеки.....	25
1.20 Зміст звіту.....	25
1.21 Рекомендована література.....	25

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ОПТИЧНИХ ВОЛОКОН

1.1 Мета роботи

Вивчення устрою для зварювання оптичних волокон, методів нерознімного з'єднання оптичних волокон (ОВ) в оптичному кабелі (ОК), їх виконання та вимірювання втрат (загасання) потужності оптичного випромінювання в не рознімних з'єднаннях.

1.2 Загальні відомості

1.2.1 Основні положення

При будівництві лінійно-кабельних споруд волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) необхідні оптичні з'єднувачі для підключення обладнання кінцевих та проміжних станцій до ОК і з'єднання будівельних довжин ОК між собою. У першому випадку застосовують рознімні оптичні з'єднувачі, а в другому – нерознімні оптичні з'єднувачі.

Основними технічними вимогами до оптичних з'єднувачів є наступні: малі загасання та відбивання потужності випромінювання, висока механічна міцність, нечутливість до впливу факторів оточуючого середовища, простота здійснення, мала ціна, можливість виконання в польових умовах.

Для з'єднання ОВ потрібне прецизійне обладнання, яке дозволяє виконати роботи з великою точністю. Стандартні багатомодові кварцеві ОВ мають дуже малий діаметр світло несучої серцевини – 50 мкм багатомодові ОВ і 4-12 мкм одномодові ОВ при діаметрі світловідбиваючої оболонки 125 мкм.

1.2.2 Вимірювання методом вносимого загасання

Нерознімні оптичні з'єднувачі (Splicer) служать для постійного з'єднання ОВ. Рознімні оптичні з'єднувачі (Connectors) використовуються для багатократного з'єднання/роз'єднання ОВ. Основні методи з'єднання включають зварювання (сплавлення) торців

двох волокон після співвісної їх фіксації в юстирувальному пристрої. Зрощування з'єднувальних волокон можна забезпечувати також клейкою речовиною, механічним тиском або їхньою комбінацією.

З'єднання волокон за допомогою клею

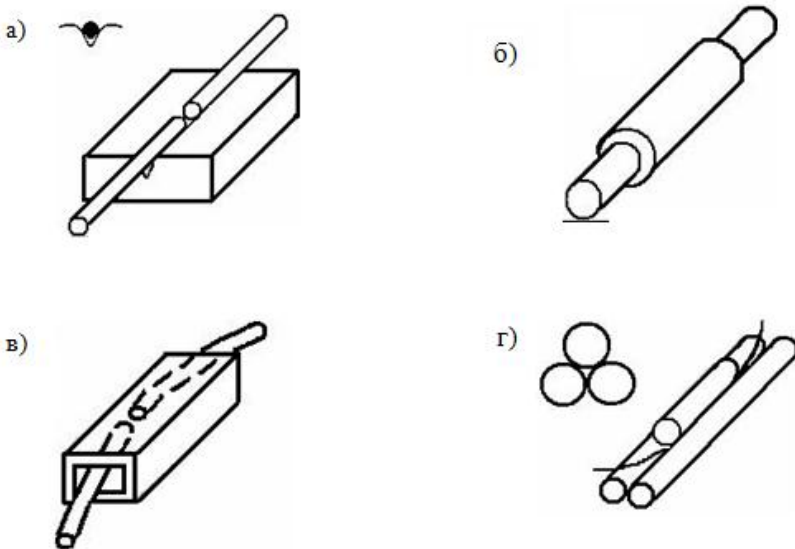
Запропоновано і використовується багато юстирувальних структур для з'єднання волокон за допомогою клейкої речовини. Конструкції чотирьох із них показані на рисунку 1.1. Кожна з цих структур механічно вирівнює волокна і потім забезпечує їхнє надійне з'єднання за допомогою клею. Волокна фіксуються в заданому положенні за допомогою епоксидної смоли. Оскільки для затвердіння епоксидної смоли потрібний певний час, ці з'єднувачі не можуть використовуватись негайно. Час затвердіння смоли можна скоротити.

V-подібна канавка (рисунок 1.1a) є основою найпростішого механічного з'єднувача. Оголені волокна, які потрібно з'єднати, розміщуються в канавці, при цьому досягається добре кутове вирівнювання. Волокна можуть ковзати в канавці назустріч одне одному до зіткнення торців, після чого фіксуються в цьому положенні за допомогою епоксидної смоли. Після затвердіння смоли похибка, внаслідок зазору між торцями, мінімальна. Якщо показник заломлення епоксидної смоли узгоджений із показником заломлення серцевин з'єднуваних волокон, тоді навіть невеликий зазор між торцями не викликає великих втрат. Поперечний зсув буде незначним у *V-подібній* канавці, якщо обидва волокна мають однакові діаметри серцевин і оболонки і якщо серцевини концентрично розташовані щодо оболонки. Зсув серцевин відносно оболонки (ексцентриситет) може бути виявлений обертанням вихідного волокна при контролі передаваної потужності.

