

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

УМРЕ, ФРЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

Інформаційні технології електронних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Дослідження методів побудови
голографічних записів

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТЗ-518
Буконов Ч.О.
 Спеціальності 142.Телекомунікації та радіотехніка
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Інтелектуальні технології мікроелектронної
радіоелектронної техніки
 (прізвище та ініціали)

Керівник Гуришкова Н.У.
 (прізвище та ініціали)

Рецензент Воскобойник В.О.
 (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

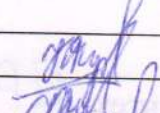
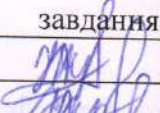
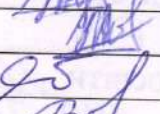
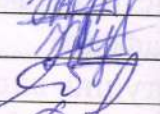
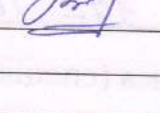

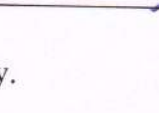
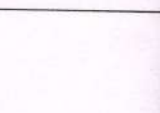


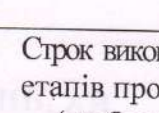
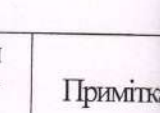
Інститут, факультет ІІРЕ, ФРРЕТ
 Кафедра ІТЕЗ
 Ступінь вищої освіти Магістр
 Спеціальність 142 Телекомунікації та радіотехніка
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інтегровані технології мікроелектронної
(назва освітньої програми (спеціалізації))
радіоелектронної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТЕЗ
Т.М. Мило
 « 16 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

- Буканова Юлія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)
- Тема проекту (роботи) Дослідження методів побудови голографічних зображень
 - керівник проекту (роботи) Фурманова Н.І. к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 - затверджені наказом закладу вищої освіти від « 08 » листопада 2019 року № 369
 - Строк подання студентом проекту (роботи) 16 грудня 2019 року
 - Вихідні дані до проекту (роботи) Схема Девіссюка; голографічна піраміда із оптичною товщиною 1 і 3 мм.
 - Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Основи голографічного методу затиску і відтворення інформації із точки зору хвильової і фізичної оптики. 2. Сучасний стан голографічних систем. 3. Розробка пристрою для побудови голографічних зображень. 4. Економічне обґрунтування роботи. 5. Захорооща праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
 - Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація (слайдів.)
 - Консультанти розділів проекту (роботи)

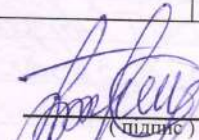
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Фурманова Н.І. к.т.н. доцент		
2	Фурманова Н.І. к.т.н. доцент		
3	Фурманова Н.І. к.т.н. доцент		
4	Якимцов Ю.В. к.т.п. доц.		
5	Левчинко Н.М. проф. д.е.н.		
Нормоконтр	Поспеева Іє., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання « 3 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз існуючих схем побудови голографічних зображень	24.09.19.	
2.	Аналіз видів голографічних систем	15.10.19	
3.	Аналіз програмного забезпечення для створення відео зображення	29.10.19	
4.	Проектування та виготовлення макету голографічної ґратки	19.11.19	
5.	Сформована пасивована частина та фазової частини	11.12.19	

Студент(ка)


(підпис)

У.О. Буканов
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Н.У. Фурманова
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 87 с., 18 рис., 15 табл., 23 джерела.

Мета дипломного проекту – аналіз методів та засобів побудови голографічних зображень, розробка конструкції голографічної піраміди, аналіз програмного забезпечення для створення відеофайлів та дослідження впливу матеріалу на якість зображень, розробка рекомендацій щодо застосування голографічних зображень у освітньому процесі.

Об'єктом дослідження є голографічні системи. Вони можуть бути побудовані на різних схемах.

Метод, що використовується при виконанні дипломного проекту – аналітичний.

ГОЛОГРАФІЯ, СХЕМА ДЕНИСЮКА, ГОЛОГРАМА, СТЕРЕОЕФЕКТ,
ГОЛОГРАФІЧНА ПІРАМІДА, ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ, ПРОГРАМНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основи голографічного методу запису і відтворення інформації з точки зору хвильової і фізичної оптики	9
1.1 Основні поняття	9
1.2 Схема Габора	10
1.3 Схема Денисюка.....	11
1.4 Схема запису Лейта-Упатнієкса	12
1.5 Поляризаційна голографія.....	13
1.6 Динамічна і резонансна голографія	14
1.7 Елементарний метод отримання голограм.....	17
1.8 Основні типи голографічних схем	21
1.9 Види голограм	24
2 Сучасний стан голографічних систем.....	24
2.1 Системи та пристрої для створення голографічних зображень	24
3 Розробка пристрою для побудови голографічних зображень	35
3.1 Стереоефект та псевдоголографія	35
3.2 Вибір програмного забезпечення для створення відеозображень	37
3.3 Створення голографічної піраміди.....	42
3.4 Можливість застосування голографічної піраміди в освітньому процесі	47
4 Економічне обґрунтування роботи.....	50

4.1	Планування науково-дослідницької роботи.....	50
4.2	Визначення трудомісткості та тривалості НДР	50
4.2.1	Складання мережевого графіка	56
4.3	Визначення витрат на розробку голографічного пристрою	61
4.3.1	Розрахунок заробітної плати.....	61
4.3.2	Визначення витрат на матеріали	63
4.3.3	Розрахунок витрат на електроенергію	63
4.3.4	Розрахунок вартості спецобладнання	65
4.4	Розрахунок економічної ефективності НДР	66
4.5	Розрахунок планового прибутку	68
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	69
5.1	Аналіз потенційних небезпек.....	69
5.2	Заходи щодо забезпечення безпеки.....	71
5.3	Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	74
5.4	Заходи з пожежної безпеки	78
5.5	Заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях	80
	Висновки	83
	Перелік посилань.....	85

ВСТУП

Голографія (від грец. *Holos grapho* - повний запис) - особливий спосіб запису інформації. У 1948 р англійський фізик Деніс Габор висловив ідею принципово нового методу отримання об'ємних зображень об'єктів. Він запропонував реєструвати за допомогою фотопластинки не тільки амплітуди і інтенсивності, як за допомогою звичайної фотографії, але і фази розсіяних об'єктом хвиль, скориставшись для цього явищем інтерференції хвиль. Це дозволяє позбутися від втрати інформації при фіксуванні оптичних зображень. Однак, практичне застосування цей спосіб знайшов тільки після винаходу лазерів - джерел світла високого ступеня когерентності (часової та просторової). У 1963 р були отримані перші лазерні голограми.

Радянський вчений Ю.М. Денисюк в 1962 році запропонував оригінальний спосіб фіксування голограм на товстошаровій емульсії. Цей метод дає кольорове зображення, яке відновлюється звичайним білим світлом.

Хоча голографію винайшли в 1949 р, вона набула широкого поширення лише з початку шістдесятих років, після винаходу лазера. В даний час голографія є одним з головних напрямків в оптичних дослідженнях. Ведуться дослідження і розробки по застосуванню голографії в медицині. Наприклад, при отриманні оптичних голограм очі, що забезпечують єдине тривимірне зображення кришталика і сітківки, або акустичних голограм тіла, які можуть мати важливу перевагу в порівнянні з двовимірними рентгенограмами. До іншим застосуванням голограм відносяться дослідження і розробки по створенню касетної відеозапису, запам'ятовуючих електронно-обчислювальних пристроїв, а також способів неруйнуючих випробувань матеріалів.

Голографічні та псевдоголографічні зображення використовуються у різних сферах життя: в медицині, освіті, бізнесі тощо.

Унікальні можливість тривимірних голограм – показувати об'єкт на 360 градусів і дозволяти людині взаємодіяти з ним: крутити, збільшувати і зменшувати, дивитися меню, вивчати план будівлі і т.д., роблять процес демонстрації і навчання більш інтерактивним.

Використання нових технологій в рекламі може стати досить цікавим способом залучення споживача. 3D-голографія може стати інноваційним рішенням для бізнесу. На сьогоднішній день технології 3D - один з найкращих способів привернути увагу і здивувати клієнта, глядача або потенційного покупця. Відомо, що візуальне сприйняття грає ключову роль при будь-якому поданні та презентації. Створена реклама з яскравими візуальними і оригінальними ефектами 3D запам'ятовується і надовго залишається в пам'яті. 3D-голографія - принципово новий рекламоносій. Використання даної технології в місцях з активним потоком відвідувачів (виставки, торгові центри, відкриті майданчики), зможе замінити будь-який рекламний банер.

Вже розроблена технологія, яка дозволяє відтворювати тривимірні зображення на екранах мобільних пристроїв. Так, дисплей, розроблений в HP Labs, дозволяє побачити тривимірні зображення і відео без використання окулярів і рухомих елементів. Ефект досягається за рахунок нанесення на поверхню пластика, використовуюваного в звичайних LCD, наноструктурованих канавок, що утворюють «спрямовані пікселі». Кожен такий піксель включає в себе три групи канавок, що посилають в певну сторону червоний, синій або зелений світло. Таким чином, глядач може побачити зображення, що міняється в залежності від того, з якої точки подивитися на екран. На даний момент розробникам вдалося створити нерухомі зображення, які можна розглянути з 200 різних позицій, і об'ємні відеоролики, які включають в себе кадри для 64 точок зору.

Тому питання дослідження голографічних зображень є актуальною задачею.

1 ОСНОВИ ГОЛОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ ЗАПISУ І ВІДТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ТОЧКИ ЗОРУ ХВИЛЬОВОЇ І ФІЗИЧНОЇ ОПТИКИ

1.1 Основні поняття

Голографія розділ фізики, в якому вивчаються процеси перетворення хвильових полів інтерференційними структурами, які формувались когерентними хвильовими полями при їх взаємодії в речовині. Основою голографії є найбільш загальний метод запису і відновлення довільного хвильового поля:

- запис здійснюється шляхом реєстрації в світлочутливому середовищі результату когерентного складання (інтерференції) вихідного хвильового поля з іншою (опорною) хвилею;

- відновлення (відтворення, перетворення) відбувається внаслідок дифракції випромінювання на зареєстрованій інтерференційній структурі.

Основні властивості і особливості голограм пов'язані з можливістю відновлення хвилі, еквівалентної вихідної об'єктної хвилі, тобто хвилі, що сформована об'єктом.

Ідентичність вихідної об'єктної хвилі і хвилі, отриманої при освітленні голограми, дозволяє отримати об'єктивну інформацію про форму і структуру об'єктів. Голограма являє собою оптичну копію об'єкта. З точки зору спостерігача «голографічне» зображення об'єкта за певних умов спостереження не відрізняються від оригіналу. Голографічний метод можна застосовувати до хвиль будь-якої природи, але найбільший розвиток отримала оптична голографія. Оптична голографія розглядає спектральний діапазон електромагнітного випромінювання, що включає видиме випромінювання (світло), а також ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання. Діапазон частот оптичного випромінювання прийнято визначати в інтервалі $3 \cdot 10^{11} \div 3 \cdot 10^{17}$ Гц. При вивченні голографічних

процесів будемо орієнтуватися на видимий діапазон випромінювання. Видиме випромінювання (світло) - електромагнітне випромінювання, яке може безпосередньо викликати зорове відчуття людини. Межі спектральної області видимого випромінювання:

- нижня межа $380 \div 400$ нм,
- верхня межа $760 \div 780$ нм.

Видиме випромінювання містить такі основні складові з довжинами хвиль: червону $760 \div 620$ нм, помаранчеву $620 \div 590$ нм, жовту $590 \div 560$ нм, зелену $560 \div 500$ нм, блакитну $500 \div 480$ нм, синю $480 \div 450$ нм і фіолетову $450 \div 400$ нм.

Застосування лазерів і розробка реєструючих середовищ із високою роздільною здатністю стимулювали розквіт голографії і її додатків в наступних областях:

- оптична обробка інформації;
- оптичне приладобудування;
- образотворча техніка;
- інтерферометрія;
- лазерна техніка;
- реєстрація швидкоплинних процесів;
- неруйнівного контролю виробів.

Основні етапи становлення голографії: Д. Габор, Ю.Н. Денисюк, Е. Лейт і Ю. Упатнієкс.

1.2 Схема Габора

Вперше ідею голографії з повною визначеністю сформулював Д. Габор в 1947 р. Він теоретично і експериментально обґрунтував можливість запису і

подальшого відновлення амплітуди і фази хвилі що використовує двовимірне (плоске) реєструюче середовище (рис. 1.1).

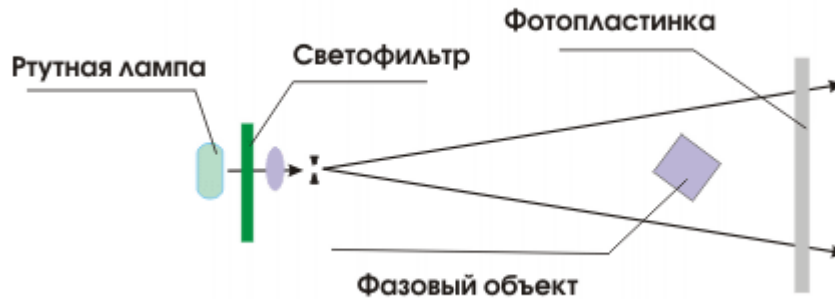


Рисунок 1.1 - Схема запису голограми Габора

Під час запису голограми Габор фіксував інтерференцію хвиль монохроматичного джерела світла і світла, розсіяного фазовим об'єктом, поміщеним перед фотопластиною. Для отримання високого контрасту інтерференційної картини використовувалася найяскравіша лінія спектру випромінювання ртутної лампи. Після проявлення і відбілювання фотопластинка відновлювала тривимірне зображення цього об'єкта. На голограмі можна було бачити і уявне, і дійсне зображення, і відновлююче джерело світла одночасно, що заважало комфортному сприйняттю тривимірного зображення.

1.3 Схема Денисюка

Наступним етапом у розвитку голографії стали роботи Ю.М. Денисюка, який в 1962 р. показав можливість відновлення голограмою, що зареєстрована у тривимірному середовищі, не тільки амплітуди і фази хвилі, а також і її спектральний склад. Ці роботи стали фундаментом тривимірної голографії (голографії в об'ємних середовищах) і її додатків (рис. 1.2).

