НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

«На правах рукопису»
УДК 520.224, 681.7.062.43:004.42

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри ВП
_____ В.В. Шевченко

«___»_____2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп`ютерно-інтегровані технології

на тему: «Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування»

Виконав : студент ІІ курсу, групи ПБ-71мн

Козловський Андрій Геннадійович

Науковий керівник доцент, к.т.н Безуглий М. О.

Консультант стартап-проекту к.е.н., доцент Бояринова К.О

Рецензент д.т.н., проф. Коробко І.В.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.О. завідувача кафедри ВП
_____ Шевченко В.В.

"___"_____2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Козловському Андрію Геннадійовичу

1. Тема дисертації «Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування», науковий керівник дисертації Безуглий Михайло Олександрович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «18» 03 2019 р. № 914-с

2. Термін подання студентом дисертації_____.

3. Об'єкт дослідження: Конструкторська документація сферичного рефлектора як базової складової одиниці оптичного фотометра.

4. Предмет дослідження: засоби автоматизованого проектування із впровадженням засад принципу науковості.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

I. Дослідити ключові аспекти параметризації сферичних рефлекторів.

II. Визначити засади створення конструкторської документації.

III. Провести аналіз семи видів забезпечення САПР для створеного програмного продукту.

IV. Розробити стартап-проект програмного забезпечення для створення конструкторської документації сферичного рефлектора.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

Додаток Б.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

Додаток Г.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О., к.е.н., доцент кафедри менеджменту		

9. Дата видачі завдання « 11 » 03 2019р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітки
1	Формування детальних цілей виконання магістерської дисертації на основі аналізу проблематики існуючих CAD систем	18.03.2019 р.	
2	Провести опис засад створення КД та дослідити особливості виготовлення стероїдного рефлектора згідно з вимогами застосування в оптиці як галузі приладобудування	25.03.2019 р.	
3	Побудова повноцінної математичної моделей програми створення КД	8.04.2019 р.	
4	Розроблення програми за математичною моделлю та її оптимізація	22.04.2019 р.	
5	Розробка стартап-проекту	29.04.2019 р.	
6	Оформлення пояснювальної записки	06.05.2019 р.	

Студент _____ А. Г. Козловський

Науковий керівник дисертації _____ М. О. Безуглий

РЕФЕРАТ

Темою представленої магістерської дисертації є «Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування».

Обсяг даної представленої дисертації наступний: 108 сторінки, 35 малюнків, 24 таблиці, 18 формул та 77 опрацьованих літературних джерел.

У представленій магістерській дисертації розглянуто засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування, що включають в себе використання принципів науковості, сучасних програмних можливостей та функціоналів та засад засобів автоматизованого проектування.

Зміст пояснювальної записки представлений у чотирьох незалежних розділах як ключові аспекти параметризації сферичних рефлекторів, засади створення конструкторської документації, види забезпечення САПР як ключовий аналіз програмного продукту та, власне, розроблення стартап-проекту «S-CAD» («Self-CAD»).

В процесі виконання даної магістерської дисертації було проведено аналіз проблематики виготовлення конструкторської документації сферичного рефлектора із використанням існуючих методів та програмних середовищ, покращено продуктивність процесу виконання конструкторських робіт, пов’язаних з оформленням креслень в напівавтоматичному режимі, скорочено затрати часу на оформлення різних видів конструкторських документацій з використанням наукових засад та сучасних можливостей засобів автоматизованого проектування. На основі дієвої математичної моделі було розроблено програмний продукт, що є ефективним середовищем створення конструкторської документації.

Ключові слова: КОНСТРУКТОРСЬКА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ПРИНЦИПИ НАУКОВОСТІ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СФЕРИЧНИЙ РЕФЛЕКТОР.

ABSTRACT

The theme of the submitted master's dissertation is "Principles of creation of design documentation of a spherical reflector by means of automated designing".

The volume of this presented dissertation is as follows: 108 pages, 35 drawings, 24 tables, 18 formulas and 77 references.

In the submitted master's dissertation the principles of creation of design documentation of a spherical reflector by means of automated design are considered, which include the use of scientific principles, modern software capabilities and functionalities and principles of automated designing.

The contents of the explanatory memorandum are presented in four independent sections as key aspects of parameterization of spherical reflectors, the basics of creating design documentation, types of CAD provision as a key analysis of a software product, and, in fact, the development of a S-CAD project ("Self-CAD").

During the implementation of this master's dissertation, the analysis of the design of the design documentation of the spherical reflector was carried out using existing methods and software environments, the productivity of the process of implementation of design work associated with the drawing of drawings in semi-automatic mode was reduced, the time spent on the design of various types of design documentation from using scientific principles and modern facilities of automated designing. On the basis of an effective mathematical model, a software product was developed that is an effective environment for creating design documentation.

Keywords: DESIGN DOCUMENTATION, PRINCIPLES OF THE SCIENCE, SOFTWARE, SPHERICAL REFLECTOR.

ЗМІСТ стор.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ 8
ВСТУП.....9
1. Ключові аспекти параметризації сферичних рефлекторів 12
1.1. Поняття «сферичний рефлектор».....12
1.2. Призначення сферичних рефлекторів.....16
1.3. Геометричні характеристики сферичних рефлекторів.....17
1.4. Особливості сферичних рефлекторів.....22
1.5. Властивості сферичних рефлекторів 26
1.6. Напрямки застосування сферичних рефлекторів 27
1.7. Роль сферичних рефлекторів у фотометрії 30
1.8. Переваги використання приладів зі сферичними рефлекторами....31
1.9. Вимоги до застосування сферичних рефлекторів 34
1.10. Дослідження особливостей абераційного аналізу рефлекторів 36
Висновки до розділу 37
2. Засади створення конструкторської документації.....38
2.1. Аналіз проблематики існуючих програмних засобів 38
2.2. Пошук недоліків у існуючих програмних засобах щодо створення конструкторської документації.....39
2.3. Обґрунтування «застарілості» програмних засобів.....40
2.4. Вимоги до конструкторських програмних засобів.....42
2.5. Моделювання характеристик та функціоналу програми 43
2.6. Нормативні стандарти щодо конструкторських документів.....44
2.7. Впровадження принципів науковості 45
2.8. Використання сучасних можливостей автоматизованого проектування для створення конструкторської документації.....46
2.9. Умова ефективного функціонування програмного забезпечення...48
2.10. Роль втілених засобів в розроблене програмне забезпечення.....49
Висновки до розділу 50

3. Види забезпечення САПР як ключовий аналіз програмного продукту.....51
3.1. Інформаційне забезпечення.....51
3.2. Математичне забезпечення.....54
3.3. Програмне забезпечення.....58
3.3.1. Опис розробленого програмного забезпечення.....58
3.3.2. Принцип дії програмного забезпечення.....59
3.3.3. Алгоритм виконання програми.....63
3.4. Організаційне забезпечення.....64
3.5. Технічне забезпечення.....65
3.6. Лінгвістичне забезпечення.....66
3.7. Методичне забезпечення.....67
3.8. Дослідження затрат часу на опанування ПЗ студентами.....68
3.9. Впровадження програмного забезпечення.....69
3.10. Системний аналіз створеного програмного забезпечення.....70
Висновки до розділу.....71
4. Розроблення стартап-проекту «S-CAD» («Self-CAD»).....72
4.1. Опис ідеї стартап-проекту.....72
4.2. Технологічний аудит ідеї щодо реалізації стартап-проекту.....76
4.3. Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту.....77
4.4. Розроблення ринкової стратегії для стартап-проекту.....86
4.5. Розроблення маркетингової програми для стартап-проекту.....90
Висновки до розділу.....95
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....97
Список використаної літератури.....99
Додатки:
— Додаток А. Код програмного забезпечення.
— Додаток Б. Портфоліо програмного забезпечення «S-CAD».
— Додаток В. Акти впровадження ПЗ.
— Додаток Г. Наукові публікації за тематикою магістерської дисертації.
— Додаток Д. Презентація магістерської дисертації.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

СФ – сферичний рефлектор

ВО – виробнича одиниця

ЧПК – числове програмне керування

СП – світловий потік

н.у. – нормальні умови

SDK – Software Development Kit

API – Application Programming Interface.

