**Лекція 22**

В. Голографічні зіниці

Просторова фільтрація, що здійснюється за допомогою одно- або дво- полярних дійсних передавальних функцій, не достатню для виконання всіх операцій, навіть для когерентної оптики.

Було визначено передавальну функцію, узгоджену з образом фільтра у вигляді

З цього випливає, що якщо об'єкт не володіє основою симетрією, то необхідно реалізувати комплексну передавальну функцію.

Тобто, необхідно, щоби функція K була рівною передавальній функції узгодженого фільтра, потім нібито знайти функцію зіниці H, що відповідає (7.3); але сам фільтр виконує цю функцію.

Приклади когерентного та некоректного підходів наведено у таблиці.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Когерентна просторова фільтрація** | **Некогерентна просторова фільтрація** |
| Вхідний сигнал | Комплексна амплітуда f | Інтенсивність |
| Необхідна форма | S – компоненти | - дійсне, додатне |
| Узгоджений фільтр | - комплесний | - комплексний |
| Голографічний фільтр Вандер Люгта |  |  |
| Імпульсний відгук |  |  |
| Вихідний сигнал |  |  |

Порівнюючи обидва стовпці, зазначимо, що в обидвох випадках буде використовуватись лише 1 фільтр, пропускання якого описується виразом:

Беремо 4-ий рядок (голографічний фільтр). При некогерентній фільтрації функції виконує ту ж функцію, що і голографічний просторовий фільтр

в когерентній фільтрації, можна написати

(7.6)

Використовуючи співвідношення (7.3), знайдемо передавальну функцію K для некогерентного випадку:

Це дорівнює другому члену у четвертому рядку:

Розрахувавши Фур'є-образ обидвох частин рівності (7.6), отримаємо імпульсний відгук когерентного просторового фільтра:

Зсув (тобто модуляцію фази необхідно вибрати таким чином, щоб ці три доданків не перекривали один одний.

Імпульсний відгук некоректного просторового фільтра:

Видаливши чотири добутки просторово розділених функцій та виконавши перетворення Фур’є знаходимо другий член четвертого рядка і отримаємо співвідношення:

Тим самим розширюються можливості використання некогерентної фільтрації. Для того, щоб здійснити узгоджену фільтрацію у некогерентному світлі, достатньо в зіницю некогерентної оптичної системи помітити голографічний просторовий фільтр, який використовується для виконання тої самої операції у когерентному світлі.

При цьому і результат фільтрації відображається аналогічно у першому порядку дифракції, що відповідає

**Функції, синтезовані методами цифрової фільрації**

Для аналогових голограм – необхідно присутність об’єкту.

Для цифрових - це неможливо (об'єкт - не існує: математична функція, немає легкого доступу (віддалені об'єкти)…, тому використовують етапи:

1. розрахунок голограм (обчислення пропускання фотоплівки або іншого носія, що дозволяє її реалізувати);
2. винесення результатів на пристрої, що формує зображення голограми;
3. перенесення програм на фотоемульсія або реєструючий матеріал.

Можна синтезувати функцію зіниці для некогерентної узгодженої фільтрації методами цифрової голографії, тобто комп'ютерна можна синтезувати функцію зіниці, що описується деяким математичним виразом без реального зразка.

Тут передавальна функція синтезуються опосередковано.

Нехай необхідно синтезувати зіницю з невідомим пропусканням , якщо є відомим передавальна функція .

Оскільки (7.3) не розв'язується відносно H, перейдемо до Фур’є-образів величини, які входять.

Тоді можна записати де k – відома, а h необхідно визначити.

Нехай Це є розв'язок задачі, оскільки фур’є-образ задовільняє (7.3). Але це не є достатнім розв’язком.

Всі розв'язки вигляду також дадуть функції зінниці що задовільняє (7.3).

Зокрема можна так вибрати розподіл форми щоби отримати:

а) найпростішу функцію

б) найкращу ефективність фільтрацію

в) найменший динамічний діапазон зміни .

Вибір є пов'язаний з експериментальними умовами.

**Експериментальні умови**

Наведені методи фільтрації базується на теорії дифракції та рівнянні фільтрації (7.2). Тому джерело є некогерентним (просторовим), але монохроматичним.

