**Лекція 20**

Для умова:

; об’єкт повинен бути розташований на відстані, що задовільняє умові використання геометричної оптики для об’єктів, розмірів рівних апертурі об’єктива.

Якщо не значна і то

Отримане значення комплексних амплітуд є зображення відповідних величин, заданих в площині, віддаленої на відстані від об’єктива.

Функція - імпульсна характеристика відповідного еквівалентного фільтра, а її спектр, тобто функція відіграє роль частотної характеристики цього фільтра. Величина апертури задає область частот, що пропускає фільтр.

Умовою отримання ідеального зображення буде повинна дорівнювати 1 на апертурі, тобто об’єктив повинен бути не спотвореним. Просторовий спектр об’єкта повинен бути обмежений і не виходити за певні межі.

Тоді ширина просторового спектра оригіналу:

N – кількість відлікових точок в оригіналі, - відстань між відліковими точками спектра оригіналу; – розмір оригіналу.

Переписуючи через параметри зображення, враховуючи, що розміри і відрізняються в разів, отримаємо

Тоді N, що отримується в зображенні або передається при спотворені неспотворюваним об’єктивом, визначається числом зон Френеля, що розміщується на апертурі об’єктива.

**Зображення в фокальній площині**

Розглянемо вплив кінцевої апаратури та спотворень у випадку, коли зображення спостерігається у заданій фокальній площині об'єктиву.

Тоді інтервал має вигляд:

Тоді

(14.50)

Введемо спектр початкового розподілу:

Тоді

(14.52)

У даному виразі виконуємо інтегрування за зміною через введення - спектра потужності множника. Тоді

Тоді (14.52) прийме вигляд:

Максимальна ширина функції не перевищує де - число відлікових точок,

– апертура,

показник експоненти під знаком інтеграла не перевищує

Нехай щоб уникнути формування зображення в оптично спряжених площинах.

Тоді

Функція, що спотворює розподіл, отриманий ідеальним безмежним об'єктивом - та сама - хоча вигляд ідеального розподілу різний. В одному випадку - в іншому її спектр. Спотворення в обох випадках мають характер “фільтрових” з фільтром, імпульсна характеристика якого , а частота -

**Структура зображення, що створена реальним об’єктивом**

Врахування того, що об'єктив реальний зводиться до заміни означає однозначної відповідності між точками зображення та деякого об'єкту перетвореними згорткою.

Форма функції, з якої відбувається згортка, є незмінною навіть при значних зміних умов роботи об'єктиву.

Відгук ідеального об'єктиву та реального можна записати:

(14.59)

(14.58)

(14.57)

Необхідно визначити з (14.57) і підставити в (14.58).

Для розв’язку: візьмемо як початковий розподіл комплексних амплітуд значення і підбираємо до нього елементарну оптичну систему, щоби на виході отримати розподіл , яке нібіто є початковим з (14.57).

Для цього розв'язуємо допоміжну задачу - розв'язок інтегрального рівняння розподілу хвилі у вільному просторі. інтегральне рівняння Фур'є зворотні проспекту функції можна відновити саму функцію інтегральне рівняння поширення хвиль.

Інтегральне рівняння Фур'є зворотнє. По спектру функції можна відновити саму функцію.

Інтегральне рівняння поширення хвиль:

володіє такою ж властивості, тобто знаючи може знайти спектр початкового розподілу поля а отже й самий початковий розподіл

(1.18)

Нехай є початком розподілом і ведемо деякий гіпотетичний вільний простір з наступною характеристикою вигляду:

(14.60)

Нехай розподіл перетворюється фільтром, з частотною характеристикою, типу (14.60).

Результат фільтрації можна записати у вигляді:

(14.61)

Тут - спектр розподілу

(14.62)

Підставляючи (14.62) та (14.60) у (14.61) отримаємо:

Таким чином, дія фільтра, що має частотну характеристику вигляду (14.60), перетворює вихід у вхід, тобто дозволяє розв'язати інтегральне рівняння поширення хвилі виду (1.18).

На основі (14.60) можна написати імпульсну характеристику такого фільтра.

Тоді імпульсна характеристика гіпотетичного фільтра (14.60):

Тут характеристика, яка дає розв’язок (1.18):

Тоді в наближенні використання принципа Гюйгенса – Френеля:

Зворотність цього виразу означає, що при поширенні хвилі у вільному просторі втрати інформації не відбувається.

(14.66)

Наступним кроком, є продовження розв'язку задачі про зображення у реальному об'єктиві.

Тобто, використовуючи початковий розподіл комплексних амплітуд отримати .

Спочатку, використовуючи отриманємо

Використовуємо (14.66), оскільки розподіли та розділ лише вільним простором довжиною Даля іде ідеальний безмежний об'єктив:

перехід від до здійснюється ідеальним безмежним об'єктивом, який має зворотній знак фокуса

Знак перед міняється на протилежні, міняється вхідні та вихідні відрізки вільного простору:

Підставляємо значення в (14.58), тоді

(14.71)

Визначаємо умову, коли в (14.71) експоненціальний множник під інтегралом можна не враховувати. Це тоді, коли на всьому інтервалі інтегрування, вираз в експонентів не перевищує

Тобто, вираз під знаком експоненти в (14.71) на протязі інтервалу інтегрування не може бути більшим

Різниця – обмежена, замінимо на , приплюсуємо максимально можливу різницю між та на інтервалі інтегрування.

Тобто, якщо виконана нерівність то експоненціальний множник у (14.71) можна не враховувати:

Ця умова зводиться до обмеження поля зору оптичної системи та обмеження максимального розміру рівності

Тоді

Цей вираз інтегруються, як деяка схема фільтрації, де імпульсної та частотної характеристики фільтра виконують характеристики об'єктива та . Вхід цієї системи є виходом ідеальною оптичної системи, а вихід – те, що отримується на виході реальної системи. Повне перетворення відходу до виходу можна представити:

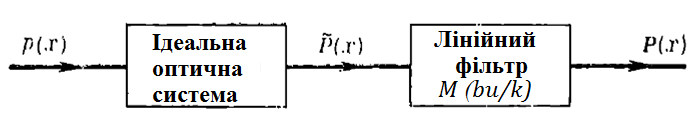


Рис. 52.

В оптичній системі окрім лінійних операцій, ще відбувається і нелінійні - модуляція поля об'єктиви.

Тому оптичну систему - в цілому є нелінійний пристрій.

Схема є на рис. 52, є можливість виділення нелінійної частини перетворення, що здійснюються оптичною системою у вигляді окремого блоку. Тут перше блок є ідеальна гіпотетична система з безмежною апаратурою. Цей блок враховує налаштування оптичної системи і є невід'ємним пристроєм. Його робота задається однозначність входу та виходу.

Далі й блок, що враховує лише характеристики об'єктива. Цей блок – лінійний. Другий блок порушує однозначність входу та виходу.

Такий підхід, що відокремлює лінійні та нелінійні операції, позволяє розглянути відповідні задачі в оптиці.