КД – конструкторська документація

ЄСКД – єдина системи конструкторської документації

CAD – Computer Aided Design

САПР – системи автоматизованого проектування

КБ – конструкторське бюро

ПЗ – програмне забезпечення

ТЗ – технічне завдання

ММ – математична модель

Рад. – радіани

ООП - об'єктно-орієнтоване програмування

ТЕП – подані техніко-економічні показники

ПП – програмна продукція (програмний продукт)

ПС – програмне середовище

ТМ – торгова марка.

ВСТУП

З кожним днем глобальний розвиток усіх технологій набуває більш швидких динамічних обертів, то станом на сьогодні у технічних сферах діяльності він уже досягнув досить високих вершин як за шкалою оцінювання якості, так і за багатьма іншими не менш важливими параметрами як з точки зору маркетингових досліджень, так і потреб замовника, а також умов ринкової політики, зокрема конкурентоздатності, вектору розвитку головних маркетингових складових - попиту та пропозиції.

На виробництвах головним чином це виражається у постійному пошуку нових шляхів вдосконалення та модернізування продукції, її здатності відповідати вимогам та задовольняти потреби покупців, при цьому впроваджуючи нових методів, засади, рішення, пропозиції, підходи, технології, плани та перспективи розвитку, прогнози на майбутнє тощо щодо виробу, який виготовляється певною виробничою одиницею (ВО). Всі ці фактори свідчить про динаміку та невпинний розвиток комп’ютерно-технічних процесів, що охоплюють повний комплексний процес виготовлення виробу, розпочинаючи від маркетингових досліджень, зародження та формування ідеї, розроблення стартап-проекту, створення креслення, проектування просторової моделі, написання маршруту виготовлення, обрання технологій виготовлення, безпосереднього процесу виготовлення виробу і закінчуючи процесами аналізу та пошуку шляхів і технічних рішень щодо удосконалення вищеперерахованих процесів, прогнозів щодо постексплуатації, переробкою та утилізацією виробу. Все це сприяє значному спрощенню організації виробничих процесів, зменшенню собівартості виробу, покращенню умов виробництва та ін.

Для покращення цього складного виробничого комплексу необхідні прогресивні та дієві рішення пов’язаних із використанням прогресивних технологій, методів, методик, технічних та інших засобів, необхідних для забезпечення умов та потреб сучасного виробництва.

Актуальність полягає в розробленні конструкторської документації в ручному режимі, наприклад при виконанні досліджень виникає необхідність сформувати переміщення кінематичних ланок, тоді як виконання даних операцій доцільніше виконувати у спеціально створених локальних програмах. Іншим фактором є необхідність формування багатьох креслень зі змінними геометричними параметрами, тобто, у даному випадку, це такі параметри як ексцентриситет, фокальна відстань, габаритні та інші змінні розміри, проставлення яких відбувається автоматично (за запрограмованим шаблоном), а зміна розмірів деталі є набагато зручнішим ніж у стандартних CAD програмах.

Об'єктом дослідження є конструкторська документація сферичного рефлектора як базової складової одиниці оптичного фотометра.

Предметом дослідження представленої магістерської дисертації є засоби автоматизованого проектування із впровадження засади принципу науковості.

Мета дослідження – впровадження наукових принципів щодо створення потужних функціоналів програми засобами автоматизованого проектування, та подолання ефекту «застарілості» при створенні конструкторської документації.

Завданнями представленої магістерської дисертації є:

1. Дослідити ключові аспекти параметризації сферичних рефлекторів.

2. Визначити засад створення конструкторської документації.

3. Провести аналіз семи видів забезпечення САПР для створеного програмного продукту. Розробити математичну модель та програмний продукт.

4. Розробити стартап-проект програмного забезпечення для створення конструкторської документації сферичного рефлектора.

5. Провести апробацію даного програмного продукту для перевірки валідності його застосування.

Наукова новизна полягає у створенні потужної математичної моделі з описом основних засад науковості, що визначає функціоналу програми з використанням сучасних програмних можливостей засобів автоматизованого проектування.

Практична цінність представлена у вигляді програми для створення конструкторської документації сферичного рефлектора, на основі принципів науковості та засобів автоматизованого проектування, дозволяє отримати креслення деталі зі змінними геометричними параметрами за оптимальний часу.

Апробація роботи. За даною тематикою було взято участь в наступних конференціях:

- 11-та Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ-2018» 14–16 листопада 2018 року, Мінськ, Республіка Білорусь.
- 12-та Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Нові напрямки розвитку приладобудування», 17-17 квітня 2019 р., Мінськ, Республіка Білорусь.
- VIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об’єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених», 25-26 квітня 2019 року, м. Київ, Україна.
- XVIII Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», 15 – 16 травня 2019 р., м. Київ, Україна.

Публікації. Опубліковано статті в кількості двох міжнародних та одної всеукраїнської, а також одного тезису за темою магістерської дисертації.

1. КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ СФЕРИЧНИХ РЕФЛЕКТОРІВ

1.1. Поняття «сферичний рефлектор»

Для розкриття поняття «*сферичний рефлектор*» потрібно дати визначення сфероїду та рефлектора з точки зору математики та оптики.

Сфероїд — це фігура обертання в тривимірному просторі, яка сформувалась при обертанні еліпса навколо однієї з його головних осей. Приклад геометричного моделювання засобами Wolfram Alpha наведено на рис. 1.1.

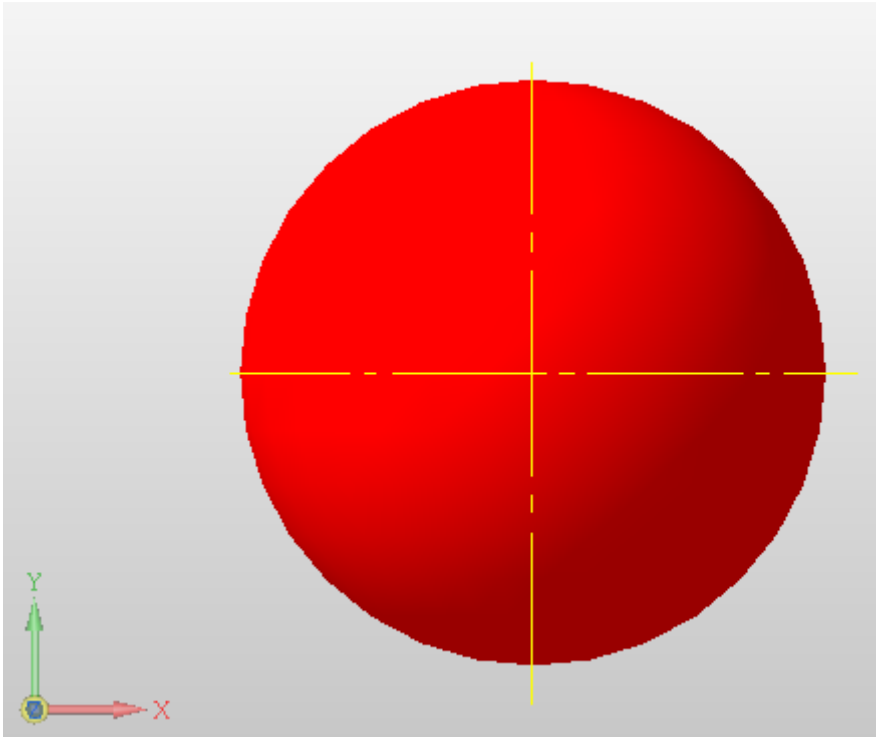


Рис.1.1. Сфероїд як вид еліпсоїда обертання з двома рівними за довжиною осями.