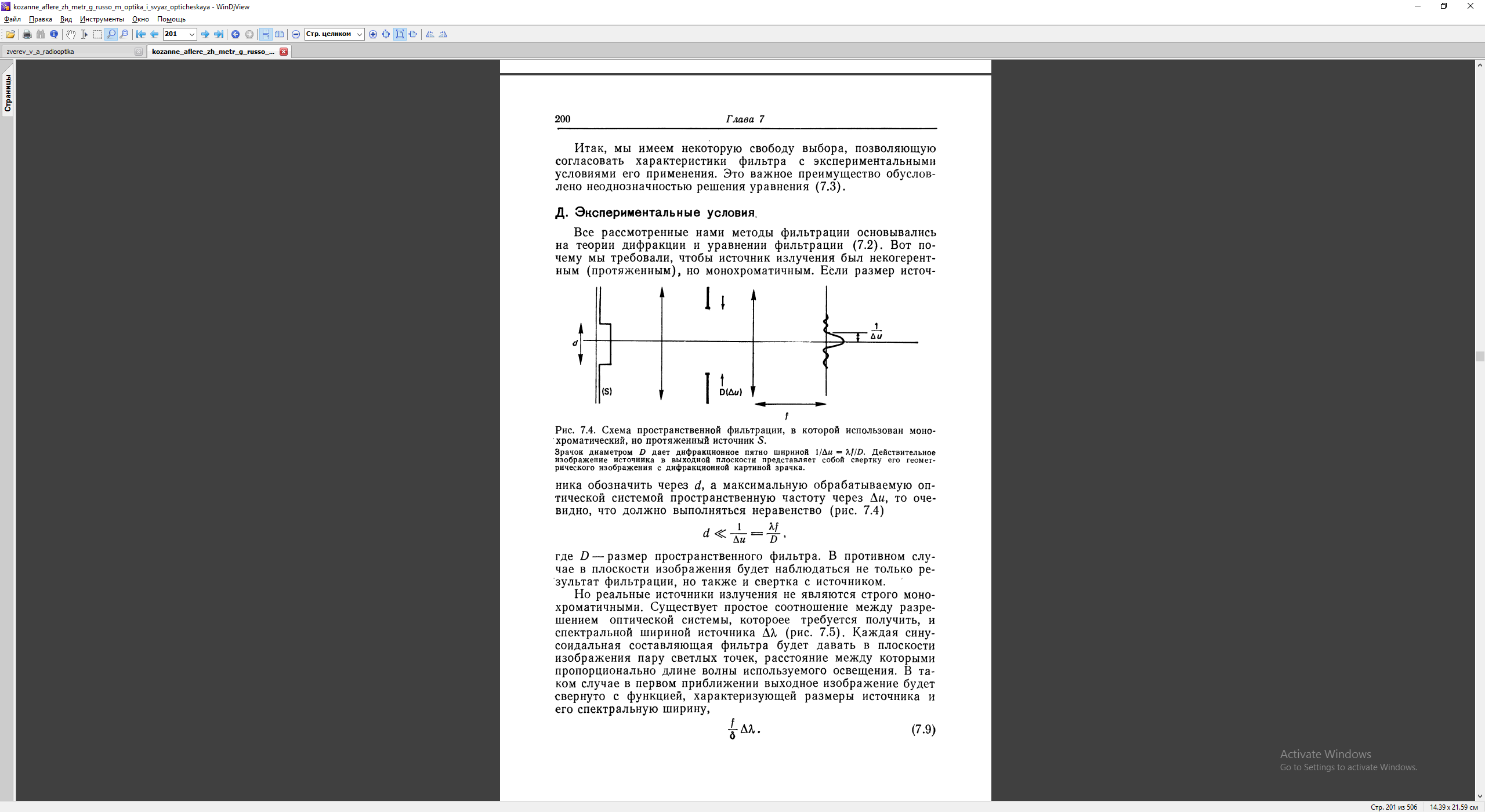


Рис. 55.

Зразок, діаметров D задає диференційно пляму, шириною Насправді, дійсне зображення джерела у вихідній площині задає згортку геометричного зображення з дифракційною картиною зінниці.

Нехай розмір джерела – d, максимальна просторова частота, що обробляється оптичною системою - тоді виконується нерівність:

D – розмір просторового фільтра.

Інакше в площині зображення буде спостерігатися на лише результат фільтрація, aле й згортка з джерелом.

Реальні джерела не є строго монохроматичним.