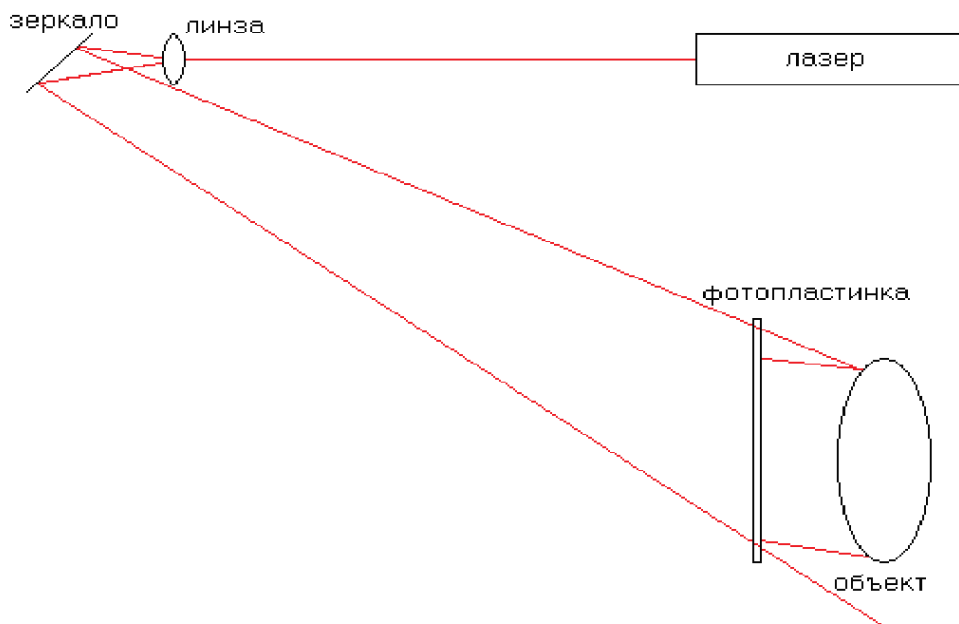


Рисунок 1.2 - Схема Денисюка

Промінь лазера розширюється лінзою і направляється дзеркалом на фотопластинку. Частина променя, що пройшла через фотопластинку, висвітлює об'єкт. Відбите від об'єкта світло формує об'єктну хвилю. Об'єктна і опорна хвилі падають на платівку з різних сторін.

Записується відображуюча голограма, зображення якої видно в звичайному білому світлі сонця або лампи.

1.4 Схема запису Лейта-Упатнієкса

Значний внесок у розвиток практичних застосувань голографії внесли Е. Лейт і Ю. Упатнієкс, які запропонували позаосьову схему запису голограм і вперше використовували лазер в якості джерела випромінювання при отриманні голограм (1962-1964 рр.) (рис. 1.3).

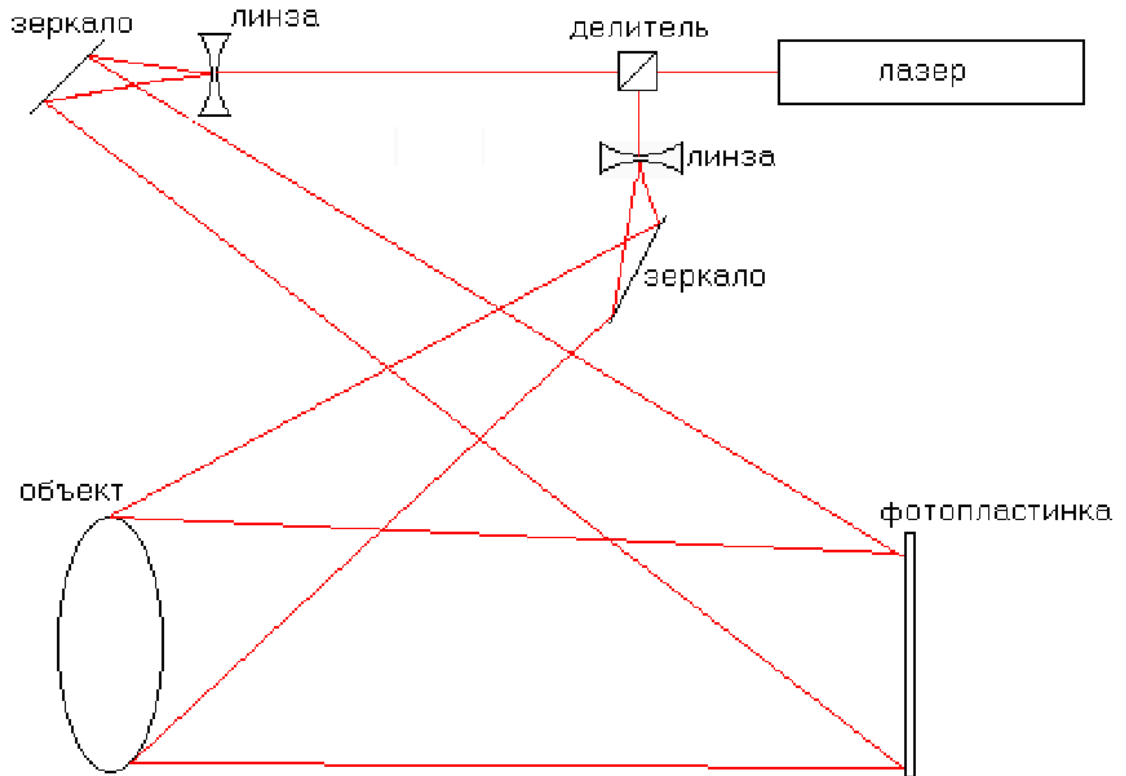


Рисунок 1.3 - Схема записи Лейта-Упатниєкса

Промінь лазера ділиться спеціальним пристроєм - подільником на два. Після цього промені за допомогою лінз розширюються і за допомогою дзеркал направляються на об'єкт і реєструюче середовище. Обидві хвилі (об'єктна і опорна) падають на пластинку з одного боку. При такій схемі запису формується пропускна голограма, яка потребує для свого відновлення джерела світла з тією ж довжиною хвилі, на якій проводився запис.

1.5 Поляризаційна голографія

Важливими етапами подальшого розвитку голографії став доказ можливості запису і відтворення стану поляризації випромінювання шляхом реєстрації

голограм в середовищах з фотоіндуктивної анізотропією (Ш.Д. Какічашвілі - 1972-1978 рр.)

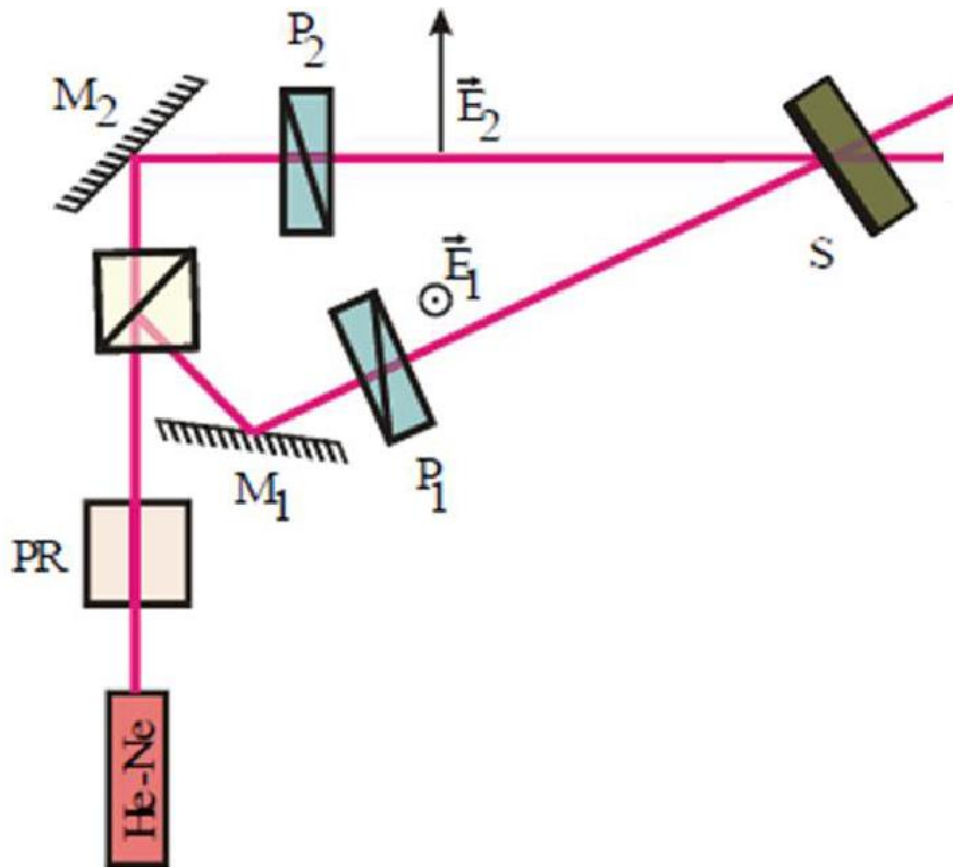


Рисунок 1.4 - Схема запису поляризаційної голограми

Поляризаційна (векторна) голограма є голограмою, реєструє дві довільні поляризовані хвилі, що містять ортогональні компоненти.

1.6 Динамічна і резонансна голографія

У динамічній голографії в якості реєструючих середовищ використовуються речовини, в яких запис зображення відбувається безпосередньо під впливом записуючого пучка без прояву. Записуючі пучки зазнають змін, викликані

створюваною ними ж голограмою. Процеси запису і зчитування відбуваються одночасно і взаємопов'язано, що обумовлює перетворення первинних хвиль.

Динамічна голограма заснована на взаємодії декількох когерентних хвиль при їх проходженні крізь нелінійне середовище через зворотний зв'язок між записуючими хвилями і записуваною ними голограмою.

Оптично нелінійне середовище – це середовище, в якому відбувається зміна оптичних властивостей, наприклад, показника заломлення n і (або) коефіцієнта поглинання, відповідно до розподілу інтенсивності інтерференційної картини.

Час відтворення динамічної голограми визначається швидкістю відгуку реєструючого середовища і інтенсивністю записуючих пучків. Зворотній зв'язок є запізним.

Інформація, що міститься в падаючому випромінюванні у вигляді розподілу інтенсивності в інтерференційній картині, визначає структуру голограми, від якої залежать зміни хвиль в наступні моменти часу.

Використання різних реєструючих середовищ і схем запису дозволяє реалізувати різноманітні перетворення хвиль.

Одним з видів динамічної голографії є резонансна голографія.

Поштовхом до розвитку резонансної голографії послужило відкриття американськими дослідниками Абель, Курнітом і Хартманом фотонного відлуння.

Ефект фотонного відлуння спостерігається в резонансних середовищах, в яких довжина хвилі лінії випускання (поглинання) при переходах атомів на нижній енергетичний рівень збігається з довжиною хвилі експонуючого голограму випромінювання. Якщо на резонансне середовище послати послідовно два імпульси світла, розділені інтервалом часу Δt , то через наступний інтервал часу Δt після другого імпульсу з'явиться відлуння, тобто середовище випустить додатковий третій імпульс.

Появу відлуння можна інтерпретувати як здатність середовища запам'ятовувати і відтворювати тимчасові параметри електромагнітного поля, в даному випадку це інтервал між послідовними імпульсами. Також відзначимо, що навколишнє середовище «пам'ятає» просторовий розподіл фаз першого імпульсу.

Радянські дослідники Штирков і Самарцев запропонували записувати резонансні динамічні голограми імпульсами об'єктного і опорного випромінювання, що не перекриваються в часі.

На резонансну середу в момент часу $t = 0$ направляється імпульс об'єктної хвилі I_1 , який переводить частину атомів середовища з основного стану в збуджений. У збудженому стані фази коливань атомів середовища узгоджені з фазою коливань об'єктної хвилі при її взаємодії з середовищем.

Запис голограми, що збігається з її зчитуванням, здійснюється імпульсом плоскою опорною хвилею I_2 , яка потрапляє в середовище після закінчення впливу хвилі I_1 в момент часу $t = \Delta t$. Імпульс I_2 повертає фази коливань всіх атомів середовища на π , тобто коливання в середовищі починають розвиватися в часі в зворотному напрямку. В момент часу $2\Delta t$ середа випустить імпульс відлуння I_3 . Хвильовий фронт хвилі I_3 буде обернений по відношенню до хвильового фронту хвилі I_1 .

Голографія із записом в резонансних середовищах, в якій просторова пам'ять голограми об'єднана з тимчасовою пам'яттю фотонного відлуння, відкриває принципово нову можливість запам'ятовувати, а потім відтворювати процеси, пов'язані зі зміною станів у часі і просторі.

Ю.М. Денисюк (основоположник радянської голографії):

- запропонував і обґрунтував голографічний метод із записом в тривимірних середовищах (1962);

- розробив принципи динамічної голографії і методи практичного застосування голографії;

- був визнаним лідером розвитку голографії - одного з науково-технічних напрямків другої половини ХХ-го століття.

Голограма Денисюка (1962 р), отримана на прозорих галогенідосрібних фотоматеріалах з використанням в якості джерела випромінювання ртутної лампи, стала експериментальним обґрунтуванням методу запису в тривимірному середовищі голограм, здатних відновлювати амплітуду, фазу і спектральний склад об'єктної хвилі і заклала фундамент нового напрямку - об'ємної голографії, або голографії в тривимірних середовищах.

1.7 Елементарний метод отримання голограм

Для утворення голограми, яка, по суті, є інтерференційною картиною, необхідно існування, принаймні, двох когерентних хвиль. У голографії ці хвилі зуться об'єктною (предметною) і опорною (референтною).

Об'єктна (предметна) хвиля - одна з хвиль, що утворюють інтерференційну картину при отриманні голограми. В об'єктній хвилі міститься інформація, призначена для відтворення або перетворення. Зазвичай об'єктна хвиля формується випромінюванням, які пройшли через об'єкт, або відбитим від нього.

Опорна (референтна) хвиля - одна з хвиль, що утворюють інтерференційну картину при отриманні голограми. Опорна хвиля зазвичай використовується для відновлення об'єктної хвилі. Як правило, опорна хвиля має просту і легко відтворювану форму, наприклад, плоску або сферичну.

Промінь лазера розширюється і ділиться на дві частини. Одна частина відбивається дзеркалом до реєструючого середовища (РС), утворюючи опорний пучок 1 (опорну хвилю). РС - фотопластинка. Друга частина потрапляє на РС, відбившись від предмета. Вона утворює об'єктний пучок 2 (об'єктну хвилю) (рис. 1.5).

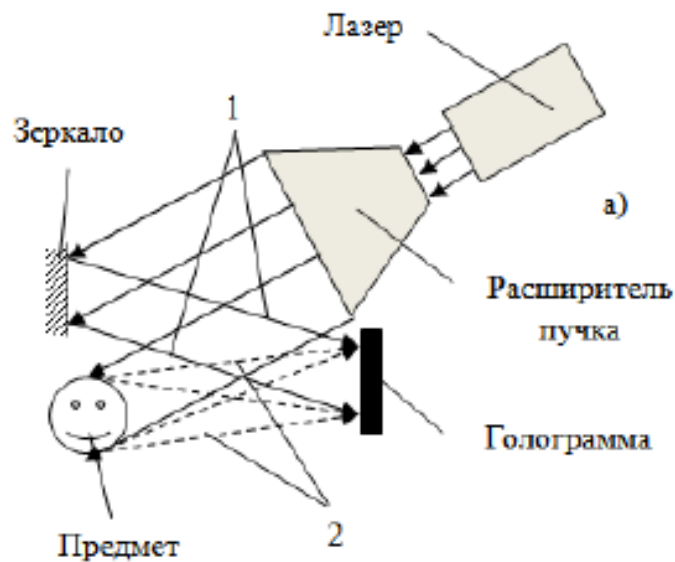


Рисунок 1.5 - Схема установки для отримання двопроменевої голограми

Опорний і об'єктний пучки, володіючи високим ступенем просторової когерентності, накладаються один на одного і утворюють інтерференційну картину, яка фіксується РС (фотопластинкою). Експонована таким способом РС і є голограмою.