Волокна з однаковими поперечними розмірами, без еліптичності серцевин і ексцентриситету оболонки і серцевини дають однакову вихідну потужність для всіх положень вихідного (вхідного) волокна при його обертанні. Жодний зі з'єднувачів на рисунку 1.1 не може забезпечити компенсацію неконцентричності серцевин. Шар захисного покриття може наноситися на поверхню *V-подібного* з'єднувача, щоб забезпечити додатковий захист.

Прецизійний капіляр (рисунок 1.1 б) має центральний отвір для вводу волокон у буферній оболонці. Кінці капіляра трошки розширюють, щоб полегшити ввід волокна. Епоксидна смола з узгодженим показником заломлення може наноситися на торці волокон перед тим як їх ввести у капіляр.

Також відомі устрої з використанням прямокутної вільної трубки та трьох стрижней.



а) V-подібна канавка; б) прецизійний капіляр;
в) вільна прямокутна трубка; г) три стрижні.

Рисунок 1.1 – Варіанти клейового з'єднання ОВ

У деяких капілярах є боковий отвір для спостереження торців контактуючих волокон і введення краплі епоксидної смоли або рідини. Капіляри можуть бути металевими, скляними або пластмасовими. Є пристрої зрощування, де матеріалом капіляра є еластична пластмаса. Якщо волокна вставлені в отвір з трохи зменшеним діаметром, еластичний матеріал змушує обидва волокна

вирівнюватися у вздовж загальної центральної осі. Навіть волокна з неоднаковими діаметрами оболонок будуть співвісними в такому еластичному капілярі.

У з'єднувачі з вільною трубкою (рис. 1.1 в) волокна входять у прямокутну трубку. Вигін волокон змушує кінці волокон пересуватися в трубці і розташувати їх уздовж одного з внутрішніх ребер трубки. З'юстировані таким чином волокна фіксуються за допомогою епоксидної смоли.

Три прецизійних стрижні зі скла або металу також можуть бути використані для юстирування волокон (рис. 1.1 г). Діаметри стрижнів вибрані так, щоб отвір між циліндрами, був дещо більшим, ніж діаметр з'єднуваних волокон по оболонці.

Після того як з'єднані волокна вставлені в отвір і зведені до дотику, використовують епоксидну смолу. Потім поверх юстирувального пристрою накладають термоусадочну трубку. Після прогріву і охолодження вона забезпечує фіксацію стрижнів і притискає до них волокна.

Механічне з'єднання

При пошкодженні волоконно-оптичних кабелів (ВОК), наприклад в польових умовах, можливо його відремонтувати за допомогою механічних сплайсів (МС).

МС – це прецензійний, простий в застосуванні, недорогий пристрій для швидкого з'єднання оптичних волокон з діаметром 250 мкм-1мм за допомогою механічних затискувачів. МС призначений для багаторазового або одноразового використання. Скляний капіляр з імерсійним гелем забезпечує вносне загасання < 0,2 дБ і оборотне загасання < -50 дБ. По надійності і по власному загасанню механічний сплайс уступає зварному з'єднанню.

З'єднання волокон за допомогою зварювання

Зварні з'єднання виконуються зварюванням двох скляних волокон (рис. 1.2). Звичайно в пристроях для зварювання волокон використовують електричну дугу для того, щоб розплавити торці волокон. Перед зварюванням кінці волокон готують за методом насичення і наступного сколювання. Потім домагаються співвісності,

регулюючи положення волокон одне відносно другого за допомогою трикоординатних мікроманіпуляторів. Процес юстирування візуально контролюється за допомогою мікроскопа або будь-якого іншого пристрою збільшення.

Точність юстирування також можна перевірити, контролюючи потужність, що передається через стик, перед тим, як волокна будуть з'єднані. Якщо передавач і приймач розміщуються далеко від точки з'єднання (скажімо, кілька сотень метрів або більше), то таке вимірювання може бути важким і забирати багато часу. Вирішенням цієї проблеми є метод *місцевого* (локального) *вводу світла* і його *наступного детектування* (Light Injecting and Detection-LID). При використанні LID-метода світло вводять в одне із з'єднувальних волокон на невеликій відстані від точки з'єднання (10...20 см) і виводять для детектування з іншого волокна (на такій самій відстані). Ввід і вивід світла з волокна здійснюється через вигин волокна навколо циліндра, що має малий радіус.