Тоді існує просте співвідношення між роздільною здатністю оптичної системи, що необхідно отримати та спектральної шириною джерела

Кожна синусоїдальна складова фільтра буде задаватися в площині зображення пару світлових точок, відстань між якими пропорційна

Тоді, у першому наближенні вихідне зображення буде згорнута з функцією, що характеризує розміри джерела та його спектральних ширину,

Нехай розмір зображення дорівнює а необхідна роздільна здатність

Тоді кількість точок, що розрізняються системою (число ступенів вільності) знаходиться за формулою:

З врахуванням (7.9)

Допустима спектральна ширина джерела в залежності від розміру фільтруємого зображення й необхідної роздільної здатності:

N – число незалежних точок на ширині зображення.

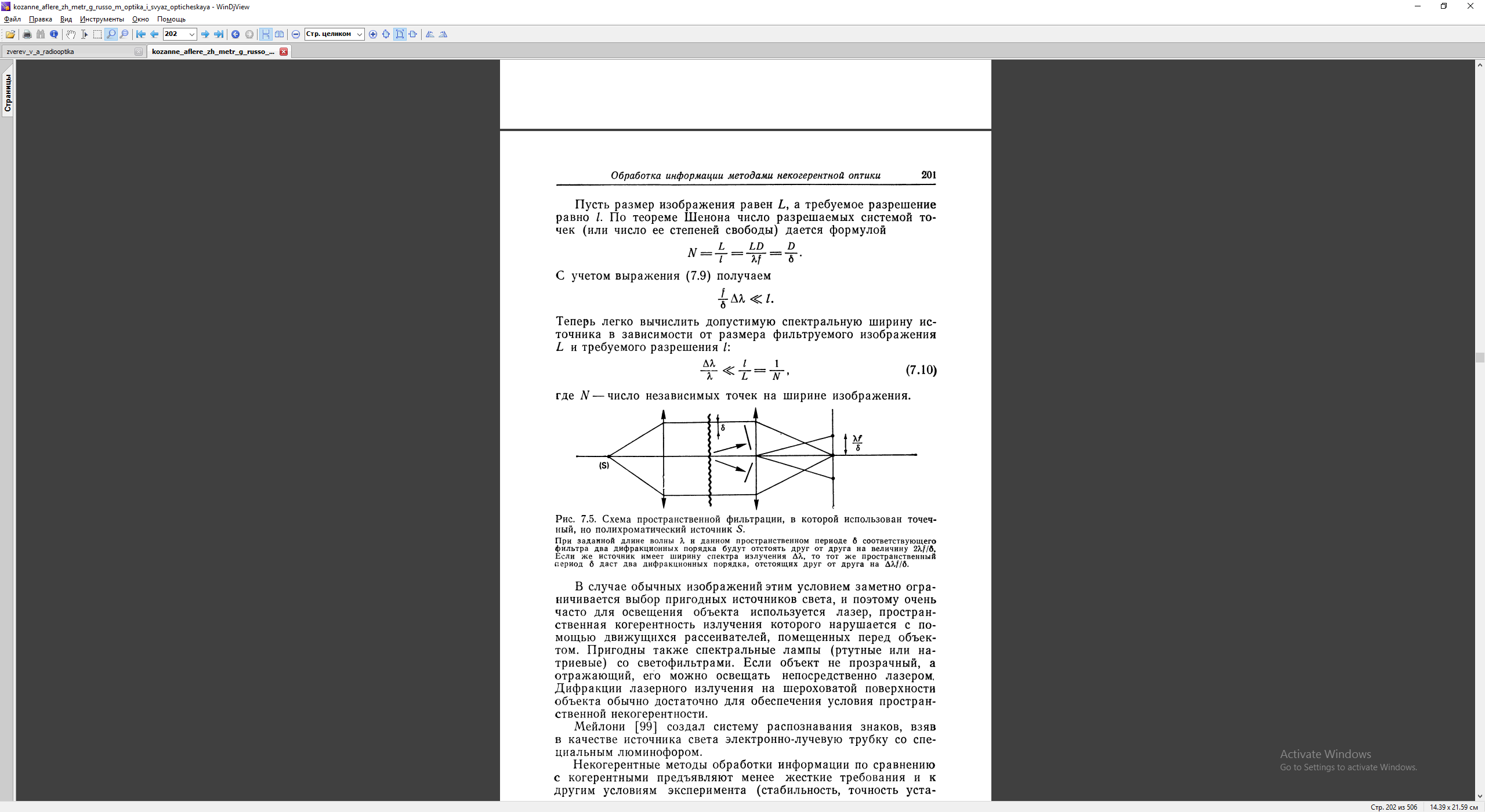


Рис. 56. Схема просторової фільтрації, де використовується точкове, але поліхроматичні джерело .