Сфероїд, як тіло обертання, є множиною точок, прямокутні координати яких задовольняють загальне рівняння поверхні другого порядку:

$$ax^2 + by^2 + cz^2 + dxy + exz + fyz + gx + hy + kz + l = 0, \quad (1.1)$$

де x, y, z - прямокутні координатні осі; a, b, c, d, e, f – змінні коефіцієнти з умовою, що хоча б один із них відмінний від нуля.

Сфероїд, як окремий випадок еліпсоїда, також має схожі параметричні характеристики, (наприклад, ексцентриситет, кутовий ексцентриситет тощо), що розкриті в розділі 1.4 «Особливості сферичних рефлекторів».

Таким чином, сфероїд як еліпсоїдом обертання має ряд властивостей, притаманних еліпсу, зокрема здатності накопичення променів у другому фокусі за умови направлення вхідного потоку у перший.

Рефлектор (від лат. *reflectere* – відбивати) – це головна складова частина оптичного фотометра, що призначена для відбивання променів направленого в нього світлового потоку з метою зміни напрямку ходу променя для досягнення кінцевої цілі експерименту.

В оптиці застосування рефлекторів саме такого типу знайшло місце в фотометрії для підсилення, фокусування, відбиття від різного роду об’єктів, насамперед, у науково дослідних роботах [1-3, 5-7, 10-11, 13-14, 17-18], описаних в розділі 1.2 «Призначення сферичних рефлекторів».

Поняттям рефлектор також називають інші прилади, зокрема в астрономії – це один із перших телескопів (рис. 1.2 а), в оптиці – це науково-дослідні установки, в фотостудіях – це освітлювачі (рис. 1.2 б), в радіофізиці – це відзеркалювачі радіохвиль (рис. 1.2 в), у медицині – це відбивач ультрачервоних променів (рис. 1.2 г) та інші відбивачі світла.

а) б) в) г)

Рис.1.2. Поняття рефлектор у різних сферах використання: а – телескоп Ньютона, б – фонові рефлектори, в – рефлектори антени, г – лампа Мініна.

Під рефлектором-телескопом розуміють лінзовий об'єктив з увігнутим сферичним дзеркалом, тобто відбивний телескоп.

Під «*сферичним рефлектором*» розуміють один із видів оптичного рефлектора, внутрішня поверхня якого виконана у вигляді сфероїда. Головною функцією його є забезпечення ненаправленого потоку світла направленим (фокусуванням) у потрібному напрямку (рис. 1.3).

Рис.1.3. Загальний вигляд сферичного рефлектора [14].

Представлений на рис. 1.3. рефлектор є типовим лабораторним рефлектором. В даному випадку, на поверхні деталі виконаний отвір для

проходження променів від оптичного джерела випромінювання.

Вимогами до внутрішньої сферичної поверхні є полірування до металічного блиску (Ra=0,04) та, у разі необхідності, нанесення дзеркального покриття згідно з відповідними галузевими стандартами України.

Кріплення рефлектора відбувається в спеціальному патроні. Вимогами до якого є забезпечення безперешкодного поширення променя оптичного лазера та здатності патрона обертатися на 360˚.

Зображений отвір на боковій поверхні може бути призначений для центрування деталі за допомогою пальця.

На рис. 1.4 показано креслення сферичного рефлектора з основними геометричними характеристиками, такими як фокусна відстань, фокальний параметр та вказано дві головні осі і габаритні розміри рефлектора.

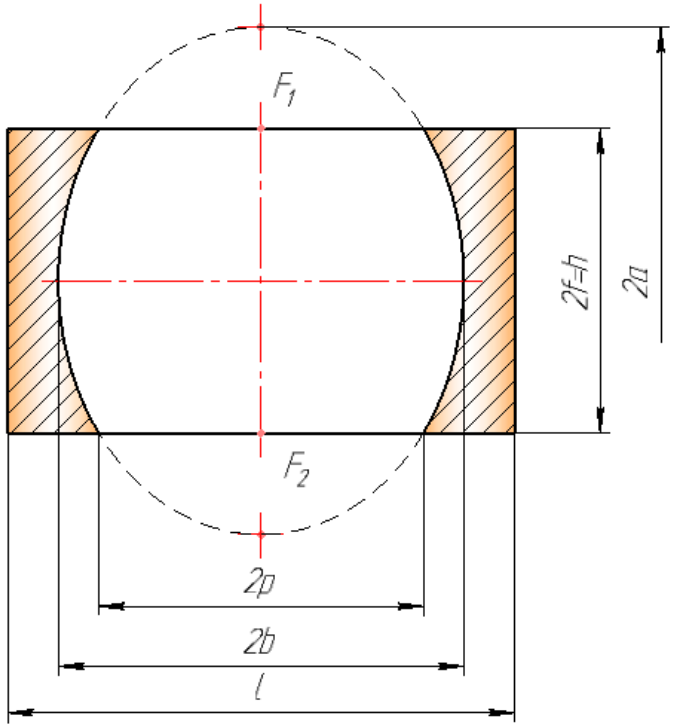


Рис. 1.4. Сферичний рефлектор: F_1,F_2 – оптичні фокуси, *2a* – велика вісь, *2b* – мала вісь, *2f* – фокусна відстань, *2p* - фокальний параметр, *l* – довжина, *h* – висота рефлектора.

Для проведення експериментальних досліджень не потрібно визначати

центр сфери. Співвідношення довжини великої та малої осей визначає ексцентриситет рефлектора, що є одним із важливих оптичних параметрів. Іншими важливими параметрами є початкова точка, зенітний кут та фокальний параметр.

Отже, сфероїд має ряд властивостей, що є корисними для проведення дослідів різного виду, зокрема оптичних експериментів з використанням сферичного рефлектора, а сам сферичний рефлектор знайшов широке використання у дослідних сферах фотометрії та оптиці в цілому.

1.2. Призначення сферичних рефлекторів

Як відомо з розділу 1.1. «Поняття «сферичний рефлектор», головна оптична складова фотометра призначена для відбиття променів та їх направленні (фокусуванні) у потрібному напрямку.

Окрім цього рефлектор має ряд інших важливих функцій таких як:

— підсилення слабкого випромінювання;

— фокусування відбитого світлового потоку (СП) у межах фокальної площини, представленої двома фокусами за умови концентрації оптичного променя (або розміщення оптичного джерела) в одному із них;

— зберігання законів відбивання СП не залежно від довжини хвилі;

— фокусування променів практично без аберації, притаманної лінзам.

Тому, в залежності від вищеописаних можливостей сферичного рефлектора, він може бути призначений для оптичних досліджень:

— дослідження факторів анізотропії середовищ та тканин біологічних об’єктів [1, 2, 8, 15, 16, 20, 21];

— визначення коефіцієнтів розсіювання СП та індикатриси розсіювання оптичних джерел випромінювання [1, 3, 8, 16];

— визначення коефіцієнтів поглинання СП біологічними тілами за нормальних умов (н. у.) та у різних оптичних середовищах [1, 12, 9, 13];

— дослідження шорсткості поверхні [6];

— оброблення зображень в еліпсоїдальній фотометрії [7];

— визначення коефіцієнтів відбиття від твердих фізичних поверхонь [2, 14, 16];

— визначення схем переміщення променів СП [4];

— моделювання оптичних приладів на основі досліджених законів поширення та розподілу променів рефлектором [1, 17, 18];

— визначення коефіцієнтів заломлення СП у інших середовищах [8,9];

— дослідження швидкості поширення СП в різних середовищах та під впливом різних умов [15] та ін.

1.3. Геометричні характеристики сферичних рефлекторів

Геометричні характеристики сферичних рефлекторів підпорядковуються законам геометричної оптики, зокрема аксіомі Ферма (1660 р.) (принципу найменшого оптичного шляху) про проходження світлового променя за найкоротший час [22]:

$$\tau_{\min} = \int_A^B d\tau = \int_A^B \frac{dl}{V} = \frac{1}{c}\int_A^B ndl\,, \qquad (1.2)$$

де $V = \frac{c}{n}$ - швидкість світла в даному середовищі, c – швидкість світла, n – абсолютний показник заломлення середовища, dl - елементарна довжина геометричного шляху.