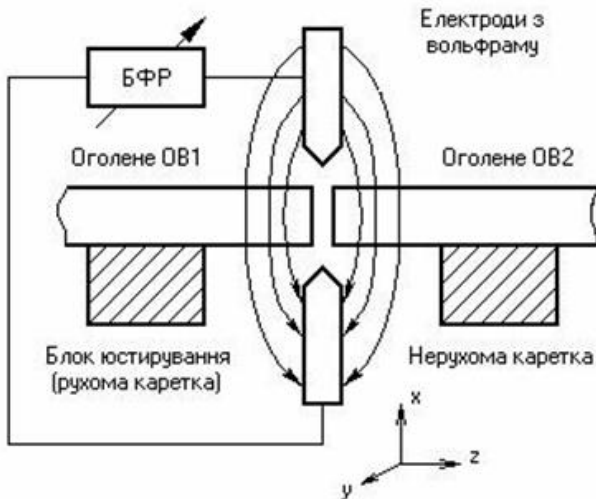


Рисунок 1.2 – Принцип електродугового зварювання

Вигин настільки сильний (звичайно його радіус становить декілька міліметрів), що енергія може бути введена у волокно при розміщенні джерела світлу у місті вигину вхідного волокна і виведена при установці фотоприймача поблизу вигину вихідного волокна. У більшості одномодових волокон буферне покриття прозоре, так що не потрібно його видалення для використання LID- методу. У деяких випадках буферні покриття волокон фарбовані (маркіровані) барвником для ідентифікації, який може бути непрозорий. Фарбу в місцях вигину слід видалити. Для цього використовують розчинник типу ацетону.

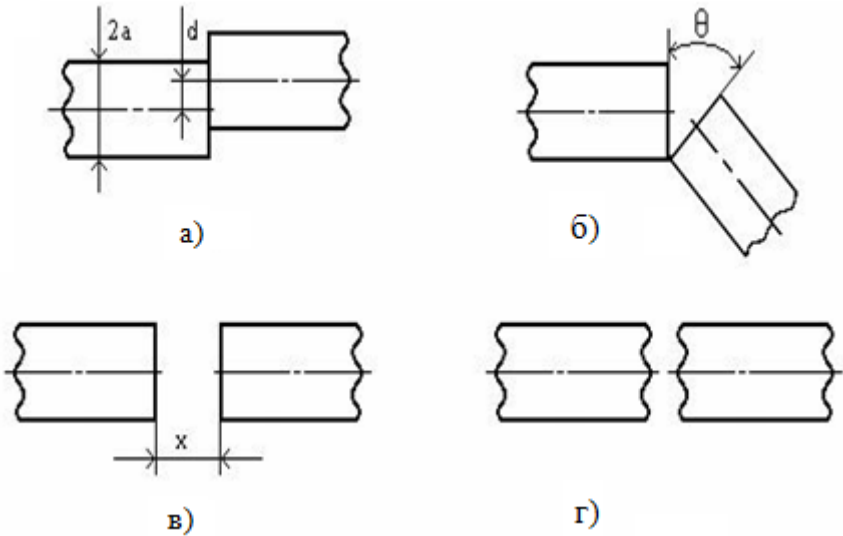
У процесі зварювання сили поверхневого натягу забезпечують вирівнювання осей волокон, мінімізуючи поперечне зміщення. Нерознімні з'єднання, виконані на серійних зварювальних установках, забезпечують втрати менше ніж 0,25 дБ. Після виконання зварювання настає етап відновлення захисного (полімерного) покриття. Оголена частина зварених волокон охоплюється (захищається) за допомогою епоксидної смоли, або термоусадочної трубки. З'єднання зварюванням використовується для кварцових волокон (як багатомодових, так і одномодових).

1.3 Причини втрат при з'єднанні волокон

На рисунку 1.3 графічно подані причини виникнення зовнішніх втрат при з'єднанні волокон. Точне з'єднання потребує відсутності поперечного і кутового зсуву, зазору між контактуючими волокнами, а також плоских і паралельних торців.

При з'єднанні волокон, мають місце і внутрішні втрати. Ефективність передачі потужності знижується, якщо з'єднані волокна :

- мають різницю в числових апертурах або в діаметрах сердцевин;
- мають сердцевини волокон у вигляді еліпса (а не кола) у перетині і з'єднуються так, що їхні велика і мала осі взаємно перпендикулярні;
- центри сердцевин з'єднаних волокон не збігаються з центрами оболонки (ексцентриситет). При ретельному юстируванні зазначені види втрат можуть бути мінімізовані, що дає змогу створювати нерознімні з'єднувачі з втратами <0,1 дБ.



- а) поперечне зміщення; б) кутове зміщення;
в) зазор між торцями; г) шорсткість торців.

Рисунок 1.3 – Графічне представлення причин виникнення втрат при з'єднанні волокон

Для багатомодових східчастих ОВ з діаметром серцевини $2a$ (мкм) і числовою апертурою NA ефективність передачі потужності α (дБ) може бути розрахована за наступними формулами [3]:

а) для поперечного зміщення розміром d (мкм):

$$\alpha_n = -10 \cdot \lg \left[\frac{2}{\pi} \left(\arccos \frac{d}{2a} - \frac{d}{2a} \cdot \left(1 - \left(\frac{d}{2a} \right)^2 \right)^{1/2} \right) \right], \text{ dB} \quad (1.1)$$

де d – лінійний зсув осей;

a – радіус серцевини;

α_n – втрати при поперечному зсуві волокон.