При заданій довжини хвилі та просторовому періоді відповідного фільтра два дифракційні порядки будуть віддалені один від одного на величину . Якщо джерело має ширину спектра випромінювання то той же просторовий період дасть 2 дифракційні порядки віддалені один від одного на

Для звичайних зображень цієї умови обмежується вибір джерел світла, тому часто для опромінення об'єктів використовують лазер, просторова когерентність якого порушується за допомогою рухомого розсіювачів, перед об'єктивом. Також використовуються спектральні лампи (ртутні або натрієві) із світлофільтром.

Якщо об'єкт не прозорий, а процес на відбивання, його лампи розташований й опромінювана лазером.

Дифракція лазерного випромінювання на шорсткій поверхні об'єкта є достатнім для забезпечення умови просторової некогерентності.

Некогерентні методи обробки інформації порівняно з когерентними є з менш жорсткими вимогами до умови експериментів (стабільність, точність, розташування оптичних елементів).

Труднощами є операція віднімання зображення, що є важливою:

1) при здійсненні двозіничної фільтрації для отримання різниці двох зображень,

2) при однозіничній фільтрації, коли для синтезу двохполярного імпульсу добавляють рівномірний фон, що набуває значення від'ємними.

Але віднімання, за своїм принципом, джерело шуму.

Причому різниці є набагато меншою за кожну з величин. Це справедливо, незважаючи від способу віднімання (оптичне, електрична, цифрове), для аналогових систем зображення ще погіршується.

**Методи просторової фільтрації, що не використовують властивості дифракції**

У попередній підходах, коли враховували вплив зіниці оптичної системи просторової фільтрації на вихідне зображення, враховувалася дифракція світла. З врахуванням дифракції отримуються рівняння фільтрації, вимоги по монохроматичного

А. тіньове маскування (точкове джерело білого світла)

Нехай є точкове джерело в безмежності, зображення що створюється лінзою з фокусною відстанню f.