Для відновлення зображення РС розташовують відносно джерела світла так, як воно перебувало при опроміненні, і освітлюють опорним пучком світла. Опорний пучок дифрагує на голограмі, в результаті чого виникає хвиля, що має точно таку структуру, як хвиля, яка відображає предмети. Дифрагована хвиля дає уявне зображення предмета, яке сприймається оком спостерігача. Поряд з хвилею, що утворює уявне зображення, виникає ще одна хвиля, яка дає дійсне зображення предмета. Дійсне зображення є дзеркальним предмету (рис. 1.6).

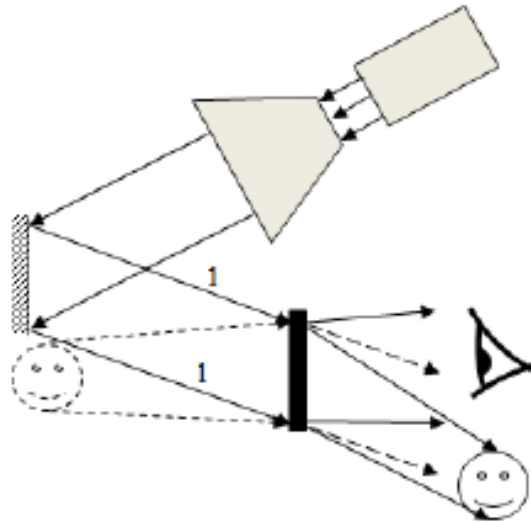


Рисунок 1.6 - Схема відновлення зображення

Елементарна голограма - результат взаємодії двох плоских монохроматичних хвиль.

Розглянемо РС, на яку падають два когерентних паралельних світлових пучка - опорний 1 і об'єктний 2. Для простоти припустимо, що пучок 1 падає на РС нормально, а кут падіння пучка 2 дорівнює ψ (рис. 1.7).

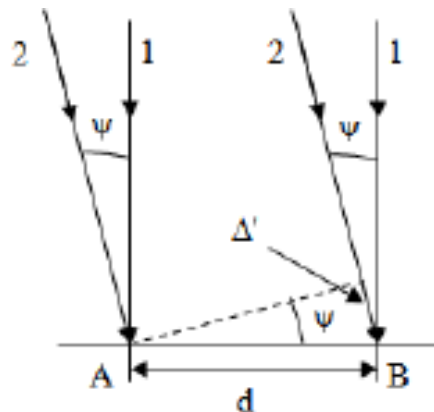


Рисунок 1.7 – Падіння когерентних світлових пучків на реєструюче середовище

Внаслідок інтерференції опорної і об'єктної хвиль на пластинці утворюється система прямолінійних максимумів і мінімумів інтенсивності, що чергуються. Нехай точки А і В відповідають серединам сусідніх інтерференційних максимумів. Тоді різниця ходу хвиль $\Delta = \lambda$.

З рис. 1.7 видно, що $\Delta = d \sin \psi$, отже $d \sin \psi = \lambda$.

Зафіксувавши на РС інтерференційну картину, направимо на неї опорний пучок 1. РС для цього пучка грає роль дифракційної решітки з періодом d .

Відмінна особливість решітки – це те, що її пропускна здатність змінюється в напрямку, перпендикулярному до «штрихів», згідно із законом косинуса. У звичайних дифракційних решітках пропускаюча здатність змінюється стрибкоподібно. Така особливість голограм призводить до того, що інтенсивність всіх дифракційних максимумів вище першого порядку практично дорівнює нулю.

При освітленні РС опорним пучком 1 (рис. 3) виникає дифракційна картина, максимуми якої утворюють з нормаллю до пластинки кути ψ , що визначаються умовою:

$$d \sin \psi = m \lambda, \quad m = -1, 0, +1$$

Максимум $m=0$ визначається напрямом опорного пучка.

Максимум $m=+1$ лежить на продовженні об'єктного пучка 2 (Промені 2').

Максимум $m=-1$, лежить в напрямку променів 2". Отриманий результат залишиться справедливим, коли об'єктний пучок променів 2 є розбіжним.

Максимум $m=+1$, буде визначатися розходяться пучком променів 2'. В цьому напрямку виникне уявне зображення предмета. Промені 2", що сходяться (їм відповідає $m=-1$,) дадуть дійсне зображення предмета, з якого виходили промені 2.

При отриманні голографічного зображення предмета РС висвітлюється опорним пучком 1 і безліччю розбіжних пучків 2, відображених різними точками

предмета. В результаті експонування в РС виникає складна інтерференційна картина, утворена накладанням картин, які дають кожним пучком 2 окремо.

При висвітленні голограми опорним пучком в напрямку $m=+1$ відновлюються всі об'єктні хвилі, які виходили від предмета при експонуванні РС.

В напрямках, що відповідають $m=0$ і $m=-1$, виникають ще дві групи хвиль. Ці хвилі поширюються в інших напрямках і не заважає сприйняттю хвиль, що дають уявне зображення предмета (див. рис. 1.6).

Голографічне зображення предмета є об'ємним. На нього можна дивитися з різних положень. Можна зазирнути за голографічне зображення і побачити зворотний бік предмета чи приховані їм інші предмети. Змістившись в сторону, ми сприймаємо зображення, відновлене від периферичної частини голограми, на яку при експонуванні падали промені, відбиті від прихованих предметів. Розглядаючи зображення ближніх і дальніх предметів, доводиться, як і при розгляданні самих предметів, по-різному акомодувати очі.

Якщо голограму розділити на кілька частин, то кожна частина при висвітленні опорною хвилею дає таку ж картину, що і вихідна голограма. Однак чим менша частина голограми використовується для відновлення зображення, тим менше його чіткість. Цей факт легко пояснити, якщо згадати, що роздільна сила дифракційної решітки зменшується при зменшенні числа штрихів.

1.8 Основні типи голографічних схем

Основні голографічні схеми, які використовуються для реєстрації голограм, названі, як правило, або по імені авторів - схема Габора, схема Денисюка і т.д., або за специфічними особливостями геометрії оптичної схеми - осьова схема і т.п.

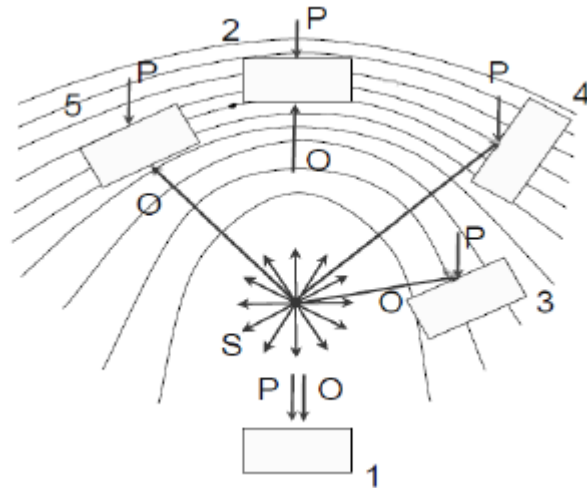


Рисунок 1.8 - Геометрія освітлення голограм різних типів при використанні плоскої опорної хвилі (P) і об'єктної хвилі (O), утвореної точковим джерелом випромінювання S:

- 1 - голограма Габора;
- 2 - голограма Денисюка;
- 3 - голограма Лейта і Упатнієкс;
- 4 - пропускна голограма (позаосьова);
- 5 - відбивна голограма (позаосьова)

Положення «1» і «2» РС - голограми записують при співвісному (колінеарному) напрямку інтерферуючих пучків:

«1» - реєструється пропускна голограма, що має максимальний період інтерференційної картини (голограма Габора).

«2» - відбивна голограма з мінімальним періодом (голограма Денисюка).

Положення «3», «4» і «5» - реєстрація позаосьових голограм:

«3» - історична схема запису пропускають голограм Лейта і Упатнієкс;

«4» - схема реєстрації пропускної позаосьової голограми;

«5» - схема реєстрації відбивної позаосьової голограми.

У положенні РС «4» і «5» реєструються позаосьові голограми, період яких однаковий.

Таким чином, будь-яка розглянута вище схема може бути ефективно застосована з урахуванням особливостей отриманих голограм.

2 СУЧАСНИЙ СТАН ГОЛОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Види голограм

Елементарна голограма є одновимірною ґраткою з товщиною T , в якій зміна параметрів середовища відбувається в строго визначеному напрямку.

Елементарна голограма є результатом взаємодії двох когерентних плоских хвиль I_1 і I_2 .

Відстань між сусідніми максимумами інтенсивності в реєстрованій інтерференційній картині:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}$$

Де λ - довжина хвилі реєстрованого випромінювання,

θ_1 і θ_2 - кути падіння інтерферуючих хвиль I_1 і I_2 на реєструюче середовище.

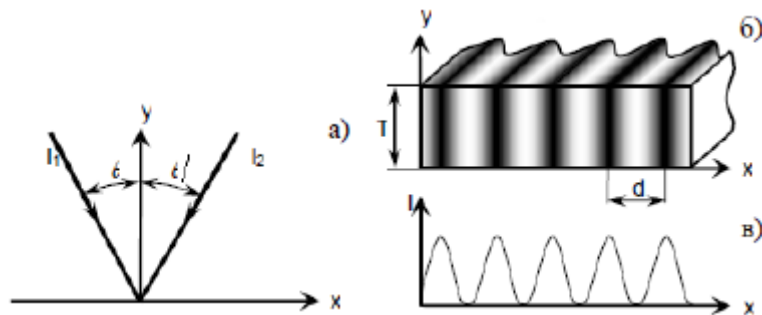


Рисунок 2.1 - Елементарна голограма:

а - напрям поширення інтерферуючих пучків;

б - одновимірні ґратки з періодом d , отримані в реєструє середовищі з товщиною T ;

в - розподіл інтенсивності випромінювання в інтерференційній картині по осі x .

На рис. 2.1 приведена симетрична схема запису голограми, де $\theta_1 = \theta_2 = \theta$.

Елементарна голограма отримана в лінійної реєструє середовищі і є синусоїдальною дифракційною ґраткою.

Елементарна голограма - зручна модель для кількісних оцінок і аналітичного опису процесів отримання і зчитування голограм.

Довільну голограму можна представити у вигляді суперпозиції елементарних голограм з різними параметрами.

Наведемо характеристики, що визначають властивості голограм:

- період голограми - d , або її просторова частота - $\nu = 1/d$;
- товщина голограми - T ;
- характер відгуку реєструючого середовища на вплив випромінювання (фотовідгук);
- орієнтація ізофазних поверхонь інтерференційної картин щодо кордонів голограми.

Залежно від спектрального складу реєстрованого випромінювання розрізняють:

- монохромні голограми - отримані при використанні випромінювання тільки однієї довжини хвилі;
- кольорові - отримані при використанні випромінювання, що містить кілька довжин хвиль.

Просторова частота голограми - величина, обернено пропорційна просторового періоду зміни оптичних параметрів голограми d , вимірюється зазвичай в мм^{-1} або в см^{-1} .

Для елементарної голограми, отриманої при взаємодії двох плоских хвиль,

$$\nu = 1/d,$$

де d - відстань між двома суміжними (сусідніми) максимумами інтенсивності в реєстрованій інтерференційній картині.

Довільна голограма характеризується набором (спектром) просторових частот орієнтованих довільно елементарних голограм, з яких вона складається.

Просторові частоти голограми:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{d}, \quad \nu_{\min} = \frac{1}{d_{\max}}, \quad \nu_{\max} = \frac{1}{d_{\min}}$$

Максимальна просторова частота визначає роздільну здатність реєструючого середовища, необхідну для запису всіх просторових частот голограми.

Найменшу частоту ν_{\max} мають оскові голограми (схема Габора). У схемі Денисюка $\nu_{\max} \rightarrow 2/\lambda$.

Геометричні розміри середовища грають важливу роль і визначають багато властивостей голограми, що залежать від ступеня її об'ємності.

На рис. 2.2 наведені приклади реєструючих середовищ, які можна вважати об'ємними (3D) або плоскими (2D).

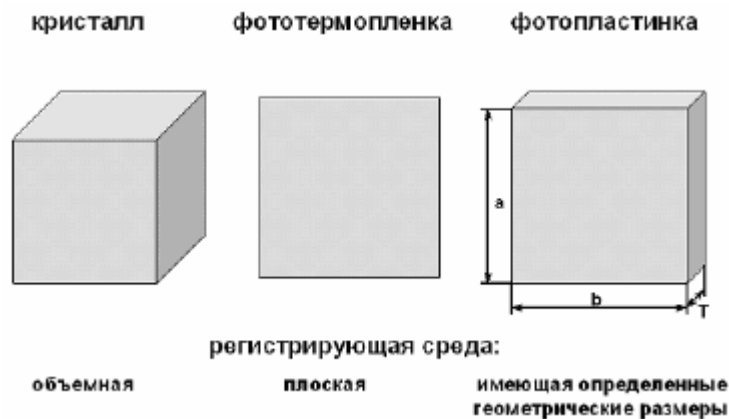


Рисунок 2.2 – Приклади реєструючих середовищ

Реальні зразки використовуваних реєструють середовищ мають певні геометричні розміри - як правило, на практиці зразки для запису голограм характеризують площею зразка і його товщиною.

Співвідношення між просторовою частотою ν і товщиною T визначає міру об'ємності голограми і її найважливіші властивості: кутову і спектральну селективність, дифракційну ефективність і ін.

Двовимірна (плоска, 2D) голограма

Голограма є двовимірною при $T\nu \rightarrow 0$, тобто в такій голограмі можна знехтувати ефектами, пов'язаними з її кінцевою товщиною.

При зчитуванні двовимірної голограми утворюються дві хвилі $+1$ і -1 порядків дифракції, які формують дійсне зображення об'єкта при $k = +1$, і уявне зображення при $k = -1$, а також присутній хвиля нульового порядку дифракції $k=0$.

У більшості практичних випадків відбувається утворення більшої кількості порядків дифракції.

Математичний апарат, розроблений для традиційних (плоских) дифракційних решіток, застосуємо для теоретичного аналізу двовимірних голограм.

Голографічний метод полегшив отримання дифракційних решіток з синусоїдальним розподілом модульованого оптичного параметра (показника заломлення, коефіцієнта поглинання або оптичної товщини середовища). Такі решітки дозволяють отримувати тільки два дифракційних порядки $+1$ і -1 , на відміну від нарізних решіток з прямокутним профілем штриха.

При відновленні об'єктної хвилі для 2D голограм існує принципова можливість зміни масштабів в зображенні об'єкта шляхом відповідного вибору параметрів схеми і довжини хвилі випромінювання при реєстрації і зчитуванні голограми.

Використання випромінювання різних довжин хвиль при запису і відновленні об'єктної хвилі дозволяє застосовувати 2D голограми як керовані транспаранти в системах обробки інформації.

Характер фотовідгуку реєструючого середовища визначає лінійний або нелінійний режим запису інтерференційної картини (ІК).

У лінійному режимі амплітуда модуляції оптичного параметра в голограмі прямо пропорційна інтенсивності випромінювання в ІК.