б) для кутового зміщення розміром θ (радіан):

$$\alpha_{\theta} := -10\lg 1 - \frac{(n_0)^6}{\pi N A}, \text{ dB} \quad (1.2)$$

в) для зазору між торцями розміром X (мкм):

$$\alpha_x := -10\lg 1 - \frac{XNA}{4(\alpha \cdot n_0)}, \text{ dB} \quad (1.3)$$

де n_0 – показник заломлення середовища між торцями ОВ. Для інших типів ОВ розрахункові формули та графіки наведені в [3].

1.4 Джерела втрат у нероз'ємному з'єднанні

Ослаблення сигналу при з'єднанні волоконних світловодів викликається втратами через розходження їх параметрів і недосконалістю стиковки. До першої групи причин ослаблення відносяться відмінності числових апертур, діаметрів серцевин і оболонки з'єднувальних волоконних світловодів, неконцентричність і еліптичність серцевин. До другої групи причин ослаблення відносяться порушення взаємного положення волоконних світловодів: радіальне і поздовжнє зміщення торців, кут між осями і неякісна обробка поверхонь торців волоконних світловодів (наявність подряпин, мікронерівності і т.д.).

При бічному (поперечному зсуві) осей волоконних світловодів площа перетину їх серцевин зменшується (рис. 1.4).

За умови, що всі моди багатомодового волоконного світловоду із ступінчастим профілем показника заломлення переносять однакову потужність, можна вважати, що втрати, які виникають в стику, можуть бути визначені відношенням площі перетину до повної площі серцевини $\pi \cdot a^2$ за виразом 1.1

Методика виготовлення більшості з'єднань волоконних світловодів та волоконно-оптичних кабелів включає наступні операції:

– видалення захисних покриттів з волоконно-оптичних кабелів і волоконних світловодів;

- з'єднання зміцнюючих елементів кабелів за допомогою дроту або пластикової нитки;
- підготовка торців волоконних світловодів "метод відколу";
- ідентифікація волоконних світловодів та монтаж у вибраний з'єднувальний пристрій перед з'єднанням волоконних світловодів;
- з'єднання волоконних світловодів термічним методом або за допомогою клею;
- нанесення захисних покриттів на волоконні світловоди в готовому з'єднанні.



Рисунок 1.4 – Джерела втрат при з'єднанні волокон

1.5 Завдання до лабораторної роботи

1.5.1 Вивчити методи з'єднання оптичних волокон.

1.5.2 Підготувати відповіді на контрольні запитання.

1.5.3 Для багатомодових сідчатих ОВ з діаметром серцевини $2a=50\text{мкм}$ і числовою апертурою $NA=0,24$ розрахувати за формулами (1.1-1.3) ефективність передачі потужності a (дБ) для поперечного, кутового, повздовжнього зміщення для $n=1$ (повітря). Вихідні дані за варіантами № 0...9, що відповідають останній цифрі залікової книжці, наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для виконання лабораторної роботи

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мкм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
Q, град.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	10
X, мкм	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5

1.5.4 Підготувати бланк протоколу де повинні бути: назва роботи, її мета, результати виконання лабораторної роботи, структурна схема лабораторного макету та обчислювання по п.1.5.3.

1.6 Опис лабораторної установки

Зварювання є найбільш поширеним методом з'єднання волокон. Воно полягає у місцевому нагріванні межі поділу двох зістиківаних і попередньо відцентрованих торців волокон, в результаті якого волокна сплавляються один з одним. Електрична дуга використовується як джерело енергії. Загальний вигляд зварювальної установки показаний на рисунку 1.5.

Установка для зварювання передбачає наступні операції:

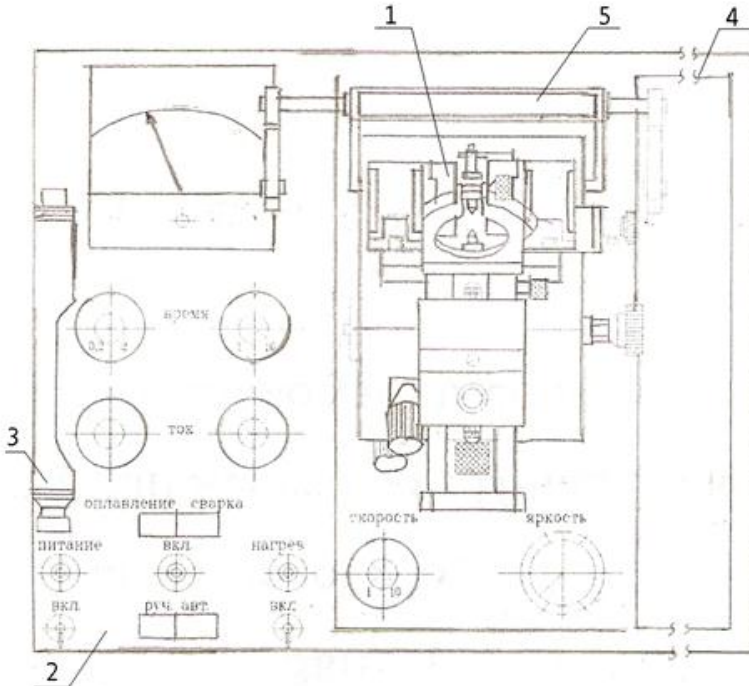
- скруглення торців волокон (оплавлення) малопотужною дугою. Це необхідне для того, щоб уникнути утворення пухирців;
- регульоване зустрічне переміщення волокон у процесі сплавлення для запобігання звуженню в місці з'єднання;
- автоматизація попереднього оплавлення і переміщення волокна під час сплаву;
- оптичне спостереження для спрощення попереднього центрування волокон;
- виготовлення захисного покриття після сплаву волокон.