До геометричних характеристик сферичних рефлекторів належать характеристики сфероїда, як тіла обертання, та еліпса, що лежить в його основі.

Еліпсом називають замкнену криву на площині з двома фокусами розміщених таким чином, щоб сума відстаней від будь-якої точки на його поверхні до двох фокусів була однаковою (рис. 1.5).

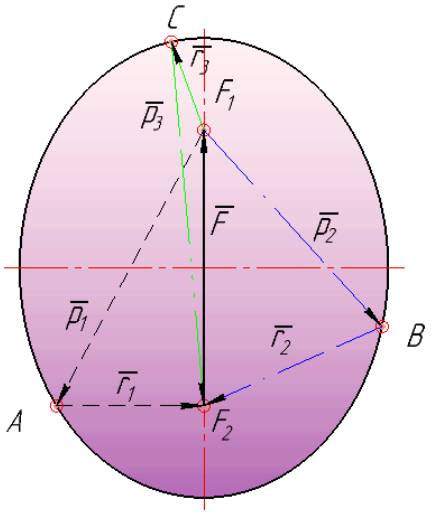


Рис. 1.5. Геометричне визначення еліпса: F_1, F_2 – фокуси, p_1, r_1, p_2, r_2, p_3 r_3, – вектори, F – результуючий вектор.

Таким чином, як векторна так і математична сума довжин шляху ($\breve{r}_1 + \breve{p}_1$), ($\breve{r}_2 + \breve{p}_2$) та ($\breve{r}_3 + \breve{p}_3$) – стала і рівна $\breve{F}$, а промені - *таутохтонні*:

$$\breve{r}_i + \breve{p}_i = conts, i = \overline{1,k} \tag{1.3}$$

де $\breve{r}_i$, $\breve{p}_i$ – вектори відстані від точки до фокусів, k – кількість точок.

На основі цього виникає його найголовніша властивість про концентрацію СП в другому фокусі за умови направлення джерела випромінювання в перший фокус еліпса (рис. 1.6).

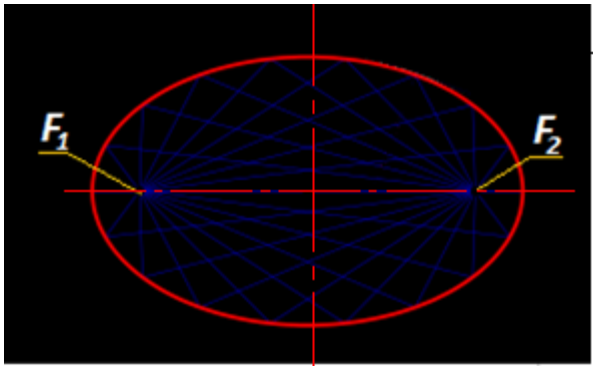


Рис. 1.6. Поширення СП в фокальній площині еліпсоїда: F_1, F_2 – оптичні фокуси.

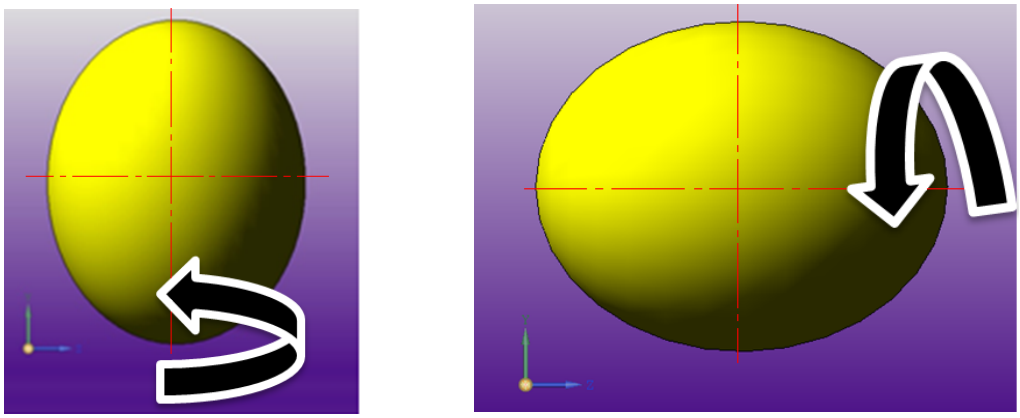
Сферичний рефлектор формується внаслідок переміщення еліпса навколо своєї осі, подібно обертанню параболі, що формує еліптичний параболоїд. Ці просторові геометричні фігури відносяться до тіл з поверхнею другого роду і підпорядковуються (та описуються з різними коефіцієнтами) рівнянню 1.1 в розділі 1.1. «Поняття «Сферичний рефлектор».

Таким чином, рівняння сфероїда, дві осі (коефіцієнти) якого чисельно рівні, має наступний вигляд:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1, \tag{1.4}$$

де x, y, z - прямокутні координатні осі; a, b – змінні коефіцієнти з умовою, що хоча б один із них відмінний від нуля.

Існують два поняття сфероїда (за Архімедом): витягнутий та сплюснутий. Перший характеризується обертанням навколо великої осі (рис. 1.7 а), а другий – обертанням навколо малої осі (рис. 1.7 б).



а) б)

Рис. 1.7. Види сфероїда: а – витягнутий та б – сплюснутий.

Як окремий випадок сфероїда існує просторове тіло сфера, три осі (коефіцієнти) якого рівні між собою (рис. 1.8):

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{a^2}+\frac{z^2}{a^2}=1, \qquad (1.5)$$

де *x, y, z* - прямокутні координатні осі; *a* – змінний коефіцієнти з умовою, що *a* відмінний від нуля.

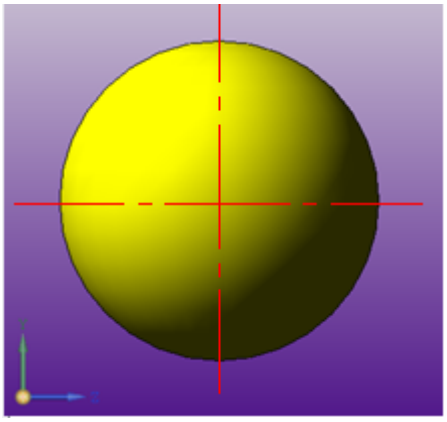


Рис. 1.8. Тіло обертання: сфера як окремий випадок сфероїда.

Окрім вищеперерахованих тіл обертання в оптиці досить часто використовуються еліптичні рефлектори, зокрема, для забезпечення освітленості оптичних поверхонь. В його основі лежить еліпсоїд, внутрішня поверхня якого утворилася внаслідок обертання параболи (рис. 1.9):

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1, \tag{1.6}$$

де *x, y, z* - прямокутні координатні осі; *a, b, c* – змінні коефіцієнти з умовою, що хоча б один із них відмінний від нуля.

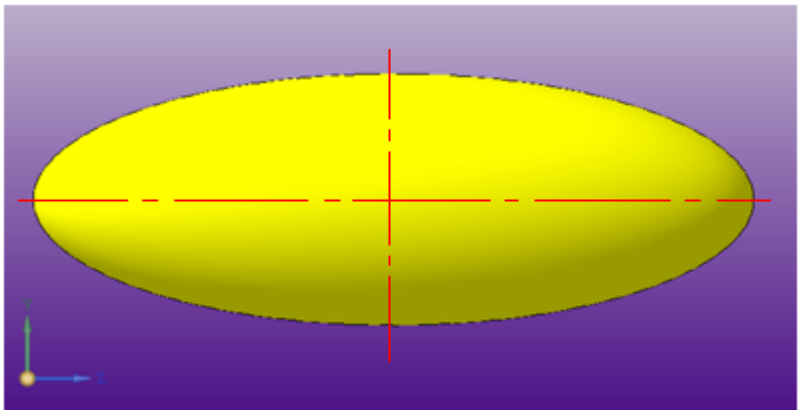


Рис. 1.9. Тіло обертання: еліпсоїд.