У нелінійному режимі (рис. 2.3) немає пропорційності між амплітудою модуляції оптичного параметра і розподілом інтенсивності в ІК. Просторовий розподіл оптичного параметра в ІК відрізняється від синусоїдального. З'являються вищі порядки дифракції та спотворюються амплітуди відновлених хвиль першого порядку дифракції.



Рисунок 2.3 – Дифракція випромінювання в 2Д-голограмі

«Зображення» об'єкта, утворені дифрагованими хвилями вищих порядків, мають мало спільного з самим предметом.

У ряді спеціальних випадків (голограма сфокусованого зображення, об'єкт-транспарант без розсіювачів) хвилі вищих порядків утворюють зображення.

Розподіл яскравості в цих зображеннях спотворено, а фаза зображення «к» - го порядку відрізняється в «к» раз від фази зображення 1-го порядку.

2.2 Системи та пристрої для створення голографічних зображень

Існують різні типи голографічних рішень. Далі наведені деякі найвідоміші технічні рішення серед тих, які не потребують додаткових пристроїв для їх сприйняття, тобто їх можна побачити неозброєним оком.

1. Пристрої на ефекті «Привид Пепера» (Pepper's Ghost)

Базується на використанні піраміди зі скла або оргскла, на гранях якої віддзеркалюються зображення.

Плюси:

- може відображати масштабні проєкції, що робить його одним із найбільш універсальних методів голографічної проєкції;
- налагоджена методика, яку випробовували і перевіряли протягом багатьох років.

Мінуси:

- щоб створити цю ілюзію, вам потрібна достатня кількість оргскла, розміщеного під кутом 45° , що робить установку застійною та важкою;
- якість зображення залежить від світлових факторів: щоб проєкція була видимою, необхідно, щоб інші зони були достатньо темними.

2. Голографічні мережі

Однією з найновіших технологій для входження в голографічний світ є голографічні сітки, що представляють собою майже прозора завіса світлодіодних вогнів, які відображають зображення в різних кольорах. Ці світлодіоди запрограмовані для створення зображень, які представляють голографічний ефект 3D.

Голографічні мережі використовувались для поверхонь різного розміру.

Плюси:

- можливість створювати масштабні дисплеї (до розміру будівлі в рекламних цілях);
- гнучкість у застосуванні, можуть використовуватися на плоских або криволінійних поверхнях.

Мінуси:

- є імітація 3D-зображення;
- менша наочність.

3. Голографічна дзеркальна техніка.

Враження від 3D-зображення створюється за допомогою розміщення обертового дзеркала під кутом і проектування на нього високошвидкісного відео, яке потім відбивається для формування дисплея.

Розроблене в Університеті Південної Каліфорнії (USC), рішення було розроблено як нове нововведення в 3D-голографічній технології.

Плюси:

- Створює ефектну оптичну ілюзію 3D-голограми;
- якісне відображення 3D-версії відео в певному масштабі.

Мінуси:

- впроваджена в 2007 році, ця технологія з тих пір розвивалась мало;
- зображення обмежується розміром пристрою, що знижує потенціал використання методу.

4. Напівпрозорі OLED-екрани

В останні роки серйозні інвестиції вкладалися в прозорі OLED-екрани одними з найбільших імен у виробництві електроніки. Ці нові винаходи мають екран, наповнений органічними світлодіодами, які реагують на електричний струм, утворюючи зображення.

З точки зору 3D-ефектів, результатом є двовимірне зображення, але має вигляд 3D-зображення, створюючи ілюзію голограми на екрані.

Плюси:

- Новітня технологія, що швидко розвивається і удосконалюється в нових версіях;
- пропонує сучасний спосіб відображення вмісту;
- має значну гнучкість;
- забезпечує яскраву платформу для відображення вмісту.

Мінуси:

- відображені зображення є двовимірними ілюзіями 3D-зображень;
- має рівень прозорості +40%, тобто зображення не повністю проглядається, деякий фон все одно буде видно.

5. Голографічні піраміди

Це рішення є популярним серед користувачів та виробників рекламного обладнання через простоту конструкції.

Голографічні піраміди використовують відображення аналогічно ефекту "Привид Пеппера", створюючи вигляд 3D-голограми, що плаває в корпусі. Цей тип зображень працює завдяки розміщенню сторін піраміди на склі під 45°, створюючи враження голограми, відображеної всередині.

Плюси:

- Створює голографічну ілюзію, завдяки якій зображення на екрані відображається так, ніби це голограма 3D;
- цей тип установки можна зробити професійно або відтворити для особистих потреб з використанням домашніх конструкцій.

Мінуси:

- Працює лише в невеликих масштабах і обмежується розміром корпусу, піраміди та залученого екрану, поточний максимальний розмір - приблизно за розміром екрану пристрою;
- Результати можуть значно варіюватися. Професійні піраміди дають набагато реалістичніші результати, ніж саморобні версії, які більше схожі на відображення, а не на 3D зображення. Така технологія повинна залишатися всередині куба чи піраміди, ускладнюючи масштаб або рух об'єктів, що обмежує використання такої технології.

6. Лабораторні об'ємні зображення

Нове рішення, запропоноване в Університеті Бріггем Янг (США), в значній мірі відрізняється від попередньої операції голографічного проектора ефекту "Привида Пеппера", оскільки потребує більше обладнання та лабораторних умов.

У 2018 році команда Університеті Бріггем Янг оприлюднила звітку про те, що вони створили справжню 3D-голограму. Пристрій використовує лазер для захоплення крихітних частинок та контролю їх рухів для створення зображення. Саме тому цю методику називають «лабораторною», оскільки вона є потенційно небезпечною і може призвести до серйозних опікових травм.

Додаткові кольорові лазери висвітлюють шлях частинок, роблячи його видимим. Таким чином зображення є яскравим та добре видимим.

Плюси:

- найближча технологія до справжньої 3D голограми, оскільки отримується повне 3D об'ємне зображення;
- технологія є інноваційною і може отримати значний розвиток з використанням різних типів обладнання.

Мінуси:

- використовується тільки в лабораторних умовах через використання лазерів, що є потенційно небезпечним для користувачів;
- хоча результати є досить вражаючими, на даний момент технологія може створювати лише невеликі, прості зображення.

7. Система HYPERVSN

3D-голограми, створені за допомогою системи HYPERVSN, повністю відрізняються від традиційних голографічних проєкцій.

HYPERVSN - це повна інтегрована система 3D-голографічного відображення, яка поєднує технологію, фізику та техніку для створення 3D-вмісту.

Система має три компоненти - пристрій для відображення голографічних зображень високої якості HD, фірмове програмне забезпечення для управління 3D-вмістом та інструмент 3D Studio, який дозволяє користувачам самостійно створювати 3D-вміст без дизайнерських навичок. Сам пристрій працює за допомогою 4-х обертових променів, оснащених світлодіодними світильниками, які виробляють 3D-голографічний дисплей.

Система HYPERVSN доступна у двох варіантах Solo та Walls, що відрізняються функціоналом. Solo - це продукт, що створює голографічні візуальні зображення розміром 56 см і 75 см (версії середнього та великого розміру, відповідно), його можна використовувати як окремий пристрій або як мережу пристроїв, якими можна керувати дистанційно.

Walls HYPERVSN дозволяє користувачам створювати голографічні візуальні зображення набагато більшого розміру.

Плюси:

- голографічна система повного циклу, що поєднує 3D-вміст із програмним забезпеченням та апаратним пристроєм, що створює голографічні екрани;
- відсутня потреба у додаткових пристроях (екрани, окуляри тощо) для перегляду зображень, які створює HYPERVSN;
- гнучкість системи дозволяє використовувати її для різних цілей;
- дозволяє створювати власний користувальницький вміст за допомогою онлайн-3D Studio або отримувати на замовлення контент.

Мінуси:

- основним недоліком використання HYPERVSN є необхідність підтримувати високий рівень 3D-вмісту, щоб рішення мало бажаний ефект на вашу аудиторію;
- висока вартість системи.

3 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГОЛОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

3.1 Стереоефект та псевдоголографія

Людина має бінокулярний зір (рис. 3.1, а). Він дозволяє людині дивитися на об'єкт ніби з двох сторін. Один і той же об'єкт наші очі бачать під різними кутами. Отримувані кожним оком зображення формують стереопару і в головному мозку вони з'єднуються в одну картинку, яка інтерпретується свідомістю як об'ємна. Завдяки такому сприйняттю людина отримує просторове уявлення з правильними пропорціями.

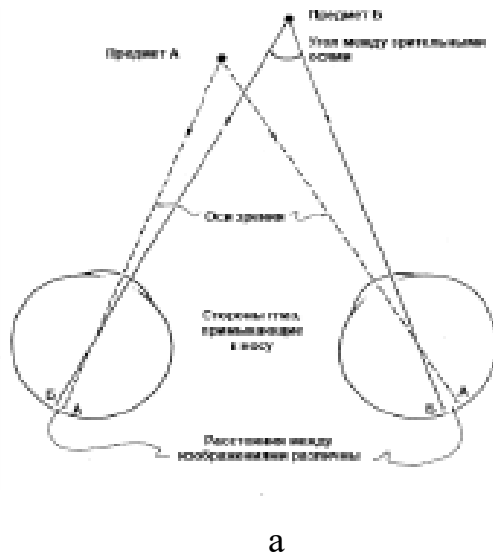


Рисунок 3.1 – Стереоефект:

а – побудова зображення, отриманого від різних очей;

б – застосування стереоефекту

Щоб людина змогла отримати об'ємну картинку з екрану, необхідно відобразити кілька зображень, що відрізняються один від одного. У процесі сприйняття такого зображення мозок складе тривимірну картину. У 50-их роках на

основі цього принципу були створені кінотеатри зі стереообладнанням. У таких кінотеатрах зображення було спроектовано на екран двома проекторами одночасно. Зображення з даних проекторів було зміщеним відносно один одного в горизонтальній площині. Також на проекторах були встановлені світлофільтри - червоний і синій, а глядачам, для отримання стереозображення, потрібно було дивитися фільм в спеціальних окулярах з червоним і синім склом.

У свою чергу, голограма формує зображення, яке представляє собою точну копію вихідного тривимірного об'єкту. Для спостереження голограм не потрібні спеціальні прилади. Голограма формується «в повітрі», а 3D-картинка відрізняється тим, що ілюзія обсягу створюється на плоскому екрані.

Звичайні джерела світла не володіють достатнім ступенем когерентності для застосування в голографії. Тому необхідно використовувати дорогі лазери, але недоступність таких пристроїв для масового споживання є основною причиною для використання псевдоголографії.

Псевдоголографія - зображення, які будуються на механізмах фізики і освітлення. Вони являють собою всього лише плоске відображення реального об'єкта, а скло переломлює потрапляє на нього світло таким чином, що виникає ефект об'ємності [2]. По суті, голографічна 3D-піраміда являє собою проекційну поверхню, на яку транслюється заздалегідь створений контент.

Ми можемо використовувати кілька різновидів голографічних пірамід:

- односторонній голографічний куб (моновізор), що володіє лише однією гранню проекції;
- тристороння голографічна піраміда (можна розмістити біля стіни);
- чотиристороння голографічна піраміда (квадровізор). Її основна перевага - огляд, що становить 360° .



а

б

Рисунок 3.2 – Види голографічних пірамід:

а – тристороння;

б – чотиристороння

У своїй роботі ми користувалися чотиристоронньою голографічною пірамідою.

3.2 Вибір програмного забезпечення для створення відеозображень

Контентом для піраміди може служити відео або статичне графічне зображення у вигляді файлу, створеного за спеціальною розкладкою за кількістю сторін піраміди на чорному тлі. 3D-моделі можна створити в таких програмах, як Blender, Unity.

2D-об'єкти контенту моделюються, анімуються і візуалізуються в програмах 3ds Max, Maya. Розкладка по трьом сторонам і додавання спецефектів проводиться в Adobe After Effects. При моделюванні слід звернути увагу на наступні особливості:

- чорний колір в голографічних піраміді стає прозорим, Тому всі темні поверхні краще робити з відблисками;

- всі види в розкладці повинні бути дзеркально відображені в горизонтальній площині.

Іншим способом створення відеофайлів для відображення на голографічній піраміді є офіційний додаток компанії Holho для комп'ютера - HolhoConverter. З його допомогою можна конвертувати зняті відео в потрібний формат для створення голограми.

Щоб запустити додаток HolhoConverter, знадобиться офіційний додаток для ПК - Java7. Завантажити його можна на офіційному сайті.

Для того, щоб голограма вийшла красивою і правильною, потрібно скористатися наступними порадами:

- об'єкт, що знімається обов'язково повинен знаходитися на чорному або темному тлі, строго по центру кадру;
- співвідношення сторін при зйомці має бути 16: 9. Якщо використовувати інший формат, то голограма вийде спотвореною;
- для кращого фокусування на об'єкті рекомендується використовувати для зйомки штатив;
- якщо об'єкт знаходиться не в центрі кадру, або ж має занадто великий розмір, то додаток HolhoConverter може вирізати частину зображення. Якщо зображення занадто маленьке, то його буде складно розгледіти на самій голограмі;
- рекомендується знімати відео тривалістю від 2 до 4 хвилин;
- доцільно провести декілька тестів перед зйомкою остаточного відео.

Після зйомки об'єкта, необхідно конвертувати його в потрібний формат за допомогою програми HolhoConverter, а потім додати файл на смартфон або планшет.

Інструкція по додаванню відео на новий пристрій наведена нижче і включає декілька варіантів.

1) пристрій з операційною системою IOS:

Додати свої або готові відео можна дуже просто за допомогою програми iTunes на ПК. Щоб побачити голограму на голографічному проекторі, досить просто запустити відео на планшеті або смартфоні за допомогою будь-якого відео-програвача.

2) пристрій з операційною системою Android:

Для цього необхідно завантажити відео на флеш-карту смартфона \ планшета, або використовуючи USB-кабель. Щоб побачити відео на голографічному проекторі, потрібно запустити його за допомогою будь-якого відео-програвача.

3) Якщо необхідно обійтися без крок завантаження відеофайлів на пристрій, можна завантажити відео на сайт YouTube, запустити сайт YouTube на смартфоні \ планшеті і відтворити відео в режимі онлайн.

Можна створювати відео і безпосередньо на смартфоні. У цьому напрямку існує величезна кількість додатків різного призначення, що можуть перетворити фотографії користувача або додати тривимірний голографічний об'єкт. Розглянемо деякі із них.

1) Holo – Holograms for Videos in Augmented Reality

Додаток дозволяє перетворити акторів, персонажів, живі речі та предмети в голограми. Можна створювати власні унікальні голографічні історії, знімати відео з голограмами та розширеними візуальними ефектами. Кожен додатковий об'єкт може бути змінений. Наприклад, стати більшим, меншим, світлішим або темнішим. Об'єкт можна розмістити в будь-якій частині зображення.

Результатами можна ділитися з іншими користувачами у вбудованому месенджері. Інтерфейс та функціональність програми Holo зроблені дуже якісно. Всі голограми виглядають реалістично. Крім того, додаток Holo не має вбудованої реклами і вільно розповсюджується.

2) 3d hologram – Holo-display

Можна створювати фотографії та відео з різними голографічними об'єктами. Наявна велика бібліотека об'єктів, які можна додати до зображень.