Зварювальне пристрій КСС-111 (комплект для зварювання світловодів) складається з блоку зварювання та оператора, що змонтовані в одному корпусі, інструменту для підготовки волоконних світловодів або волоконно-оптичних кабелів до зварювання.

Блок зварювання забезпечує фіксацію волокон, їх юстирування та зварювання. До його складу входять наступні основні вузли: корпус, закріплений на ньому рухливий кронштейн з мікроскопом і дзеркалом, що необхідне для юстирування співвісності волокон у двох взаємоперпендикулярних площинах; рухомий затискач, що має можливість переміщатися в трьох взаємоперпендикулярних

площинах, нерухомий затискач для фіксації оптичного волокна, затискачі для оптичного кабелю, електроди.

Генератор включає блок формування електричного розряду з органами управління.



- 1 – блок юстирування; 2 – блок управління;
 3 – мікроскоп (при роботі встановлений у блок юстирування);
 4 – коробка з інструментами; 5 – пристрій для захисту місця зварювання

Рисунок 1.5 – Загальний вигляд зварювальної установки

1.6.1 Конструкція та принцип роботи пристрою для зварювання

Блок юстирування (рис. 1.6) складається з наступних основних вузлів: корпусу 1, двох затискачів для волокна 2 і 3, теплового двигуна 4, механізму фіксованої подачі 5, блоку електродів 6, пристрою для контролю співвісності світловодів 7, мікроманіпулятору затискача 8, мікроманіпулятору 9, кронштейна 10, дзеркала 11, каретки мікроскопа 12, гвинта для закріплення мікроскопу 13, гвинта для встановлення поля зору мікроскопа 14, гвинта для кріплення дзеркала 15, ручок для переміщення електродів 16, 17, 18, ручок 19, 20 для переміщення мікроманіпулятору 9, гвинтів 21, 22.

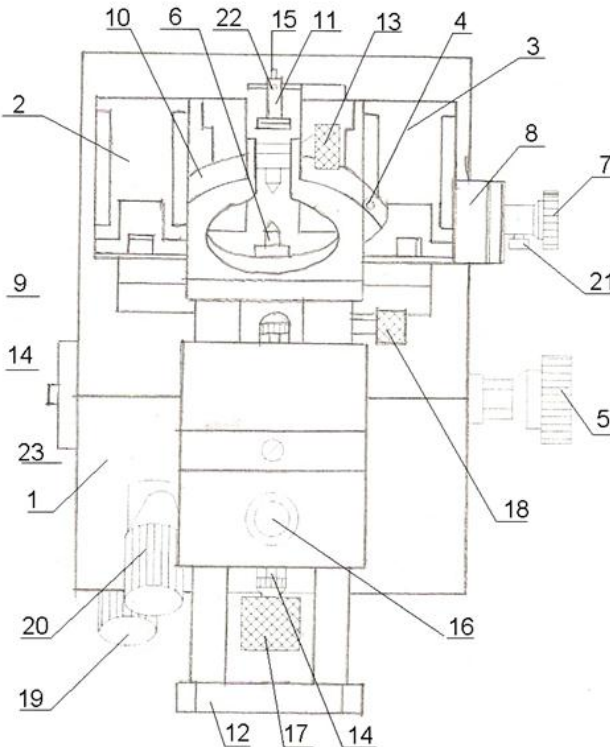


Рисунок 1.6 – Блок юстирування

Затискач 2 (рис 1.7) складається з наступних основних деталей: корпусу 1, опори 2, відкидних затискачів 3 і 4, магніту 5.

Попередньо підготовлені світловоди укладають у V-подібні канавки корпусу 1. Відкидні затискачі 3 і 4 притискають у робочому положенні до корпусу 1 зусиллям магніту 5. Ділянку світловоду в ізоляції укладають в глибоку канавку і притискають у двох точках, при цьому оголену ділянку світловоду укладають у дрібну канавку і притискають в одній точці. Притиск і фіксацію світловоду забезпечують підпружинені упори 6, що розташовані на відкидних затискачах 3 і 4.

Рухливість підпружинених упорів 6 та конструкція V-подібних канавок дають можливість фіксувати в затискачах світловоди різного діаметру. Затискач може переміщатися у трьох координатах і використовується для юстирування волокон відносно один одного і зсуву при зварюванні в ручному режимі.

Затискач 3 аналогічний затискачу 2, може переміщатися в одній координаті та здійснювати зсув волокон в автоматизованому режимі. Затискач переміщається до жорсткого упору.

Переміщення маніпулятора 8 затискача здійснюється при включеному тепловому двигуні 4 під час автоматичного режиму роботи.