Променевий потік, який потрапляє на продукт, є сумою прямого потоку від джерела та відбитого потоку від рефлектора. Нехай $V(x,y,z,t)$ - закон розподілу прямого випромінювання, а $W(x,y,z,t)$ – закон розподілу відбитого випромінювання, де *x, y, z* – прямокутні координати, а *t* – час.

На рис. 1.10 зображено поділ сфероїда на сектори за значенням азимутних кутів.

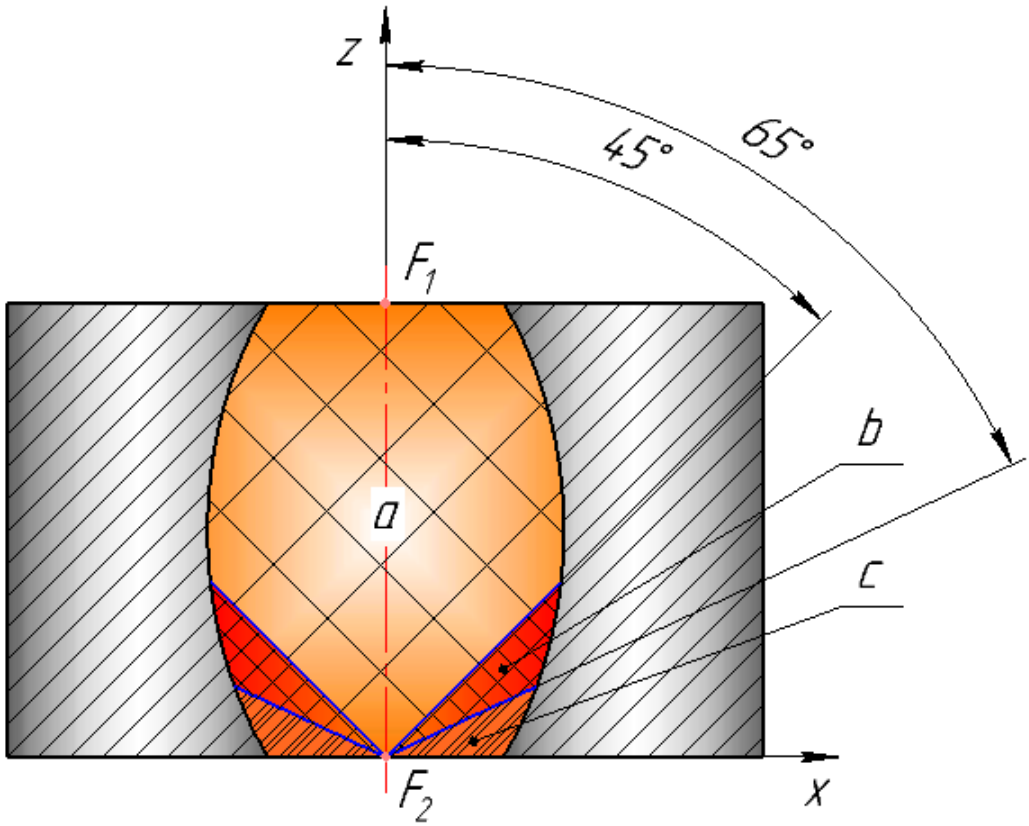


Рис. 1.10. Сектори відбиття променів в сфероїді в залежності від зенітного кута *(Θ)*: a – $\Theta < 45^\circ$; b – $45^\circ < \Theta < 65^\circ$; c – $\Theta > 65^\circ$; f_1, f_2 – фокуси [6].

Для знаходження прямого $V(x,y,z,t)$ та відбитого $W(x,y,z,t)$ потоків променя, у математичному моделюванні ці функції на практиці виражаються через інші простіші функції, такі як: розташування джерела випромінювання $y_s(t)$ та рівняння відбивання $y(x,t)$ у вигляді формул (1.7) та (1.8):

$$V(x,y,z,t) = f(y_s(t)), \tag{1.7}$$

де $y_s(t)$ – розташування джерела випромінювання

$$W(x,y,z,t) = f(y_s(t), y(x,t)), \tag{1.8}$$

де $y_s(t)$ – розташування джерела випромінювання, $y(x,t)$ – функція відбивання.

Складання взаємно обернених функцій $V(x,y,z,t)$ і $W(x,y,z,t)$ дає значення *сумарного випромінювання оптичного джерела*.

1.4. Особливості сферичних рефлекторів

Сферичний рефлектор має ряд особливостей, характеристики яких визначають характер та поведінку світлового потоку. Серед них є наступні залежності:

— геометрична форма і розмір описують та визначають поширення СП у рефлекторі;

— вид та тип нанесення покриття на внутрішню поверхню сфероїда визначають умови застосування;

— шорсткість поверхні та якість виконання рефлектора визначає точність експерименту;

— наявність дефектів, мікотріщин тощо встановлюють придатність рефлектора до використання;

— відстань від джерела випромінювання до об’єкта дослідження.

— точності підбору та виготовлення фокальних параметрів – розміщення джерела випромінювання у фокусі та ін.

До особливостей сферичних рефлекторів можна віднести:

— ексцентриситет;

— фокусна відстань;

— фокальна відстань;

— розмір малої осі;

— розмір великої осі.

Ексцентриситет – це одна із головних характеристик геометричних фігур, що утворилися внаслідок перерізу: коло, еліпс, парабола та гіпербола. Для еліпса ексцентриситет розраховується за формулою [23]:

$$e = \frac{c}{a}, \tag{1.7}$$

де a велика та мала півосі еліпса, c – фокусна відстань (1.10)

Для витягнутого та сплюсненого сфероїда застосовується поняття кутовий ексцентриситет, що виражається формулами 1.8 та 1.9 відповідно [23]:

$$e = \arccos\left(\frac{a}{b}\right) = 2\arctan\left(\sqrt{\frac{b-a}{b+a}}\right), \tag{1.8}$$

де a і b – велика та мала півосі сфероїда.

$$e = \arccos\left(\frac{b}{a}\right) = 2\arctan\left(\sqrt{\frac{a-b}{a+b}}\right), \tag{1.9}$$

де a і b – велика та мала півосі сфероїда.

Фокусна відстань – важливий геометричний параметр, що визначає положення фокусу (або фокусів) від центру оптичної системи та визначається [23]:

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}, \tag{1.10}$$

де a і b – велика та мала півосі сфероїда.

Фокальна відстань – це лінійна величина, що характеризує довжину половини хорди, що проходить через один із будь-яких її фокусів.

Вищеописані оптичні особливості розрахунку сферичного рефлектора представлені на рис. 1.11.

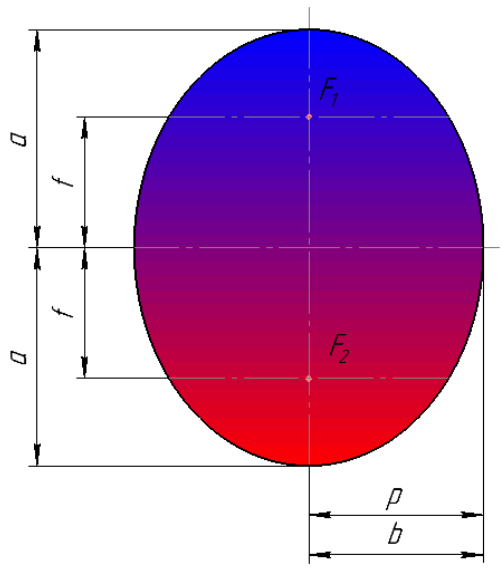


Рис.1.11. Особливості сферичного рефлектора: *a, b* – велика та мала півосі; *p* – фокальний параметр; *f* – фокусна відстань; F_1, F_2 – перший та другий фокуси.

Особливості сферичного рефлектора, що показано на рис. 1.9, систематизовано у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1.1. Особливості сферичного рефлектора.