Можна створити власні голограми. Для цього треба відкрити вкладку створення об'єктів. Найбільш використовувані та улюблені голограми можна додавати до обраних.

Галерея додатка включає велику кількість різних голограм (зображення різних тварин, предметів, персонажів і навіть реальних людей). Можна включити випадковий вибір. Тож програма сама вирішить, що потрібно додати до вашого образу.

Кожен голографічний об'єкт представлений у реальному розмірі. Це означає, що на фотографії це буде виглядати як у реальному світі. У цьому випадку ви можете змінити розмір об'єкта, відобразити його та перемістити.

Є можливість переглядати та додавати 3D-голограми. Так, у звичайну фотографію чи відео можна додати тривимірний символ.

3) HoloCam

У додатку HoloCam можна додавати до своїх фотографій тривимірні об'єкти та інші речі. Наявна велика база голографічних об'єктів. Можна вибрати будь-яку фотографію чи відео з галереї свого мобільного пристрою як основне зображення.

Є можливість використовувати камеру безпосередньо всередині програми, щоб створити нову картинку.

Весь процес роботи в додатку HoloCam відбувається в режимі реального часу. Для цього треба відкрити камеру та націлити її на будь-яку зону. Потім необхідно вибрати голографічний об'єкт. Він з'явиться на екрані і зможе виконувати різні рухи та дії. Є можливість власні голографічні об'єкти, використовуючи різні інструменти із бази.

Поділитися готовим результатом зі своїми друзями за допомогою соціальних мереж або електронної пошти. Додаток є безкоштовним.

4) HoloLens Dinosaurs park 3d hologram PRANK GAME

Додаток, в якому можна створювати голограми динозаврів.

Кожен голографічний об'єкт можна змінити: збільшити, зменшити масштаб, дзеркально або перемістити об'єкт. Після відкриття камери треба вибрати зручне місце для розміщення віртуального динозавра. Тоді додаток запропонує вам вибрати один з 13 варіантів. Також ігровий процес супроводжується цікавими звуками та ефектами.

Додаток є умовно-безкоштовним.

5) Vuomy 3D Hologram Projector

Дозволяє створити справжні тривимірні голограми. При першому запуску вам будуть доступні кілька об'єктів. Наприклад, планета Земля, череп, фонтан, спіраль, лазерне коло, джерело світла. Голографічні об'єкти можуть переміщуватися та виконувати різні дії. Всі об'єкти можна обертати і переглядати з усіх боків.

Додаток Голограмний проектор Vuomy 3D оновлюється щотижня, додаються нові голографічні об'єкти. Вони можуть бути додані до фотографій та відео користувача.

У додатку Vuomy 3D ви також наявні інструкції зі створення макета.

Додаток Голограмний проектор Vuomy 3D працює без обмежень безкоштовно. Крім того, немає вбудованої реклами.

6) Hologram Photo Editor 2019 – Jarvis Hologram App

Додаток Llovis Hologram призначений для редагування фотографій. Його унікальна особливість полягає в тому, що вона зробить ваші зображення футуристичними.

Можна ділитися готовими зображеннями безпосередньо в програмі редактора фотографій Hologram 2019. Цей безкоштовний додаток працює без обмежень і дозволяє змінювати будь-яку кількість зображень.

7) Hologram 3D

У цій програмі представлено велику кількість різних інструментів для створення голограм.

Можна використовувати заздалегідь зроблені зображення, щоб створити нову анімаційну тривимірну модель.

8) HoloViewer Hologram 3D Model Viewer

Надає можливість створення голограм. При першому запуску надаються доступні кілька голографічних об'єктів. Наприклад, земна куля, череп, домашні тварини та багато іншого. Додаток HoloViewer Hologram 3D Viewer Model часто додає нові тривимірні об'єкти. Таким чином, можна спробувати щось нове.

9) Holarex Hologram Video Maker

Додаток Holarex Hologram Video Maker використовує спеціальні алгоритми та датчик. Цей пристрій відстежує рухи на екрані. Він переносить їх на тривимірну голограму.

Також голографічні моделі зручні та корисні для використання під час навчання. Ви зможете розглянути тривимірну модель ДНК або скелета людини. Так ви побачите всі функції та найдрібніші деталі, які можуть бути не видно на двовимірному зображенні.

Цей безкоштовний додаток сподобається і дорослим, і дітям. Крім того, немає набридливих оголошень і покупок через додаток.

Після проведення аналізу програмного забезпечення, було створено 3Д-анімацію об'єкта.

3.3 Створення голографічної піраміди

Було вирішено проаналізувати різні матеріали у якості основи голографічної піраміди. Для цього було виконано креслення піраміди з певними розмірами. Для

коректного відображення потрібно, щоб кут між гранями і підставою піраміди був приблизно рівним 45° і дотримані пропорції. За отриманою викрійкою вирізали грані піраміди і з'єднали їх за допомогою клею (рис. 3.3). Як проєкційного апарату був використаний смартфон.

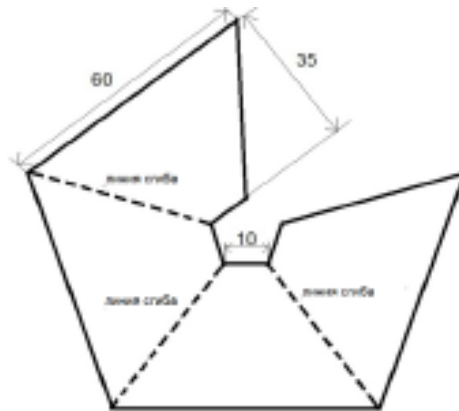


Рисунок 3.3 - Креслення розгортки голограми

Зображення при відтворенні голограми для даної піраміди має відтворюватися в проєкціях з чотирьох сторін. Головна перевага такої піраміди - це те, що уявне зображення можна спостерігати з будь-якого боку.

Світло, який виходить з екрану смартфона, падає на кожну грань піраміди (рис. 4). Світлові промені на кордоні двох середовищ (повітря і грані піраміди) частково переломлюються, частково відбиваються. [3] Згідно із законом відображення світлових променів можна сказати, що кут падіння світлових променів буде дорівнює куту їх відображення.

Якщо кут між гранями піраміди і її підставою становитиме 45° , то відбиті промені будуть паралельні основи. Тому на грані піраміди виникатиме уявне зображення, а спостерігачеві буде здаватися, що воно знаходиться всередині.

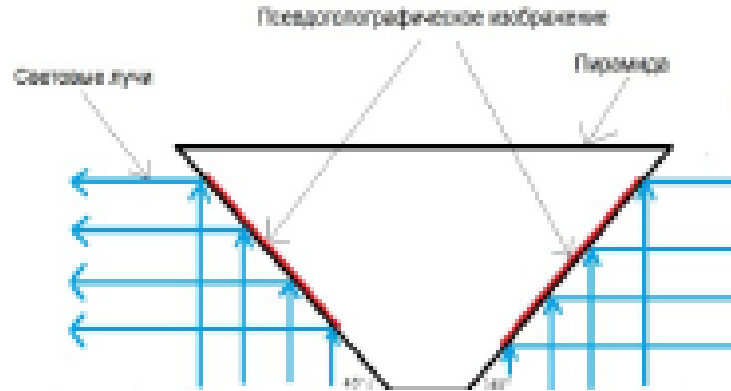


Рисунок 3.4 - Хід променів в голографічній піраміді

Як матеріал при виготовленні піраміди (квадровізора) використовували прозорий пластик, який використовується в якості упаковки.

Фотографія отриманої піраміди наведена на рис. 3.5.

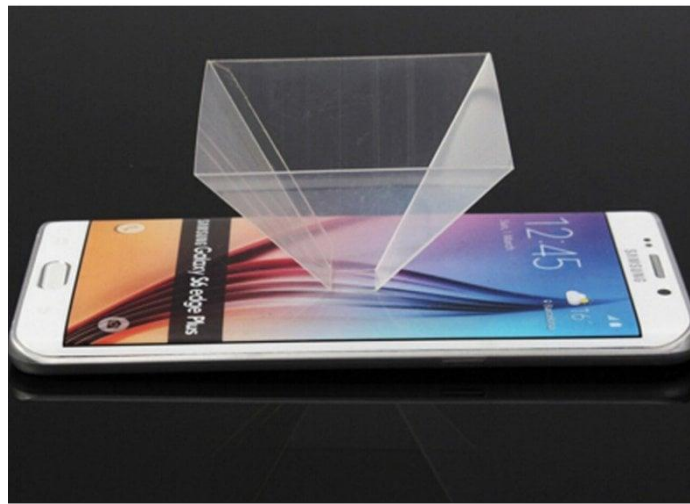


Рисунок 3.5 – Вигляд отриманої голографічної піраміди на смартфоні

Для визначення впливу товщини матеріалу на якість зображення нами було виконано збірку голографічної піраміди із полістиролу, який використовується для коробок CD-дисків.

Графік залежності коефіцієнта відбиття від кута падіння світла показаний на рис. 3.6.

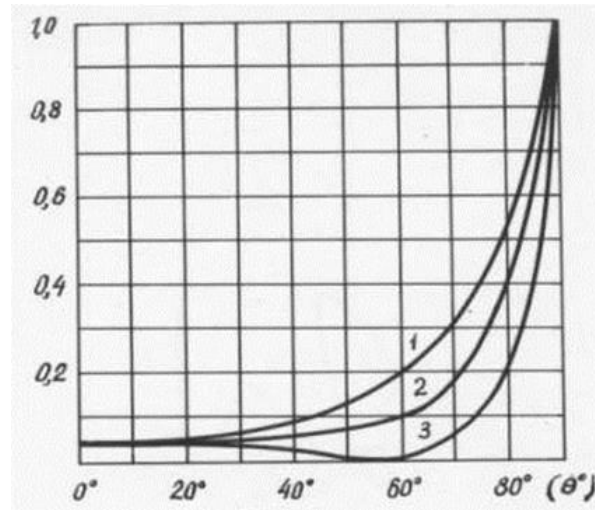


Рисунок 3.6 - Залежність коефіцієнта віддзеркалення фотонів від кордону повітря - скло від кута падіння при різних їх поляризаціях:

- 1 - площині падіння фотонів і поляризації перпендикулярні;
- 2 - неполяризований промінь;
- 3 - площини падіння, поляризації і відображення фотонів збігаються.

Як видно із графіка, втрати на відбиття починають швидко зростати при кутах падіння, більших за 60° . При кутовому падінні світла збільшуються і втрати на поглинання світла в матеріалі за рахунок збільшення ефективної товщини зразка d_i , яка визначається за формулою

$$d_i = d_0 / \cos i_1,$$

де d_0 – товщина зразка по нормалі до поверхні;

d_i – ефективна товщина зразка за напрямом.

Враховуючи вищесказане, визначимо, як впливає товщина стінки піраміди на якість відображення зображення. Для цього скористаємося законом Бугера,

$$I = I_0 e^{-\chi l}$$

де I_0 – інтенсивність світла, що падає на поглинаючий шар;

l – товщина шару;

χ – коефіцієнт поглинання.

Товщина шару буде відрізнятись від номінальної, оскільки кут падіння зображення відрізняється від нормального.

Розрахуємо зміну інтенсивності світла в залежності від товщини матеріалу. Результати розрахунків занесені до табл. 3.1 та табл. 3.2. Коефіцієнт поглинання для прозорого скла становить 0,07, для прозорого пластику – 0,11.

Таблиця 3.1 - Зміна інтенсивності світла в залежності від товщини скла

Товщина шару матеріалу, мм	Ефективна товщина шару матеріалу, мм	Відношення інтенсивності світла до проходження через грань і після нього	Зменшення інтенсивності світла, %
0,1	0,07	1,007	0,7
1	0,71	1,073	7,3
2	1,41	1,150	15,0

Таблиця 3.2 - Зміна інтенсивності світла в залежності від товщини пластику

Товщина шару матеріалу, мм	Ефективна товщина шару матеріалу, мм	Відношення інтенсивності світла до проходження через грань і після нього	Зменшення інтенсивності світла, %
0,1	0,07	1,011	1,2
1	0,71	1,116	11,6
2	1,41	1,246	24,6

Виходячи із отриманих результатів, можна зробити висновок, що найкращим відображенням інформації буде володіти голографічна піраміда, виконана із скля товщиною 0,1 мм. Проте така конструкція є дуже крихкою, тому для освітніх потреб є доцільним використовувати пластик (зокрема, полістирол) із низькою шорсткістю.

3.4 Можливість застосування голографічної піраміди в освітньому процесі

Голографічна піраміда - технічний пристрій для демонстрації створених цифрових 3D-моделей з врахуванням зорових ілюзій, трансляції об'ємних зображень, псевдоголографії.

Особливості будови:

- наявність екрану високої роздільної здатності, від якого буде реалізуватися відбиття світла;

- наявність скляної (або іншого прозорого матеріалу) конструкції у вигляді піраміди з спеціальною плівкою, грані якої відображають світлові потоки та створюють ілюзію просторовості моделі за рахунок об'єднання 3-4 світлових «проекцій» від екрану;

- наявність підключення до комп'ютера для завантаження інформаційного контенту або безпосереднього зчитування з підключених накопичувальних дисків.

Переваги даного пристрою: новий тип представлення інформації у вигляді псевдоголографії, можливість демонстраційного оцінені результату проектної діяльності, можливість представлення як статичного, так і динамічного контенту, додавання тексту, представлення анімації.

Недоліки: громіздкість технічного пристрою підвищується при необхідності збільшення моделі, яку потрібно демонструвати; присутність відповідних умов для

демонстрації (параметри освітлення, вимоги до інформаційного голографічного контенту, серед яких: відповідність формату даних, який підтримує пристрій, наявність «розкладки» на 3-4 площини, а також особливості щодо розробки самої 3D-моделі, її позиціонування, відсутності складного фону, чіткості контурів та контрастності, залученні темних та світлих відтінків кольорів, положення тексту та інше).

В освітньому процесі голографічна піраміда може використовуватись для практичних проектів. Це може бути практичне або лабораторне заняття, метою якого є розробка моделей-прототипів голографічного представлення – інформаційного контенту, цифрових 3D-моделей, для представлення на голографічній піраміді.

Пропонуємо наступний план роботи для виконання практичного проекту зі створення моделей побутових електронних пристроїв.

1. Студент знайомиться з темою, метою та завданнями практичного (лабораторного) навчального заняття.

2. Студент визначається з тематичною спрямованістю практичного проекту.

3. Студент залучає підібрані моделі-аналоги на аналітичному проекті та використовує розроблені аналітичні 3D-моделі для розробки цифрових моделей-пропозицій – 3D-моделей дизайн-продукту.

4. Відбір найкращих моделей-пропозицій під керівництвом викладача та створення на їх базі моделі-прототипу – 3D-моделі дизайн-продукту, яка має високу деталізацію елементів та завершену композиційну проробку (без неможливості додати окремий елемент, який би не порушував композиційну будову моделі, стилістичне рішення моделі відповідно до тематичної спрямованості).

5. Виконання розробки голографічного контенту – анімаційного відео-ролику з присутністю статичних або динамічних сцен, симуляції матеріалу або впливу зовнішніх факторів.