Блок електродів включає електроди закріплені у затискачах гвинтами, які дозволяють встановлювати певну відстань між електродами. Блок електродів може переміщатися уздовж осі світловодів та в двох площинах перпендикулярно до неї за допомогою мікрометричних гвинтів 16 і 17. Для захисту оператора від випадкового дотику до електродів вони закриті кожухом.

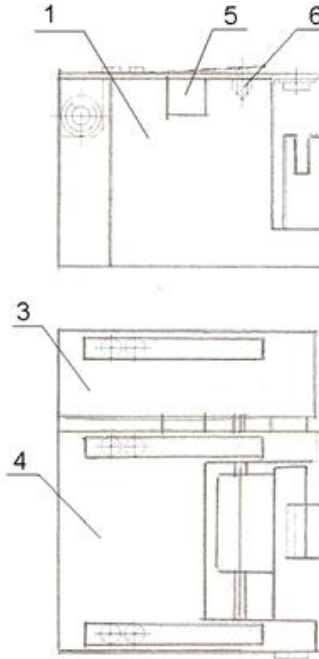


Рисунок 1.7 – Затискач

1.6.2 Пристрої для захисту місця зварювання

До комплекту входять два пристрої:

– для захисту місця зварювання заливанням швидкодіючим складом (компаундом). Пристрій складається з плати, що кріпиться за допомогою стійок до корпусу блоку юстирування та нагрівального елемента, що підігріває плату. Спеціальний знімач з парою зварених світловодів фіксується в отворах основи, світловоди укладаються в гребінки, де притискаються за ізоляцію: місце зварювання заливається швидкоотвердіючим компаундом;

– для захисту місця зварювання за допомогою термоусаджуваних захисних гілз. Пристрій складається з нагрівального елемента і стійки з захватом, необхідним для

перенесення зварених волокон в зону нагрівання. Попередньо надіту на кабель захисну гільзу насовують на місце зварювання волокон і вносять у зону нагріву. Ознакою закінчення усадки є появи герметика з торців захисної гільзи.

1.6.3 Інструменти для підготовки волокна до зварювання

1. Пристрій для різання оболонки кабелю РО-1, призначений для зняття зовнішньої ізоляції за допомогою поперечного, спірального та поздовжнього розрізу.

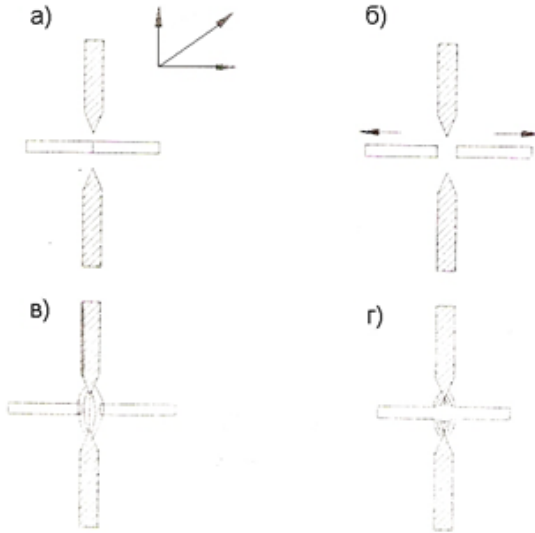
2. Інструмент для різання оптичного моноволокна IP-1, призначений для різання світловоду методом керованого розриву – сколювач.

3. Інструмент для зняття захисної зміцнюючої оболонки світловоду та оптичного модуля модель СО-2, призначений для зняття полімерної оболонки і силіконового покриття з оптичних світловодів, а також модульної трубки.

1.7 Технологія зварювання оптичних волокон

Технологія зварювання оптичних волокон складається з наступних операцій (рис. 1.8):

- установка підготовлених волокон у V-подібні канавки затискачів та фіксація їх положення магнітними клямками;
- юстирування волокон;
- установка електродів в потрібне положення;
- включення електричної дуги з температурою 1200°C на 1.5-2 с;
- зближення волокон та оплавлення торців;
- зварювання при температурі 2000°C – 2-3 с;
- природне охолодження 60 с.



а) юстирування волокон; в) оплавлення торців;
 б) вихідний стан; г) зварювання.

Рисунок 1.8 – Процес зварювання

1.8 Основні дані установки КСС-111

- а) електроди з вольфраму;
- б) мікроскоп із збільшенням до 50;
- в) струм розряду 10-27 мА;
- г) регулювання часу зварювання 0.5 ÷ 15с;
- д) споживана потужність до 60 Вт;
- е) напруга живлення 12 ± 2 В зі струмом навантаження не менше 4А.

1.9 Порядок виконання роботи

Перед виконанням роботи слід вивчити теоретичні відомості по даній роботі, викладені в літературі та теоретичну частину даного опису. Також необхідно вивчити опис лабораторної установки і порядок виконання роботи.