№	*Параметр*	*Позна-чення*	*Формула розрахунку*	*Призначення*
1	Ексцентриситет	*e*	$e = \frac{b^2}{a^2}$	Для еліпса
2	Кутовий ексцентриситет	e	$e = \arccos\left(\frac{a}{b}\right) = 2\arctan\left(\sqrt{\frac{b-a}{b+a}}\right)$ $e = \arccos\left(\frac{b}{a}\right) = 2\arctan\left(\sqrt{\frac{a-b}{a+b}}\right)$	Для витягнутого та сплюсненого сфероїда
3	Фокусна відстань	*f*	$c = \sqrt{a^2 - b^2}$	Ключовий фактор СР
4	Фокальний параметр	*p*	$p = \frac{b^2}{a}$	Визначає допустимі габарити розміщення оптичного джерела

Отже, для моделювання необхідних параметрів сферичного рефлектора, необхідно керуватися розрахунком розглянутих вище особливостей.

Для повноти моделювання сферичного рефлектора необхідно дослідити закон розподілу відбитих променів.

Нехай, закон розподілу відбитих променів на осі OX задано функцією $W(x)$ з врахуванням для опису абсциси відбивача [24]:

$$x_\tau = x + \frac{y(x)\cdot(y'^2(x)+1)\cdot x - 2y(x)\cdot(y'(x)\cdot(y'(x)\cdot x - y) + H(x,y)\cdot y'(x))}{(H(x,y)-y(x))(y'^2(x)-1) - 2xy'(x)}, \quad (1.11)$$

де *x* – абсциса поширення прямого СП, *y(x)* – функція поширення прямого СП, *y′(x)* – функція відбитого СП, *H(x,y)* – функція розміщення оптичного джерела.

Отримуємо диференціальне рівняння:

$$W(x) = x + \frac{y(x)\cdot(y'^2(x)+1)x - 2y(x)\cdot(y'(x)\cdot(y'(x)\cdot x - y(x)) + H(x,y)\cdot y'(x))}{(H(x,y)-y(x))(y'^2(x)-1) - 2x\cdot y'(x)}, \quad (1.12)$$

де *x* – абсциса поширення прямого СП, *y(x)* – функція поширення прямого СП, *y′(x)* – функція відбитого СП, *H(x,y)* – функція розміщення оптичного джерела.

Опис $y = y(x)$ форми профілю рефлектора з законом розподілу відбитих променів згідно із «керуючою» функцією $W(x)$ виражається диференціально:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{W(x)\cdot x + y^2(x) - y(x)\cdot H(x,y) \pm \sqrt{[x^2 + (y(x)-H(x,y))^2][(W(x,y)-x)^2 + y^2(x)]}}{2y(x)\cdot x + W(x)\cdot H(x,y) - H(x,y)\cdot x - W(x,y)\cdot y(x)} \quad (1.13)$$

де *x* – абсциса поширення прямого СП, *y(x)* – функція поширення прямого СП, *y′(x)* – функція відбитого СП, *H(x,y)* – функція розміщення оптичного джерела.

За умови $y(0) = const$ формула (1.13) є розв’язанням рівняння (1.12).

Тому інтерпретація керуючої функції *W(x)* дозволяє задавати різноманітні закони розподілу відбитих променів.

1.5. Властивості сферичних рефлекторів

Сформуємо головні фізико-оптичні особливості поширення променя у сферичному рефлекторі:

1. Промінь світла, що падає на дзеркальну поверхню під кутом α_1 до нормалі, проведеної з точки, що знаходиться на поверхні еліпса, є рівним відбитому куту β_1.
2. Промінь після відбиття від внутрішньої поверхні СР проходить через його фокус.
3. Промінь, що проходить через фокус СР, після відбиття від його поверхні, поширюється прямолінійно.

Вищеописані властивості СР графічно зображені на рис. 1.12.

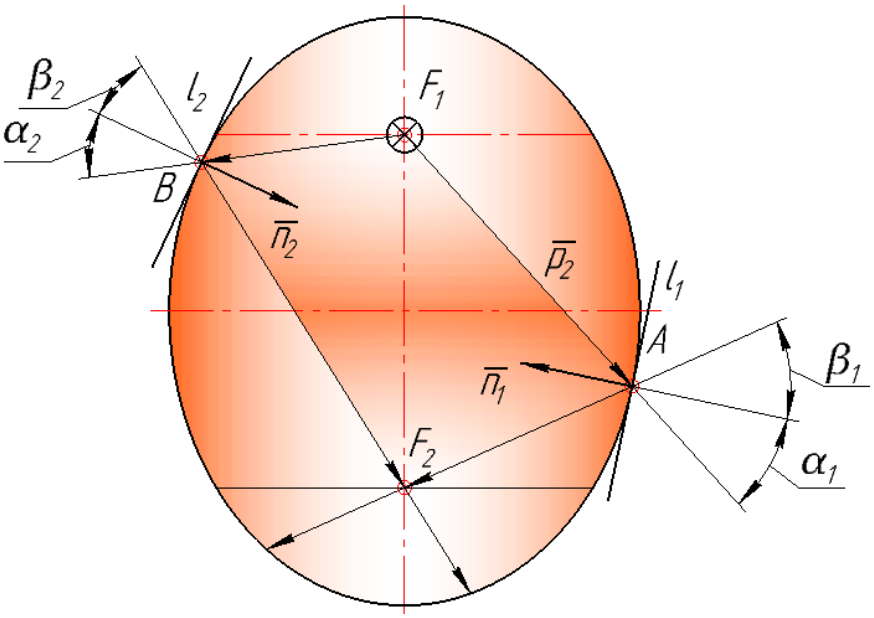


Рис. 1.12. Фізико-оптичні властивості сферичних рефлекторів поширення променя: α_1 (β_1) і α_2 (β_2) – кути падаючих (відбитих) променів з нормаллю $\vec{n}_1$ та $\vec{n}_2$ відповідно.

Для досягнення високої точності ефекту фокусування необхідно, щоб внутрішня поверхня була дзеркальною (за ОСТ 3-1901-95 «Покриття оптичних деталей. Типи, основні параметри і методи контролю» [25]).

1.6. Напрямки застосування сферичних рефлекторів

Використання сферичних рефлекторів, знаючи його оптичні властивості, дозволяють вирішити складні прикладні задачі оптики у різних сферах застосування.

Застосування сферичного рефлектора у складі оптичних приладів передбачено в наступних напрямках:

— приладобудування;

— оптика;

— біометрія;

— фотометрія.

Перед виконанням складних дослідів, зокрема в оптиці, виконують попереднє моделювання схем (рис. 1.13.) [13].

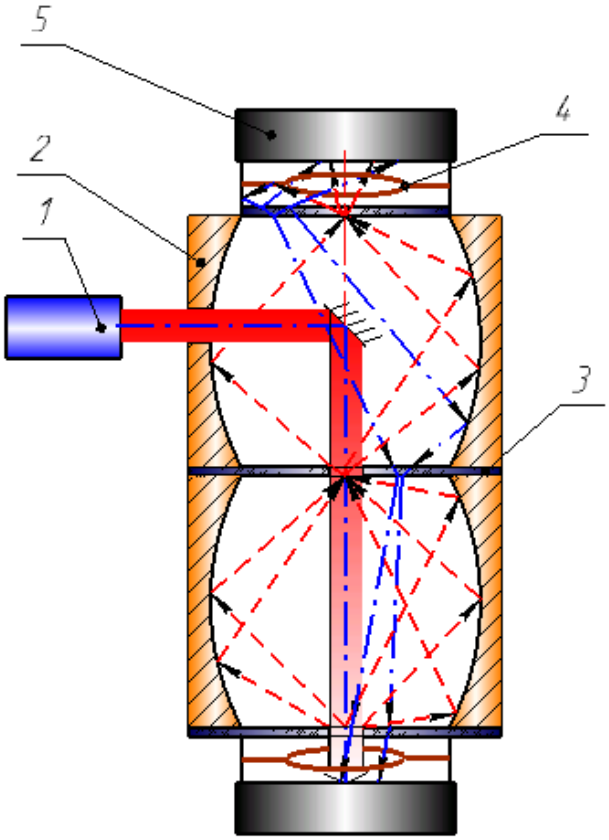


Рис. 1.13. Схема моделювання фотометра: 1 – лазер, 2 - сферичний рефлектор, 3 – фокальна площина, 4 – діафрагма, 5 – фотоприймач [13].