5.1. Розробка статичного голографічного контенту, що включає представлення моделі-прототипу дизайн-продукту в статичних позах з переміщенням камери споглядання навколо моделі, розробка анімаційного відеоролику завдяки програмних продуктів для 3D-формоутворення, використання наявних в програмі автоматизованих прорахунків статичного огляду моделі із створенням відеоролику. При цьому, відеоролик може доповнюватися тестовими вставками та структурним представленням конструкції моделі-прототипу та його складових частин у збільшеному масштабі (окремо від моделі-прототипу).

5.2. Розробка динамічного голографічного контенту, який характеризується залучення руху моделі-прототипу та його елементів, впливу зовнішніх факторів (наприклад, взаємодії людини із приладом).

5.3. Конвертування розроблених відеороликів для показу на голографічній піраміді, що здійснюється в автоматичному режимі завдяки спеціалізованим програмам (наприклад, HolhoConverter) із створенням відповідного розкладання зображення на відповідну кількість граней піраміді.

5.4. Підготовка голографічної піраміді, налаштування підключення до комп'ютера та перевірка конвертованих відеороликів на якість представлення (при наявності артефактів – доопрацьовується та покращується якість за рахунок повернення до п. 5.1).

6. Підведення висновків, визначення особливостей відображення та симуляції розробленої моделі, параметрів корегування відеоролику.

В поєднанні з програмними пакетами використання новітнього технічного оснащення більше підвищує рівень сучасного етапу опанування навчального матеріалу, формування важливих професійних знань та умінь.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

4.1 Планування науково-дослідницької роботи

Основна умова раціонального планування НДР – скорочення термінів виконання розробок при мінімальних витратах трудових, матеріальних і грошових ресурсів.

Для цього необхідно вирішити такі завдання з планування НДР: визначення трудомісткості та тривалості; складання мережного графіка виконання; визначення витрат на проведення.

4.2 Визначення трудомісткості та тривалості НДР

Весь комплекс науково-дослідної роботи можна розділити на типові етапи. По кожному етапу вказуються виконавці і трудомісткість або тривалість виконання робіт.

Трудомісткість НДР розраховується в нормо-годинах або людино-днях витрат робочого часу основних виконавців і залежить від складності розробки та ступеня її новизни, кваліфікації виконавців, наявності у них навичок дослідницької роботи, від використовуваних матеріалів, вимог надійності, технічних умов комплектуючих схем і т. д.

Розрахунок тривалості виконання НДР і кожного її етапу знаходимо відповідно до кількості виконавців по кожному етапу за формулою:

$$T_{ц} = \frac{Q}{R \cdot K_{в.н.}}, \quad (4.1)$$

де $T_{ц}$ – тривалість циклу, днів;

Q – трудомісткість робіт, люд.-годин;

R – кількість виконавців, людей;

$K_{в.н.}$ – плановий коефіцієнт виконання норм на відрядження роботах,

$K_{в.н.} = 1,05 \dots 1,1$.

Тривалість виконання НДР та кожного з її етапів наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1- Тривалість етапів НДР

Етап НДР	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість днів
	Людино-днів	% по підсумку	Спеціальність	Кількість людей	
1	2	3	4	5	6
1. Отримання технічного завдання	2	2,4	Ведучий інженер	1	2
2. Огляд літературних джерел	3	3,52	Інженер	1	3
3. Обґрунтування актуальності	3	6,52	Ведучий інженер	1	3
4. Огляд застосування пристроїв голографії	4	7,7	Інженер	1	4
5. Аналіз матеріалів та технологій	4	4,7	Інженер - технолог	1	4
6. Розробка конструкції	6	10,06	Інженер – конструктор	1	9
7. Опис розробленої конструкції пристрою голографії	6	8,06	Інженер – конструктор	1	9

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
8. Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	4	6,7	Інженер - технолог	1	6
9. Дослідження роботи голографічного пристрою	7	8,7	Інженер - технолог	1	10
10. Опис програмного забезпечення	5	4,7	Інженер – проектувальник	1	4
11. Аналіз характеристик отриманих зображень	6	11,76	Ведучий - інженер	1	10
12. Розробка рекомендацій щодо використання голографічного пристрою	10	12,26	Інженер – конструктор	1	10
13. Визначення кошторисної вартості проведення робіт	4	4,7	Консультант з економіки.	1	4

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
14.Розробка питань з охорони праці	4	4,7	Консультант по ОТ	1	4
15. Висновки	3	3,52	Інженер	1	3
Разом	85	100	-	7	85

У ряді випадків важко встановити загальну тривалість робіт. Це пов'язано з елементами невизначеності в процесі виконання більшості робіт. Їх трудомісткість і тривалість залежить від безлічі факторів, передбачити які неможливо. У таких випадках використовують імовірнісні оцінки часу. Ці оцінки зазвичай виражаються в днях і є вихідними для розрахунку очікуваного часу виконання етапу робіт за формулою:

$$t_{\hat{ie}} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (4.2)$$

де $t_{\hat{ie}}$ - очікувана оптимальна оцінка часу виконання роботи, днів;

t_{\min} - мінімально необхідний час на виконання роботи по найбільш сприятливих умов, днів;

t_{\max} - максимальні витрати часу на виконання роботи при несприятливих умовах, днів.

Ступінь правильності визначення $t_{ож}$ перевіряють розрахунком дисперсії (розкиду між мінімальною і максимальною оцінками часу виконання робіт), яка визначається за формулою:

$$\sigma^2(t) = \left(\frac{t_{\max} - t_{\min}}{5}\right)^2 \quad (4.3)$$

Розрахунок $\sigma^2(t)$ и $t_{ож}$ наведений в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Оцінка тривалості і трудомісткості робіт

Етапи НДР	Оцінка часу, днів			Дисперсія	Виконавці	
	min	max	оч		Спеціальність	Кіль- кість людей
1	2	3	4	5	6	7
1. Отримання технічного завдання	1	3	2	0,16	Ведучий інженер	1
2. Огляд літературних джерел	2	4	3	0,16	Інженер	1
3. Обґрунтування актуальності	2	4	3	0,16	Ведучий інженер	1
4. Огляд застосування голографічних пристроїв	3	5	4	0,16	Інженер	1
5. Аналіз технологій	3	5	4	0,16	Інженер - технолог	1
6. Розробка конструкції голографічного пристрою	5	7	6	0,16	Інженер – конструктор	1

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
7. Опис розробленої конструкції голографічного пристрою	5	7	6	0,16	Інженер – конструктор	1
8. Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	3	5	4	0,16	Інженер - технолог	1
9. Дослідження роботи голографічного пристрою	9	11	10	0,16	Інженер - технолог	1
10. Опис програмного забезпечення	3	5	4	0,16	Інженер - проектувальник	1
11. Аналіз характеристик отриманих зображень	3	5	4	0,16	Інженер – конструктор	1
12. Розробка рекомендацій щодо використання голографічного пристрою	3	5	4	0,16	Інженер	1

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
13. Визначення кошторисної вартості проведення робіт	9	11	10	0,16	Консультант з економіки	1
14. Розробка питань з охорони праці	3	5	4	0,16	Інженер	1
15. Висновки	3	5	4	0,16	Інженер – конструктор	1

4.2.1 Складання мережевого графіка

Мережевий графік є інформаційно-динамічною моделлю, в якій зображаються взаємозв'язки і результати всіх робіт, необхідних для досягнення кінцевої мети розробки.

При побудові мережевого графіка використовуються два графічні елементи: роботи і події.

Робота – це процес, що вимагає витрат часу, наявності виконавців і матеріальних ресурсів. На графіку роботи зображаються стрілками.

Подіями називають результати проведення робіт, формулювання події завжди записується в довершеній формі, що не допускає різного тлумачення. На графіці подію зображають колом в якому указують порядковий номер події.

До основних параметрів мережевого графіка відносять: критичний шлях, резерви часу подій і резерви часу робіт. Ці параметри є результатними для аналізу і оптимізації мережі.

Перелік робіт мережного графіка наведені в табл. 4.3. У табл. 4.4 наведені параметри подій з розробки проекту

Таблиця 4.3 – Перелік робіт мережевого графіка

№	Найменування роботи	Код роботи	Тривалість
1	2	3	4
1	Отримання технічного завдання	1-2	2
2	Огляд літературних джерел	2-3	3
3	Обґрунтування актуальності	3-4	3
4	Огляд застосування голографічного пристрою	4-5	4
5	Аналіз технологій	5-6	4
6	Розробка конструкції	5-7	6
7	Опис розробленої конструкції голографічного пристрою	6-8	6
8	Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	7-9	4
9	Дослідження роботи голографічного пристрою	8-10	10
10	Опис програмного забезпечення	9-11	4
11	Аналіз характеристик отриманих зображень	10-12	10
12	Розробка рекомендацій щодо використання голографічного пристрою	11-12	4
13	Визначення кошторисної вартості проведення робіт	14-15	4
14	Розробка питань з охорони праці	15-16	4
15	Висновки	16-17	3

Для заповнення табл. 4.4 необхідно розрахувати наступні дані:

t_i^p - ранній термін настання події;

t_i^n - пізній термін настання події;

R_i – резерв часу події.

Таблиця 4.4 – Параметри подій

Кількість попередніх робіт	Номер події	t_i^p	t_i^n	R_i
0	1	0	0	0
1	2	2	2	0
2	3	5	5	0
3	4	8	8	0
4	5	12	12	0
5	6	16	16	0
6	7	18	30	12
7	8	22	22	0
8	9	22	34	12
9	10	32	32	0
10	11	26	38	12
11	12	42	42	0
12	13	46	46	0
13	14	56	56	0
14	15	60	60	0

Отриманий в результаті аналізу мережевий графік наведений на рис. 4 .1. Розрахунки параметрів робіт і параметри шляхів мережного графіка наведені в табл. 4.5 і 4.6.

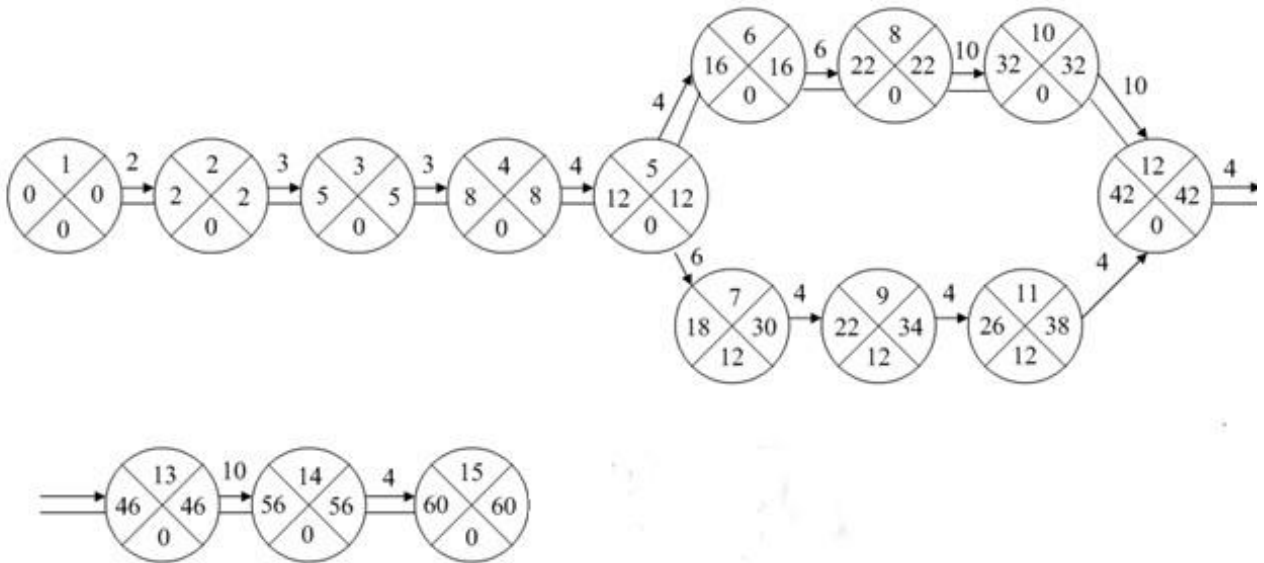


Рисунок 4.1- Мережевий графік плану виконання робіт

Для заповнення табл. 4.5 необхідно розрахувати наступні дані:

- t_{ij} – тривалість виконання роботи $i-j$, днів;
- $t_{рн}$ – ранній термін початку роботи, днів;
- $t_{ро}$ – ранній термін закінчення роботи, днів;
- $t_{пн}$ – пізній термін початку роботи, днів;
- $t_{по}$ – пізній термін закінчення роботи, днів;
- $R_{п}$ – повний резерв часу, днів;
- $R_{в}$ – вільний резерв часу, днів.

Таблиця 4.5 – Параметри робіт

Код роботи	T_{ij}	$T_{рн}$	$t_{пн}$	$t_{ро}$	$T_{по}$	$R_{п}$	$R_{в}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	2	0	0	2	2	0	0
2-3	3	2	2	5	5	0	0
3-4	3	5	5	8	8	0	0
4-5	4	8	8	12	12	0	0

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
5-6	4	12	12	16	16	0	0
5-7	6	12	24	18	30	12	12
6-8	6	16	16	22	22	0	0
7-9	4	18	30	22	34	12	12
8-10	10	22	22	32	32	0	0
9-11	4	22	34	26	38	12	12
10-12	10	32	32	42	42	0	0
11-12	4	26	38	30	42	12	12
12-13	4	42	42	46	46	0	0
13-14	10	46	46	56	56	0	0
14-15	4	56	56	60	60	0	0

Таблиця 4.6—Параметри шляхів

Номер шляху	Номер події	Довжина шляху	Резерв шляху	$K_{нi}$
1	1-2-3-4-5-6-8-10-12-13-14-15	60	0	1
2	1-2-3-4-5-7-9-11-12-13-14-15	55	36	0.53

Розрахунок коефіцієнта навантаження:

$$K_{нi} = \frac{Li - Li_{ki}}{Li_{q} - Li_{ki}}$$

$$K_{н1} = \frac{55 - 41}{67 - 41} = 0.53$$

В даному випадку згідно з розрахунками таблиці критичним є шлях № 1. Мінімізували виконання робіт на 18 днів.

4.3 Визначення витрат на розробку голографічного пристрою

Для визначення витрат на розробку програми складають калькуляцію кошторисної вартості робіт, що включає статті:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальне страхування і до інших фондів;
- матеріали і комплектуючі вироби (за вирахуванням вартості зворотніх відходів);
- витрати на відрядження;
- витрати на спеціальне устаткування;
- вартість послуг сторонніх організацій;
- інші прямі витрати;
- накладні витрати;
- плановий прибуток.

4.3.1 Розрахунок заробітної плати

Розрахуємо заробітну плату всіх категорій працівників, які безпосередньо зайняті в процесі проведення всіх етапів НДР. Сума заробітної плати розраховується на основі зайнятості виконавців по окремих етапах робіт і середньоденного заробітку для кожної категорії персоналу. Результати розрахунку занесені в табл. 4.11. Кошторис НДР наведено в табл. 4.12.