При виконанні роботи необхідно пам'ятати:

- а) не робити розстикування роз'ємів обладнання;
 - б) дбайливо поводитися зі світловодами – не згинати, не робити великих зусиль;
 - в) не крутити мікрометричні гвинти у великих межах.
- Включення апаратури проводити лише з дозволу викладача!

1.10 Оброблення оптичного кабелю

Якщо з оптичного кабелю знято зовнішнє захисне покриття, то пункти а) та б) виконувати не треба.

Якщо зі світловоду зняті також захисно-зміцнюючі оболонки, то пункт в) виконувати не треба.

Оброблення оптичного кабелю:

а) за допомогою леза або скальпеля зняти зовнішню оболонку на довжину 4 см;

б) скальпелем зрізати захисні волокна на довжину 4 см.; робити обережно, не пошкодити оптичне волокно;

в) за допомогою інструменту для зняття захисно-зміцнюючої оболонки світловоду СО-2 зняти захисну оболонку на довжину 2 см. Для цього оптичне волокно вставити в отвір кронштейна до упору, упор треба розташувати на відстані 2 см за шкалою. При натисненні на важіль закриваються ножі, при цьому утворюється надріз зміцнюючої оболонки. Робити обережно, не допускати розрізання або розриву волокна! При витягуванні волокна проводиться часткове зняття ізоляції з волокна. Витягати до перетину місця надрізу волокна діафрагми з волосінню – це пристосування для зняття силіконового покриття. Після цього, повертаючи діафрагму затискаємо волокно волосінню. При подальшому переміщенні оптичного волокна здійснюється одночасне зняття зміцнюючої оболонки і силіконового покриття. Після закінчення зняття оболонок діафрагму повертають у

вихідне положення, важіль відпускають. Якщо потрібно, то можна кілька разів знімати волосінню покриття до повної його відсутності;

г) далі потрібно підготувати торець волокна для отримання якісного з'єднання. Для цього використовують інструмент IP-1.

Звільнене від ізоляції волокно укладають у канавку на підкладці, що прикріплена до пружної пластини і закріплюють притиском, розташованим на іншому кінці пластини. Потім натискають на кришку із закріпленим на ній різцем і наносять надріз на волокно. Згинаючи пружну пластину і притискаючи пальцем волокно до підкладки, досягають облому волокна. Розкривши кришку в початкове положення, прибирають залишок волокна.

Таким же чином (п. а – п. г) готують другий кінець волокна.

1.11 Підготовка оптичного тестера (ОТ) до роботи

1. Оптичний тестер (рис. 1.9) має бути підключений до блоку живлення (гніздо $\pm 12\text{В}$). Переконайтеся у правильності полярності підключення тестера. Другі кінці оптичного кабелю з наконечниками вставити в гнізда "Вхід" ($\rightarrow m$) та "Вихід" ($\leftarrow m$), знявши попередньо з них кришки. Це необхідно для того, щоб визначити втрати в оптичному кабелі після зварювання.

1.12 Установка струму оплавлення та зварювання, часу розряду на панелі КСС-111 (орієнтовні параметри)

Струм оплавлення – 15 мА.

Струм зварювання – 15 ÷ 20 мА.

Час оплавлення – 1 с.

Час зварювання – 2 с.

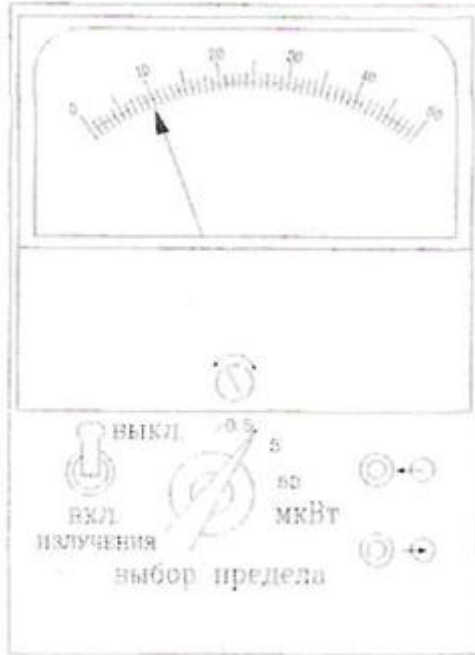


Рисунок 1.9 – Передня панель оптичного тестера

1.13 Установка светловодів в КСС-111

Включити блок живлення тумблером "ВКЛ", включити живлення зварювальної установки тумблером "ВКЛ.", повинен загорітися світлодіод "ЖИВЛЕННЯ", добитися хорошого освітлення зони видимості в мікроскопі крутячи ручку "ЯСКРАВИСТЬ" (рис. 2). Відкрити відкидні затискачі світловодів на затискачах 2 і 3 (рис. 3).

Вести кінець одного світловоду з підготовленим торцем в канавки затискача 3, спостерігаючи в мікроскоп встановити торець світловоду у площини електродів. Зафіксувати світловод в затискачу 3, заклавши його відкидні затискачі. Притиснути оптичний кабель за зовнішню ізоляцію підпружиненим затискачем тримача.