В приладобудуванні на основі СР може бути сконструйований прилад оптичний профілограф для точних вимірювань шорсткості поверхні різного роду деталей [6].

У сфері оптики – проведення науково-дослідних експериментів досліджень фізичних тіл та середовищ [1, 12, 9, 13].

На рис. 1.14. зображено лабораторну установку як приклад використання СР в оптичних дослідженнях.

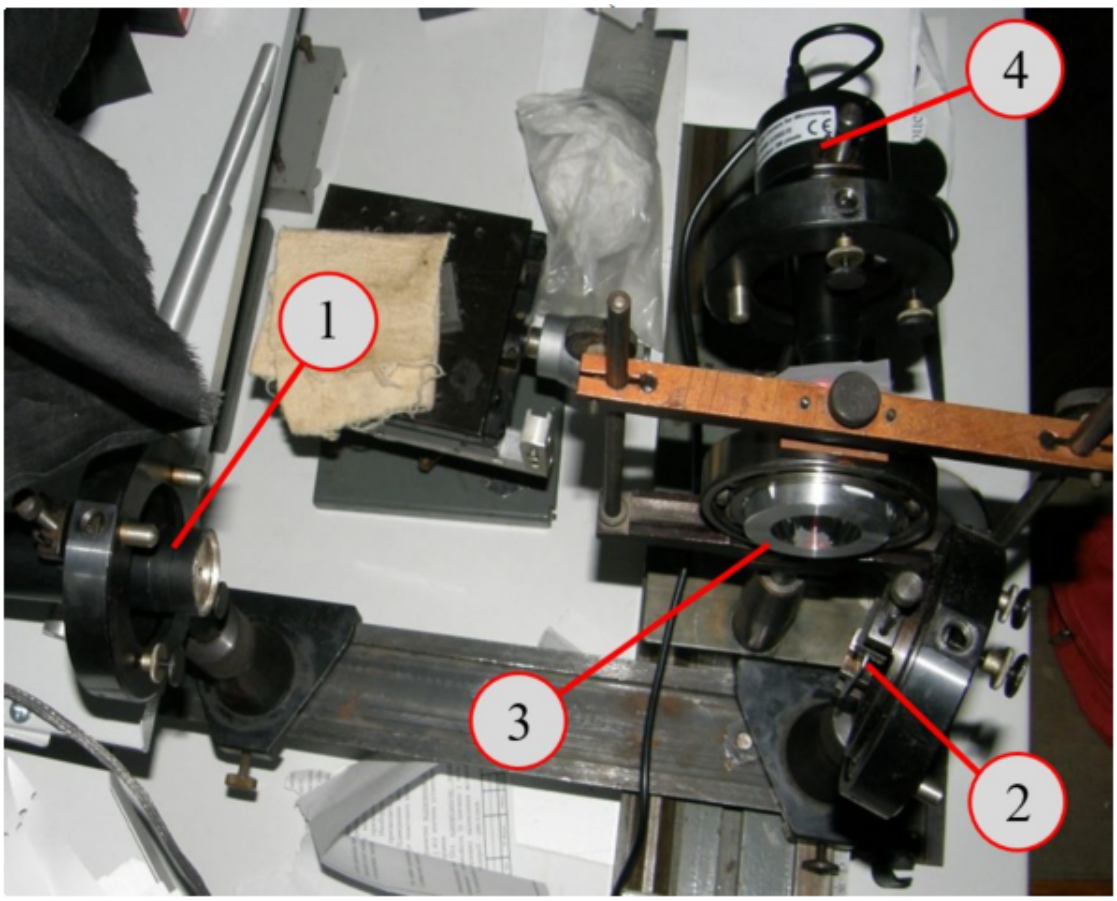


Рис.1.14. Оптично-дослідна установка: 1 – He-Ne лазер (номінальна потужність 2Вт, довжина хвилі λ – 632.8 нм, діаметр пучка променя 1.4 мм), 2 – оптичне дзеркало, 3 – сферичний рефлектор, 4 – координатний фотоприймач [14].

Біометрія має ширше використання СР серед дослідження біологічних тканин, зокрема для дослідження анізотропії [1, 2, 8, 15, 16, 20, 21].

На рис. 1.15 показано застосування СР в біометрії, а саме для дослідження властивостей біологічного тіла за схемою Допплера.

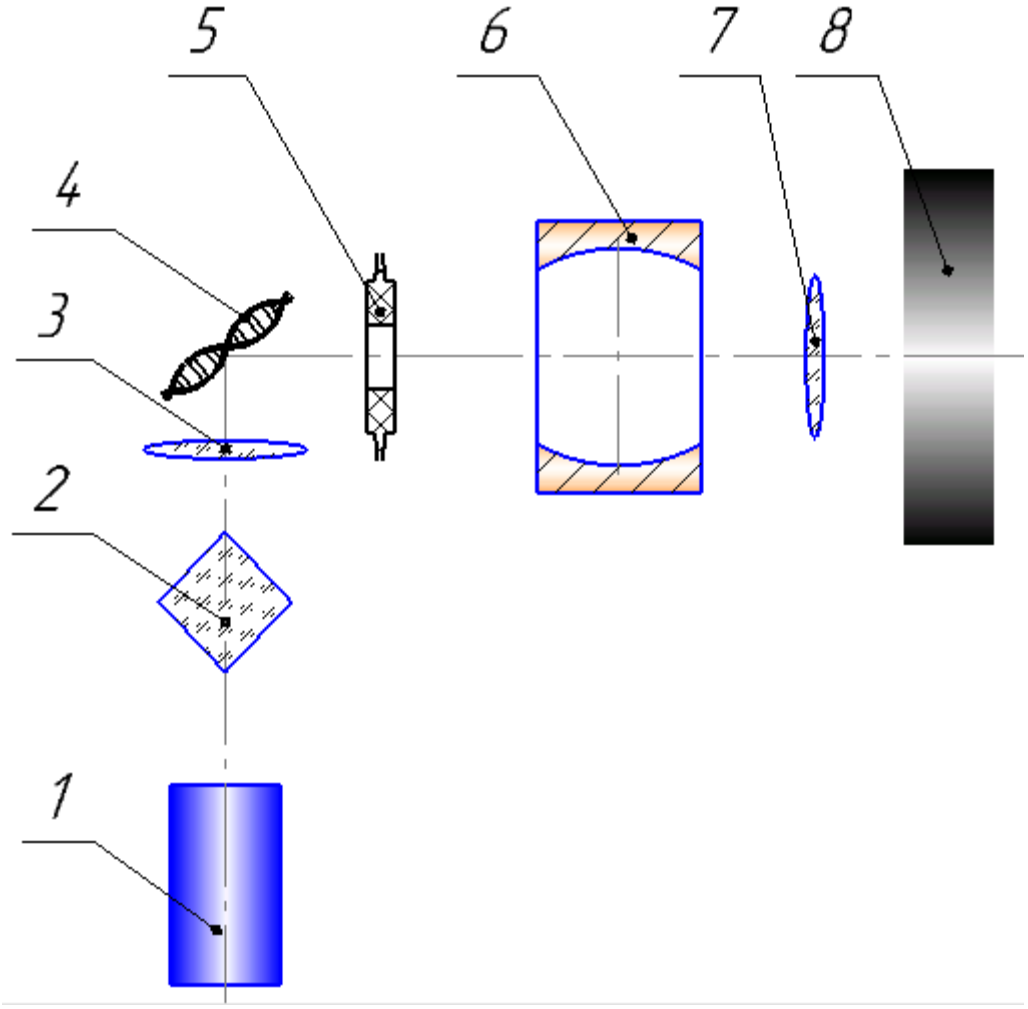


Рис.1.15. Структурна схема Доплера із застосуванням сферичного рефлектора: 1 – джерело випромінювання, 2 – призма, 3 – лінза, 4 – біологічне тіло, 5 – діафрагма, 6 – сфероїд, 7 – лінза, 8 – координатний фотометр [30].