Сума з основної заробітної плати становить 25553грн. Додаткова плата приймається 12% від основної заробітної плати, що становить 3066,36грн. Підсумкова сума заробітної плати 28619,25.

Відрахування на соціальне страхування -37%

$$ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,37 = 18327,95 \cdot 0,37 = 10589,12 \text{ грн}$$

$$P_{\text{накл}} = З_{\text{осн}} \cdot Н_{\text{накл.}} = 25553 \cdot 1 = 25553 \text{ грн}$$

Таблиця 4.7 – Заробітна плата

Посада виконавців	Кількість людей	Місячний оклад, грн.	Зайнятість, днів	Середньоденна зарплата, грн.	Сумарна зарплата, грн.
1	2	3	4	5	6
Ведучий інженер	1	6000	36	200	7200
Інженер	1	4700	20	156	3100
Інженер - технолог	1	5200	20	175,5	3510
Інженер – конструктор	1	5500	27	200	5400
Інженер – проектувальник	1	4900	18	195	3510
Консультант з економіки	1	4300	10	143,3	1433
Консультант з охорони праці	1	4200	10	140	1400
Разом	7	-	-	-	25553

Таблиця 4.8 – Кошторис затрат на виконання НДР

Стаття затрат	Сума, грн.	Структура, %
Матеріали	4664,1	9,45
Основна заробітна плата	25553	33,15
Додаткова заробітна плата	1963,71	3,97
Витрати на енергоресурси	196,83	0,39
Відрахування в єдиний соціальний фонд	10589,12	13,74
Витрати на амортизацію	3017,15	6,11
Накладні витрати	25553	33,15
Разом	71536,91	100

4.3.2 Визначення витрат на матеріали

У цю статтю включають вартість основних і допоміжних матеріалів, напівфабрикатів, що купуються, і комплектуючих виробів. Транспортно-заготовчі витрати приймають рівними 3-10% від вартості матеріалів.

Вихідні дані і розрахунок вартості матеріалів занесемо в табл. 4.9.

4.3.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Для розрахунку витрат на електроенергію використовуємо формулу:

$$E = \frac{P_y \cdot \Phi_{ef} \cdot K_e \cdot C_e}{KKД}, \quad (4.4)$$

де:

P_y - встановлена потужність енергетичних струмоприймачів обладнання, кВт;

Φ_{ef} - ефективний фонд часу роботи даного виду обладнання, год;

K_g - Коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу (0,8);

C_e - Ціна 1кВт год електроенергії (1,8 грн. (3 ПДВ));

ККД = 0,8.

$$E = \frac{0.45 \cdot 240 \cdot 0.8 \cdot 1.8}{0.8} + \frac{0.01 \cdot 400 \cdot 0.8 \cdot 1.8}{0.8} = 201.6 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрати електроенергії приведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на матеріали

Матеріали	Одиниця Виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Планшет Huawei MediaPad T3 10 WiFi Grey	Шт	1	3950	3950
Оргскло 1200x600x2 призма	Лист	1	234	234
Супер клей гелевий Mannol 9822	Шт	1	22	22
Разом				4206
Транспортно-підготовчі роботи 5%				210,3
Разом матеріальних затрат				4416,3

Таблиця 4.10 – Розрахунок вартості енергоресурсів

Найменування обладнання	Вид енерго-ресурсів	Установлена потужність, P_u , кВт	Тривалість використання $\Phi_{\text{эф}}$, ч.	Тариф, за кВт час, грн.	Вартість енерго-ресурсів, грн.
Комп'ютер	Е/енергія	0,45	240	1,8	194,4
Планшет	Е/енергія	0,01	400		7,2
Разом					201,6

4.3.4 Розрахунок вартості спецобладнання

До спеціального обладнання належить таке обладнання, яке використовується тільки для проведення окремої дослідницької роботи. Вартість спеціального обладнання для проведення НДР визначають на підставі їх кількості, цін по прейскурантах. Результати розрахунку занесені в табл. 4.11. Результати розрахунку амортизаційних відрахувань наведень в табл. 4.12.

Таблиця 4.11 – Розрахунок вартості спецобладнання

Обладнання	Кількість на тему	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
Комп'ютер	1	9000	9000
Принтер	1	2500	2500
Разом			11500
Транспортно-підготовчі роботи 5%			575
Разом			12075

Таблиця 4.12 – Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %.	Зайнятість обладнання, год.	Ефективний річний фонд часу, год.	Сума, грн.
Комп'ютер	9000	50	1608	1860	4500
Принтер	2500	50	1608		1250
Разом					5750

4.4 Розрахунок економічної ефективності НДР

Для теоретичних досліджень в більшості випадків важко або навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їх техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників: значимість дослідження для промисловості; складність розробки.

Значимість теоретичного дослідження оцінюють за його призначенням: вирішення проблемних питань; пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень тощо.

Складність виконання роботи визначають порівнянням отриманих результатів цього дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з урахуванням фінансових і трудових витрат на їх проведення.

Результативність проекту можна визначити по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає плановому, задовільний (часткове вирішення) або негативний.

Аналіз залежності між цими показниками і витратами на їх досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичного дослідження за формулою:

$$K = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B \cdot t}, \quad (4.5)$$

де K – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності проекту);

J – значущість роботи;

R – результативність проекту;

T – технічна складність виконання проекту;

B – витрати на проведення дослідження, грн.;

t – час, витрачений на проведення дослідження, років;

n – показник використання результатів дослідження:

$n = 0$ – результат дослідження не використовується;

$n = 1$ – результати дослідження використовуються частково;

$n = 2$ – результат використовуються в дослідницько-конструкторських роботах;

$n = 3$ – результати можуть бути використані без проведення дослідно-конструкторських робіт.

Правильно працюючий криптографічний алгоритм дозволяє запобігти велику кількість атак і розкрадання інформації, тому значущість роботи вибираємо $= 2$; результативність $= 3$; технічна складність $= 2$; час, витрачений на проведення дослідження, років $t = 0,23$, а вартість НДР склала 51 тис. грн., $n = 2$ – результат використовуються в дослідницько-конструкторських роботах.

$$K = \frac{2^2 \cdot 3 \cdot 2}{42,3 \cdot 0,23} = 2,4;$$

при значенні $K \geq 1$ дослідна робота є ефективною.

4.5 Розрахунок планового прибутку

Мінімальна величина прибутку повинна забезпечувати внесення до державного і місцевих бюджетів необхідних платежів і утворення фондів економічного стимулювання організації. Величина планового прибутку визначається при продажі розробці програмного продукту стороннім організаціям.

Результати визначення витрат на розробку програми зводять в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Калькуляція кошторисної вартості робіт по розробці програми

Найменування статей витрат	Сума, грн.	Питома вага до підсумку, %
1	2	3
1. Основна заробітна плата	25553	43,56
2. Додаткова заробітна плата	3066,36	5,23
3. Відрахування на соціальне страхування і до інших фондів	10589,12	18,05
4. Матеріали і комплектуючі вироби (за вирахуванням вартості відходів)	4416,3	7,53
5. Витрати на спеціальне устаткування	12075	20,58
6. Вартість послуг сторонніх організацій	201,6	0,34
7. Інші прямі витрати	200	0,35
8. Накладні витрати	2555,3	4,36
Разом	58656,68	100

Таким чином, нами було проведене економічне обґрунтування науково-дослідницької роботи за темою магістерської роботи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В магістерській роботі розглядаються методи та засоби побудови голографічних зображень. Основним виконавцем цього виду робіт є інженер-конструктор радіоелектроніки.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в приміщенні обчислювального центру (ОЦ) можна виділити такі небезпечні фізичні та шкідливі виробничі фактори [26]:

- а) знижена або підвищена температура повітря;
- б) підвищена або знижена вологість повітря;
- в) підвищене значення напруги в електричному колі, замикання через тіло людини;
- г) відсутність або нестача природного світла;
- д) недостатня освітленість робочої зони;
- е) знижена контрастність.

При дослідженні методів побудови голографічних зображень на інженерів, що працюють на ПК, постійно або періодично діють наступні небезпечні і шкідливі фактори:

- а) забруднення повітря шкідливими речовинами, пилом;
- б) невідповідність нормам параметрів мікроклімату;
- в) виникнення на екрані монітора статичних зарядів, які змушують частки пилу рухатися до найближчого заземленого предмету, часто їм виявляється особа оператора;
- г) широкий спектр випромінювання від дисплея;

- д) підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- е) підвищений рівень іонізуючих випромінювань (м'яке рентгенівське, гамма-випромінювання);
- є) відсутність або нестача природного освітлення;
- ж) недостатня освітленість робочої зони;
- з) підвищена яскравість світла;
- і) знижена контрастність;
- к) підвищена пульсація світлового потоку (мерехтіння);
- л) тривале перебування в тому ж положенні, і повторення тих же рухів призводить до синдрому тривалих статичних навантажень (СДСН);
- м) невідповідність ергономічних характеристик обладнання нормованим величинам;
- н) розумове перенапруження, обумовлене характером вирішуваних завдань, призводить до синдрому тривалих психологічних навантажень (СТПН);
- о) великий обсяг інформації, що обробляється, призводить до значних навантажень на органи зору;
- п) монотонність роботи;
- р) нервово-психічні навантаження;
- с) нервово-емоційні стресові навантаження.

При роботі на ПК органи зору користувача витримують більше навантаження, причому характер праці є постійно напруженим. Це призводить до порушення функціонального стану зорового аналізатора і центральної нервової системи.

Причинами порушення функціонального стану зорового аналізатора є:

- а) постійні переадаптації органів зору в умовах наявності в полі зору фону різної яскравості;
- б) недостатня чіткість і контрастність зображення на екрані;
- в) постійні миготіння яскравості;

- г) велика різниця між яскравістю робочої поверхні і яскравістю навколишніх предметів;
- д) наявність рівновіддалених предметів;
- е) невисока якість вихідної інформації на папері;
- є) нерівномірна і недостатня освітленість на робочому місці.

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

Заходи з техніки безпеки - це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючі небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Відповідно до класифікації приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность», приміщення, в якому розташований ОЦ, відноситься до категорії приміщень без підвищеної небезпеки, тому відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35 °С, відсутня хімічно агресивне середовище.

Робочі місця інженерів відповідають ГОСТ 12.2.003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности" та ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность». Складові частини виробничого обладнання (у тому числі кабелі, проводи та ін.) виконані з таким розрахунком, щоб виключити можливість їх випадкового пошкодження, що викликає небезпеку. Конструкцією виробничого обладнання передбачений захист від ураження електричним струмом. Для доступу до струмоведучих частин при ремонті або огляді необхідно розкрутити гвинти і зняти кришку. Металеві частини виробничого обладнання, які можуть внаслідок пошкодження ізоляції опинитися під електричною напругою небезпечної величини, заземлені або обнулені. Провідники обнулення обрані так, щоб при замиканні на корпус або на нульовий провід виникав струм короткого замикання, сила якого

перевищує не менше ніж у три рази номінальну силу струму плавкої вставки найближчого запобіжника або розімкача автоматичного вимикача. На підприємстві забезпечується безперервність нульового проводу. Всі з'єднання нульового проводу виконані зварюванням, а приєднання до корпусів обладнання болтові. Опір заземлювального пристрою, не перевищує 4 Ом при напрузі 380 ... 220 В.

Дисплей комп'ютера здатний накопичувати статичний заряд. Небезпека зарядів статичної електрики проявляється в можливості виникнення електричних зарядів в просторі, впливі на обслуговуючий персонал і порушенні нормального ходу робочого процесу. Виникнення електричних розрядів може стати причиною займання суміші повітря з парами або пилом. Вплив статичної електрики на обслуговуючий персонал позначається в розрядах статичних зарядів через людину і впливі електростатичного поля. Безпосередньо струм розряду не небезпечний, тому що час його протікання через тіло людини малий (так само кілька мілісекунд). Такі короткочасні імпульси можуть викликати електричні удари, що супроводжуються болючим уколом, що призводять до переляку.

Для зниження рівня статичної електрики передбачено екранування джерела статичної електрики (монітора) захисним екраном і заземлення екрана згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

У схемі електричних ланцюгів передбачено пристрій, централізовано відключає від мережі живлення все електричні ланцюги. У відділі всі мережеві розетки мають написи зі значенням напруги і застережливий знак.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом в приміщенні обчислювального центру є:

- а) забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику;
- б) електричне поділ мережі;
- в) усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- г) застосування малих напруг;
- д) захист від випадкового дотику до струмоведучих частин застосуванням кожухів, огорожень, подвійної ізоляції;
- е) захист від небезпеки при переході напруги з вищої сторони на нижчу;
- ж) контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- з) компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- и) застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і запобіжних пристроїв;
- к) організація безпечної експлуатації електроустановок.

Устаткування і організація робочого місця працюючих з ПК повинні забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності (ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартів безпеки праці. Робоче місце при виконанні робіт сидя. Загальні ергономічні вимоги», ГОСТ 22.269-76 «Система "людина-машина". Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця. Загальні ергономічні вимоги», ГОСТ 21.889-76 «Система "людина-машина" Крісло людини-оператора. Загальні ергономічні вимоги»).

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця з ПК потрібно так

розташовувати відносно світових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

При розміщенні робочих столів з ПК потрібно дотримуватися відстані між бічними поверхнями ПК в 1,2 м, відстань від задньої поверхні одного ПК до екрана іншого ПК - 2,5 м. Конструкція робочого столу повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Для нормальної експлуатації машин електронної та обчислювальної техніки і високопродуктивної праці робітників та інженерно-технічного персоналу в процесі проектування пристрою передбачений наступний комплекс заходів [27]:

- а) оздоровлення повітряного середовища;
- б) застосування оптимального освітлення;
- в) створення оптимальних умов праці на робочому місці;
- г) зниження психоемоційного та фізичного навантаження.

Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря приміщення, в якому розташований ОЦ, відповідає вимогам ГОСТ 12.1.005-88. У приміщенні застосована система кондиціонування, а також регулярно проводиться провітрювання. У приміщенні регулярно здійснюється вологе прибирання.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 в приміщенні застосований змішаний тип освітлення, що відповідає II-III-му розряду зорової роботи. У якості штучного джерела освітлення застосовані лампи денного світла, які разом зі світильниками вмонтовані в стелю. У світлий час доби в основному застосовується природне освітлення, яке забезпечується наявністю вікон. При необхідності (захист від

прямих сонячних променів), вікна закривають жалюзі. Увечері або в похмуру погоду персонал використовує штучне освітлення.

Правильна організація робочого місця - створення на робочому місці необхідних умов для продуктивної роботи і виконання роботи високої якості, при найбільш повному використанні обладнання, малих розтратах фізичної та емоційної енергії працівника, підвищення змістовності та привабливості роботи, збереження здоров'я працюючих.

При розміщенні обладнання витримуються необхідні проміжки між обладнанням, відстані від стін, які забезпечують свободу пересування людей, зручність виконання робіт і безпеку працюючих. Робочі місця операторів ПК, а так само ділянки підготовки технічних носіїв інформації розташовані в ряди. Розташування місць може бути дворядним, трирядним, чотирирядним, а також прямим і поперечним.