Встановити затискач 2 в крайнє лїве положення обертанням лїмба механїзму фіксованої подачі 5.

Вести кїнець другого світловоду у затискач 2, і спостерїгаючи в мїкроскоп, встановити зазор мїж торцями світловоду у межах 0.1 ÷ 1.0мм.

Зафіксувати світловод в затискачу 2, закривши його відкидними затискачами.

Звести торці світловодів до зазору 30 ÷ 60 мкм обертанням лїмба механїзму фіксованої подачі 5, одна подїлка мїкроскопу 58 мкм.

Перевїрити якїсть торців світловодів в обох площинах (у двох крайнїх положеннях каретки мїкроскопа 12), не допускати перекося, виступи та сколення торця світловодів.

1.14 Юстирування світловодів

Від'юстувати ручками 19 і 20 спїввїснїсть затиснутих світловодів у двох крайнїх положеннях каретки мїкроскопу 12. Ручками 16, 17, 18 встановити електроди точно напроти мїсця стику світловодів. Мїсце стику має бути посерединї зазору мїж електродами.

1.15 Оплавлення

Не торкатися руками блоку електродів пїд час роботи зварювальної установкї!

Натиснути кнопкуну "ОПЛАВЛЕННЯ", потїм "РУЧ" і оплавити електричною дугою кїнци світловодів в ручному режимї, спостерїгаючи в мїкроскоп за процесом оплавлення та перевїряючи якїсть утворених торців.

1.16 Зварювання в ручному режимї

Звести торці світловодів до дотику і розвести на 5 10 мкм. Натиснути кнопкуну "ЗВАРЮВАННЯ", потїм кнопкуну "РУЧ" та не вїдпускаючи її почати зводити кїнци світловодів, повертаючи лїмб механїзму фіксованої подачі до зварювання волокон, пїсля чого вїдпустити кнопкуну "РУЧ", електрична дуга згасне.

Вимкнути тумблер "ВКЛ", повинен погаснути світлодїод "ЖИВЛЕННЯ".

Волокна з установки не виймати. Показати викладачеві отримане з'єднання.

1.17 Визначення оптичних втрат у зварному з'єднанні

Виміряти потужність випромінювання за допомогою оптичного тестера. Для цього:

- увімкнути тумблер "ВКЛ. ВИПРОМІНЮВАННЯ" на передній панелі оптичного тестеру;
- вибрати необхідну границю вимірювання ручкою "ВИБІР ГРАНИЦЬ";
- записати показання тестера;
- розрахувати втрати в зварному з'єднанні за формулою:

$$\dot{O} = 10 \cdot \lg \frac{P_c}{P_0} \quad (\text{дБ}), \quad (1.4)$$

де P_c – потужність випромінювання, що проходить через зварне з'єднання (показання оптичного тестеру);

P_0 – потужність випромінювання, що проходить через відрізок оптичного кабелю, який не має з'єднань. Значення написано на передній панелі оптичного тестеру.

1.18 Контрольні питання

1. Яка структура волоконно-оптичного кабелю та світловоду?
2. Джерела втрат у з'єднанні світловодів.
3. Яка послідовність підготовки волоконно-оптичних світловодів до зварювання, який інструмент для цього потрібний?
4. Які труднощі виникають при зварюванні світловодів?
5. Як проводиться зварювання ОВ?

1.19 Техніка безпеки

1. Безпека при користуванні електричним обладнанням. Блок живлення знаходиться під напругою ~ 220 В, а електроди зварювального обладнання знаходяться під напругою ~ 3000 В.

2. Забороняється заглядати в торці ОК та ОВ з яким може випромінюватися інфрачервоне випромінювання. Це небезпечно для Ваших органів зору.

3. При сколюванні торців обламаних шматки ОВ обов'язково треба складати у спеціальний посуд, що є на лабораторному столі, щоб вони не потрапили в м'які частини Вашого тіла!

УВАГА! ЗВАРЮВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ ПРАЦЮЄ ПРИ НАПРУЗІ 3000 В.

ВИМИКАТИ ТА ПРАЦЮВАТИ ТІЛЬКИ З ДОЗВОЛУ ВИКЛАДАЧА!!!

1.20 Зміст звіту

1. Назва і мета лабораторної роботи.
2. Конструкція лабораторного макету, склад і призначення обладнання.
3. Порядок проведення зварювання.
4. Результати вимірювань загасання потужності у зварному з'єднанні ОВ.
5. Висновки по роботі (порівняння отриманих даних з нормативними).

1.21 Рекомендована література

2. Корнейчук В.І. Волоконно-оптичні системи передачі / В.І. Корнейчук, І.В. Панфілов. – Одеса: “Друк”, 2001 – 364 с.

3. Щекотихін О.В. Компоненти та пристрої волоконно-оптичних ліній зв'язку / О.В. Щекотихін, Д.М. Піза, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015 р. – 306 с.

4. Щекотихін О.В. Пасивні волоконно-оптичні мережі доступу PON: монографія / О.В. Щекотихін, І.Н. Сметанін, Д.М. Піза. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 301 с.