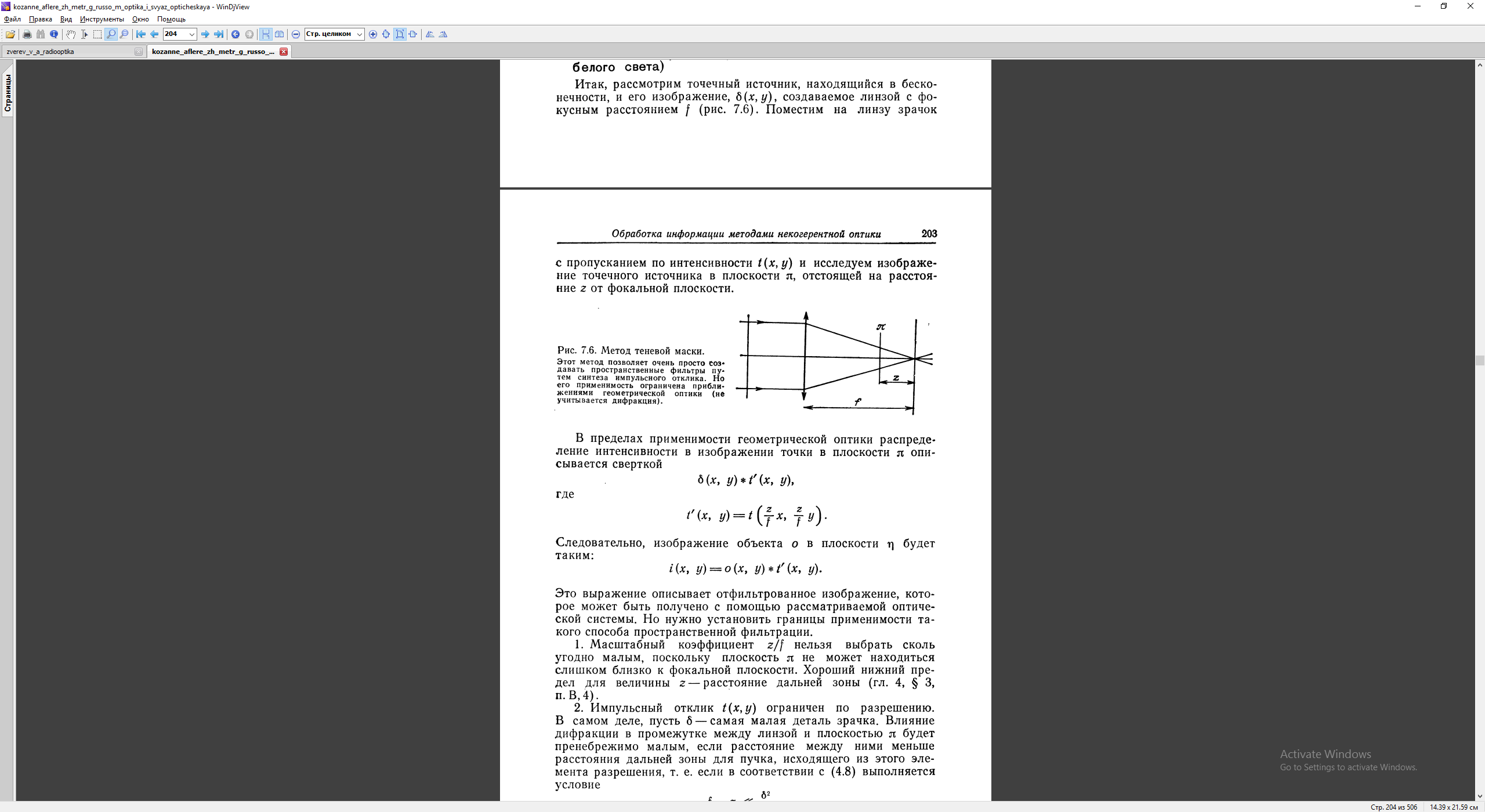


Рис. 57.

Розраховуємо на лінзу зіницю з пропускання за інтенсивністю t та вивчимо зображення точкового джерела в площині на відстані від фокальної площини.

В межах використання геометричної оптики розподіл інтенсивності в зображенні точки в описується згорткою:

де

Отже, зображення об’єкта в площині є наступним:

Цей вираз описує відфільтроване зображення, що може бути отримане за допомогою даної оптичної системи. Але треба задати границю використання такого способу просторової фільтрації:

1. Масштабний коефіцієнт не можна вибирати дуже малим, оскільки площина не може знаходиться дуже близько до фокальної площини. Правильна нижня межа для - відстань дальньої зони.

2. Імпульсний відгук обмежених за роздільною здатністю. Нехай - найменша деталь зіниці. Вплив дифракції на проміжку між лінзою та площиною буде дуже малим, якщо відстань між ними є меншою за відстань дальньої зони для пучка, що виходить з цього елементу роздільної здатності, тобто виконується умова:

.

Будучи простим, цей метод є обмежений за (імпульсний відгук синтезується просто) своїми можливостями, в основному, за роздільною здатністю, або за числом точок фільтра. Цей метод використовується, де імпульсний відгук має просту форму.

Б. Інші методи просторової фільтрації, основані на геометричній оптиці

Таких методів є багато, в них використовується особливі властивості оптичних системи або компонентів (дифракційна гратка, призма, екрани…). Можливості обмежені.

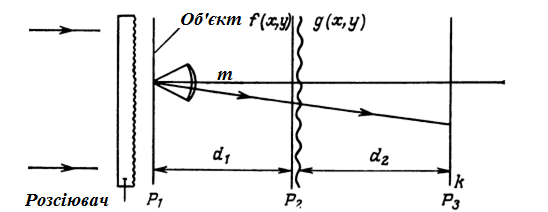


Рис. 58.

Кореляція у білому світлі з використанням розсіювача. Дві величини, взаємну кореляцію, яких необхідно визначити, задається в площинах та . Кожна точка поверхні розсіювача є джерелом сферичної хвилі.

Використовують для специфічних видів просторової фільтрації або для обробки особливих зображень.

Нехай об'єкт опромінюється розсіювачем. Тоді кожна точка об'єкта у першому наближенні можна розглядати як саме джерело сферичних хвиль. Помістимо у площину просторовий фільтр у вигляді деякого транспаранта. Тоді інтенсивність в т. площини дорівнює:

Даний інтеграл зводиться до кореляційного шляхом заміни змінних та зміни масштабу.