Організація робочого місця на кожній має свої специфічні особливості, які залежать від моделі машини, методу роботи на ній, характеру виконуваної роботи, кваліфікації оператора і т.п. З точки зору специфіки машини, робоче місце організують так, щоб використовувати раціональні прийоми роботи і експлуатації машини при меншій кількості рухів оператора і зручному поводженні з обробленим матеріалом.

На організацію роботи впливає конструкція і параметри основного та допоміжного обладнання, які відповідають вимогам ергономіки: оптимальному розподілу функцій в системі людина - машина. Конструкція обладнання відповідає антропометричним і психофізіологічним даним організму працюючого. Витримані допустимі параметри санітарно-гігієнічних умов праці, а також безпеки експлуатаційного обладнання.

Конструкція робочого столу забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання, враховуючи його масогабаритні і конструктивні особливості.

Висота робочої поверхні столу регулюється в межах 680-800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу складає 725 мм. Модульними розмірами робочої поверхні столу для ПК, розраховуються конструктивні розміри, слід вважати: ширину 800, 1000, 1200, 1400 мм, глибину 800 і 1000 мм при нерегульованій його висоті, що дорівнює 725 мм.

Робоче місце обладнане підставкою для ніг, має ширину не менше 300 мм, глибину не менше 400 мм, регулювання по висоті в межах до 150 мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 200. Підставка має рифлену поверхню.

Конструкція робочого стільця (крісла) підтримує раціональну робочу позу при роботі з ПК, дозволяє змінювати позу з метою зниження статистичного напруження м'язів шийно-плечової області та спини для попередження втомлюваності. Робочий стілець (крісло) є підйомно-поворотним і регульованим по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки, а також відстані від переднього краю сидіння.

Конструкція стільця повинна забезпечувати максимум результатів праці. Досягти цього можна, лише освоївши раціональні методи і прийоми праці на робочому місці. Тільки вони дозволяють виконати задану роботу якісно, в мінімальні терміни і без зайвої напруги.

Специфіка роботи таких працівників полягає в великих зорових навантаженнях разом з маленькою активністю, монотонністю виконаних операцій, вимушеної робочої позою. Ці фактори негативно відбиваються на самопочутті працюючого.

При організації робочого місця дуже важливим фактором є робоча поза працівника, тобто положення його корпусу, голови, рук і ніг по відношенню до

знарядь праці. Якщо працівник працює сидячи, йому необхідно забезпечити правильну і зручну посадку, яка досягається пристроєм опори для спини, рук, ніг, правильною конструкцією сидіння, яке сприяє рівномірному розподілу маси тіла.

Всі матеріальні елементи робочого столу ділять на предмети постійного, тимчасового користування і з урахуванням цього розташовують у видатному порядку на місцях постійного зберігання, це економить трудові рухи і сили працюючого.

Клавіатуру комп'ютера краще розташовувати на відстані 10-15 мм від краю столу, тоді зап'ястя рук будуть спиратися на стіл. Бажано придбати спеціальну підставку під зап'ястя, що, як стверджують медики, допоможе уникнути хвороби кистей.

Для ефективного використання маніпулятора типу «миша» застосовується спеціальний «килимоч» - планшет. Килимоч - планшет задовольняє основним критеріям: по-перше, добре тримається на поверхні столу, по-друге, матеріал верхньої поверхні планшета забезпечує вільне ковзання миші.

Введення текстової інформації з клавіатури полегшують підставки для документів. Вони можуть або кріпитися до монітора, або встановлюватися безпосередньо на столі. Багато підставок оснащені лінійками для виділення рядку, що набирається.

Інструмент, обладнання та предмети праці знаходяться на відстані 560-750 мм на рівні рук працівника, так їх використання не призводить до зайвих рухомих нахилів. Важливим елементом раціонального планування робочого місця є облік індивідуальних антропометричних психофізіологічних даних працюючого.

Робочі місця обладнані відповідними меблями та інвентарем, які відповідають найбільш комфортабельним умовам роботи і вимогам фізіології, психології та естетики.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежі на підприємстві є небезпечними, так як пов'язані з матеріальними втратами. Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища.

Найбільш частими причинами пожеж є наступні:

- а) порушення режимних вимог;
- б) необережне поводження з вогнем;
- г) вибухи пар, газів і пилу;
- д) порушення технологічних інструкцій;
- е) самозаймання;
- ж) розряди статичної та атмосферної електрики;
- с) несправність і неправильна експлуатація обладнання.

Пожежна небезпека електричних установок, різних приладів, радіоелектронної апаратури, апаратури управління пов'язана із застосуванням горючих матеріалів, таких як гума, пластмаси та ін.

Джерелами запалення можуть коротке замикання, перевантаження проводів, перегріті опірні поверхні, несправність апаратури. Окислювачем, як правило, служить кисень. Для електронних пристроїв характерно часта поява джерел відкритого вогню при коротких замиканнях, пробоях і перевантаженнях. Однак потужність і тривалість дії цих джерел запалювання порівняно малі, тому горіння, як правило, не розвивається. Виникнення пожежі в електронних пристроях можливе, якщо застосовуються горючі і важко горючі матеріали та вироби.

У сучасних ЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, комутаційні кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна

кількість теплоти, що може привести до підвищення температури окремих вузлів до 80...100 °С. При цьому можливо оплавлення ізоляції сполучних проводів, їх оголення і як наслідок коротке замикання, яке супроводжується іскрінням, веде до неприпустимих перевантажень елементів елементарних схем. Останні, перегріваючи, згоряють з розкиданням іскор, що може призвести до пожежі.

Усі працівники при прийнятті на роботу та щорічно за місцем роботи проходять інструктажі з питань пожежної безпеки.

Одним із важливих заходів щодо пожежної безпеки є установка в приміщенні ОЦ пожежної сигналізації. Вона дає можливість швидко погасити вогнище загоряння. У приміщенні встановлені променеві електричні системи сигналізації ЕРС типу ТОЛ 10/100 на 10-100 променів. У якості сповіщувачів застосовані теплові і димові сповіщувачі типу КД-1.

Для гасіння осередків займання в приміщенні знаходяться два вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5 об'ємом 5 л і один порошковий вогнегасник ВП-10 об'ємом 10 л. Даний тип вогнегасників рекомендується застосовувати для гасіння пожеж в замкнутому просторі, при невеликих розмірах вогнища горіння, для гасіння електроустановок.

Для горючих і легкозаймистих відходів передбачена установка спеціальної тари.

При виявленні диму або запаху горілої ізоляції негайно знімається напруга живлення і вживаються заходи щодо виявлення та усунення причин і наслідків несправностей.

Будівля, в якому розташована ділянка ВЦ, по вибухо- і пожежобезпеці відноситься до категорії "В" і відповідає СніП II-2-80 "Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений".

При проектуванні нових і реконструкції старих будівель необхідно дотримуватися заходів пожежної профілактики.

Виконання всіх заходів, розроблених в даному розділі забезпечує дотримання всіх норм охорони праці, електро- та пожежобезпечність при монтажі розробленого виробу.

5.5 Заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях

Радіоактивне випромінювання, що утворюється безпосередньо при ядерному вибуху, називається проникаючою радіацією (ПР) [28].

ПР є потік гамма променів і нейтронів із зони ядерного вибуху. Час дії ПР не перевищує 10...15 секунд з моменту вибуху. Її вплив на виробничу діяльність підприємств проявляється через дію, головним чином, на людей, а також на матеріали і прилади, чутливі до радіації.

Ядерні випромінювання, іонізуючи молекули живих тканин, надають шкідливий біологічну дію на людину, які призводять до порушення життєвих функцій окремих органів і систем і до розвитку в організмі променевої хвороби.

Поразка людей ПР залежить від дози радіації. Загальна доза ПР визначається сумою дози гамма-випромінювання і дози нейтронів. Однак проникаюче дію ПР визначається в більшості випадків дією гамма променів, так як на однаковій відстані від центру вибуху доза гамма-випромінювання зазвичай в кілька разів перевищує дозу нейтронів.

Доза радіації значно залежить від щільності повітря. Щільність повітря влітку (або в горах) менше, ніж взимку. Через це влітку (або в горах) доза ПР буде більше, ніж взимку на одному і тому ж відстані від центру вибуху.

Дія ПР на матеріали і обладнання залежить в основному від виду випромінювань, дози радіації, природи випромінюючої речовини і умов навколишнього середовища. Найбільш схильні до дії ПР електронне обладнання, в тому числі ПК, оптичні прилади, фотоплівки.

В матеріалах і елементах електронної техніки, в розробленому джерелі живлення при короткочасному впливі ПР виникає тимчасові (оборотні) і залишкові (необоротні) зміни електричних параметрів. Гамма промені викликають зазвичай тимчасові зміни, а нейтрони - залишкові.

Під дією гамма-випромінювання погіршуються також діелектричні властивості ізоляційних матеріалів, виникає струм витоку.

Радіоелектронна апаратура та комплектуючі елементи електронної техніки можуть виходити з ладу при потоці нейтронів порядку 10^{13} Н / см², потужності дози гамма-випромінювання 10^7 Г / с і дозі 10^6 Р.

Захистом від ПР служать перешкоди і укриття з різних матеріалів, що ослабляють потік гамма променів і нейтронів. Ступінь ослаблення залежить від властивостей матеріалів і товщини захисного шару.

Ефективність захисту від радіації характеризується коефіцієнтом ослаблення радіації. Захисні споруди ГО надійно забезпечують захист людей від ПР.

На об'єктах, оснащених електронною, електротехнічною та оптичною апаратурою, передбачені заходи для захисту апаратури від впливу ПР. Підвищення радіаційної стійкості досягнуто шляхом:

- застосування радіаційно-стійких матеріалів і елементів;
- створення схем, малокритичних до змін електричних параметрів елементів, які компенсують і відводять додаткові струми, що відключають окремі блоки і елементи на період дії ПР;
- збільшення відстаней між елементами, що знаходяться під електричним навантаженням, знижуючи робочі напруги на них;
- регулювання теплових, електричних та інших навантажень;
- застосування різного роду заливок, не проводять струм при опроміненні;

- розміщення на об'єктах спеціальних захисних екранів і використання елементів конструкцій об'єкта для ослаблення дій іонізуючих випромінювань на менш радіаційно-стійкі деталі.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи було розглянуто основи голографічного методу запису та відтворення інформації з точки зору хвильової і фізичної оптики.

Розглянуто класичні та сучасні схеми для створення голографічних зображень, такі як схеми Габора, Денисюка та Лейта-Упатткієса тощо.

Вивчено основні технології отримання тривимірних зображень: технологія стереопар, голографії, псевдоголографії.

Проаналізовано сучасний стан голографічних систем та пристроїв, визначено недоліки та переваги пристроїв, що засновані на використанні різних фізичних ефектів.

Був спроектований і зібраний експериментальний зразок голографічної піраміди. Проведено аналіз програмного забезпечення, що може використовуватись для побудови голографічних зображень, призначеного для роботи з ПК та у вигляді мобільних додатків.

Було досліджено вплив виду та товщини матеріалу голографічної піраміди на якість зображення.

Розглянуто та проаналізовано програмне забезпечення для ПК та мобільних додатків, що дозволяють створювати відеофайли та 3D-анімацію.

Розглянуто можливість застосування голографічної піраміди В освітньому процесі для практичних проєктів. Це може бути практичне або лабораторне заняття, метою якого є розробка моделей-прототипів голографічного представлення – інформаційного контенту, цифрових 3D-моделей, для представлення на голографічній піраміді. Запропоновано план роботи для виконання практичного проєкту зі створення моделей побутових електронних пристроїв.

Наведено економічне обґрунтування магістерської роботи. Проведений розрахунок економічної доцільності проведення науково-дослідних робіт за напрямком створення голографічних зображень є економічно виправданим.

Запропоновано заходи з охорони праці при проведенні проектних робіт зі створення пристроїв для голографічного відображення інформації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Перминов А.В., Файзрахманова И.С. Прикладная голография. Курс лекций. – Пермь, 2017. – 90 с.
2. Дуденкова В.В. Оптическая голография:-Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. –55 с.
3. Островский Ю.И., Бутусов М.М., Островская Г.В. Голографическая интерферометрия. - М.: Наука. 1977. - 339 с.
4. Вест Ч. Голографическая интерферометрия. - М.: Мир. 1982.
5. Оптическая голография / Под ред. Колфилда Г. - М.: Мир. 1982. - т.1.
6. Клименко И.С. Голография сфокусированных изображений и спектр-интерферометрия. - М.: Наука. 1985. - 222 с.
7. Островский Ю.И. Спектры. В кн.: Физическая энциклопедия. М.: БРЭ. 1994. т.4. - с. 604-605.
8. Lloyd Huff. Holography and holographic instruments. [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.photonics..ugent.be/inteceducation/IVPV/res_handbook/v2ch23.pdf
9. M. Andrulėvičius. Methods and Applications of Optical Holography. Materials science (medžiagotyra). - Vol. 17, No. 4, 2011. – 371-377
10. Технологии экранов псевдоголографии // Времена гиков [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/158231>.
11. Leonid Yaroslavsky Digital Holography and Digital Image Processing: Principles, Methods, Algorithms. – ISBN: 1475749880 изд. Springer Science & Business Media, 2013.
12. Голографический проектор для телефона./ Агамамедов Э.Г., Гостева Т.А. // Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспектив-2016», посвящённой

Году образования в Содружестве Независимых Государств Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г. Красноярск, 2016. - с.4. – 7

13. Lekner, J (1987). Theory of Reflection, of Electromagnetic and Particle Waves. New York City: Springer. p256-282.
14. How Does Holographic Projection Work? Maria-Isabella Neverovich. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://hypervsn.com/blog/How-Does-Holographic-Projection-Work.html>
15. Борисенко Д. В. Использование инновационных голографических технологий при подготовке инженеров-дизайнеров. Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2014». Секция Педагогическое образование и образовательные технологии / Отв. Ред. А. И. Андреев, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. Москва.: МАКС Пресс, 2014. С. 1-3. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2014/2609/2200_67093_7abb8f.pdf
16. Jyh-Herng Chen, Chin-Tien Yang, Chao-Hui Huang, Ming-Fang Hsu, Tzuan-Ren Jeng. Study of Optical Properties of Glass-Like Polymer Material for Blue Laser Holographic Optic Data Storage Recording. IEEE - Transactions on Magnetics 45 (5) May 2009.
17. В.П. Рябухо. Радужные голограммы. Физическое образование в вузах. 2003. Т.9. Вып.4.- С.88-99.
18. J Svoboda¹, M Škřeň, M Květoň and P Fiala. Holographic 3D imaging – methods and applications. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/415/1/012051>

19. Multicolor holography technology could enable extremely compact 3D displays [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/01/190124141544.htm>
- 20.11 Best hologram apps for Android & iOS [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://freeappsforme.com/hologram-apps/>
21. Методика оцінки ефективності науково-дослідних робіт. Укл. В.А.Карпов, Т.С.Корольова, А.З.Підгорний, - Одеса: ОДЕУ, ротاپронт, 2005 р. – 19 с
22. Кодекс цивільного захисту України станом на 06.12.2012 р: (Відповідає офіц. Текстові) – К.: Алерта, 2012. – 120 с.
23. Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань: Закон України від 14.01.1998 р. – К., 1998.