Використання СР досить часто застосовується для досліджень біологічних тканин, описаних в багатьох наукових роботах [1, 12, 9, 13].

У фотометрії СР використовується з метою проведення вимірювань, пов’язаних із вимірюванням різних оптичних параметрів джерел випромінювання та середовищ [8, 9, 15], зокрема мутних, а також для обробки зображень [7].

1.7. Роль сферичних рефлекторів у фотометрії

Фотометрія, як окрема галузь оптики, що досліджує та вимірює оптичні величини включає в себе сукупність методів та теорій щодо дослідження та вимірювання оптичних джерел випромінювання, поширення СП, поглинання та відбиття променів.

Сьогодні існує багато малодосліджених напрямків в оптиці, вирішити які здатна фотометрія із використанням СР, наприклад, проблема вимірювання в «мутних» (оптично-неоднорідних) середовищах таких показників, як оптична щільність, оптична густина та інші параметри, що не піддаються стандартним законам поширення СП в просторі.

Тому, фотометрія є альтернативною формою дослідження біологічних систем як різновиду природніх «мутних» середовищ [30].

Одним із напрямків діяльності фотометрії є молекулярно-абсорбційний фотометричний аналіз, що містить [28]:

1. Спектрофотометрію.
2. Фотоколориметрію.
3. Колориметрію.

Спектрофотометрія як метод фотометричногодля аналізу призначена для визначення вмісту речовини за поглинутим нею монохроматичним світлом [29]. Спектрофотометрія і фотоколориметрія полягають у визначенні оптичної густини речовин за допомогою спектрофотометрів та фотоелектроколориметрів відповідно.

Колориметрія — вид візуальної фотометрії, що полягає у вимірюванні оптичних властивостей об’єкту, що піддаються дослідженню, з використанням спеціальних світлофільтрів.

В результаті використання СР в фотометрії можливі дослідження наступних оптичних параметрів: величини світлового потоку, сили світла, освітленості, світності та яскравості джерела безпосередньо у біологічних середовищах для визначення властивостей останнього.

1.8. Переваги використання приладів зі сферичними рефлекторами

До основної переваги використання належить можливість проведення оптичних дослідів за головною властивістю еліпса – концентрація СП у фокусі – без використання лінз, що можуть давати похибку аберації. Оскільки рефлектори мають властивість законів відбивання СП не залежно від довжини хвилі (розділі 1.2. «Призначення сферичних рефлекторів»), то досліди, які виконані з їх використанням, будуть точнішими за рахунок відсутності *хроматичної аберації,* що на практиці відображається як забарвлення контурів яскравих предметів сімома кольорами (рис. 1.16).

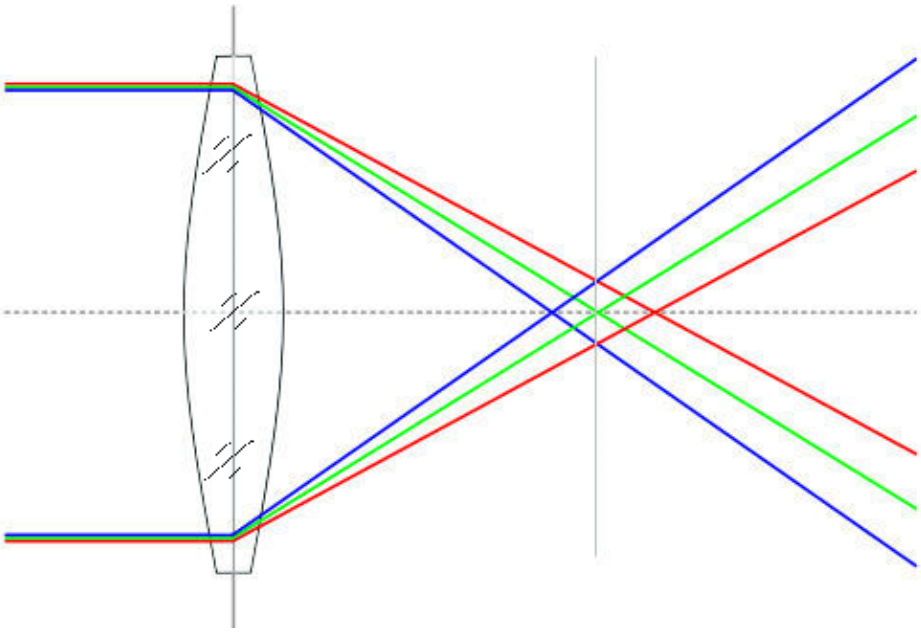


Рис. 1.16. Хроматична аберація як один із недоліків використання лінз в оптиці [77].

Сутність останньої полягає в наступному: внаслідок проходження СП через лінзу поширення червоних та фіолетових променів є різним внаслідок *дисперсії* (рис. 1.14). Під *дисперсією* розуміють поширення променів різної довжини з різними коефіцієнтами заломлення, тобто червоні промені фокусуються дальше від центру лінзи та мають менший коефіцієнт заломлення, ніж сині та фіолетові, що фокусуються ближче (рис. 1.17).

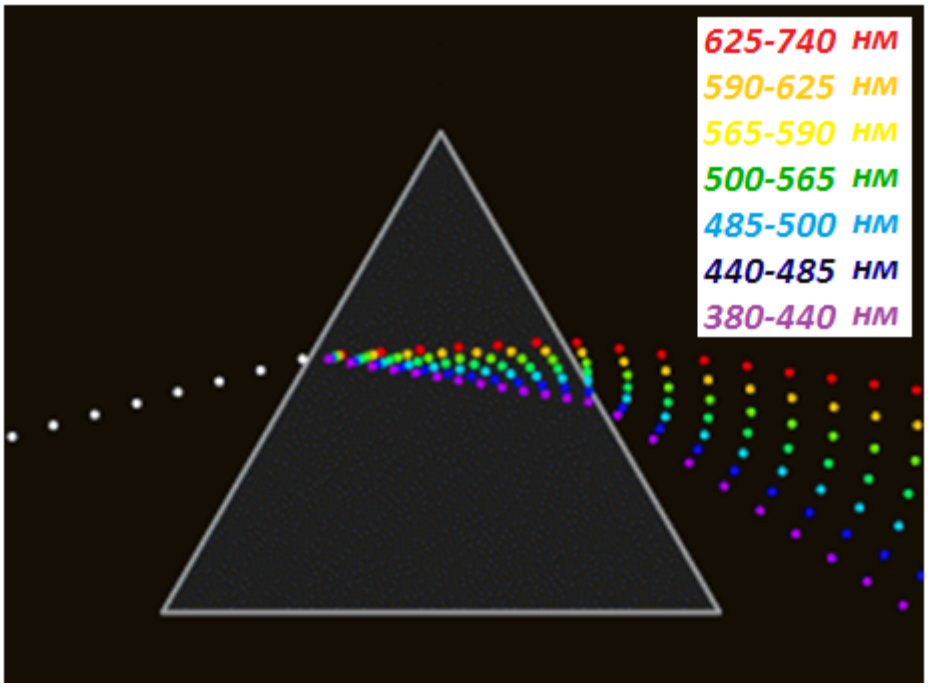


Рис. 1.17. Дисперсія як один із недоліків використання лінз в оптиці, із зазначенням довжини кожної хвилі видимого світла [77].

Сферична аберація, що виникає внаслідок зміщеного фокусування променів, що проходять у центрі лінзи від положення фокусування променів, що проходять по краях (рис. 1.18).

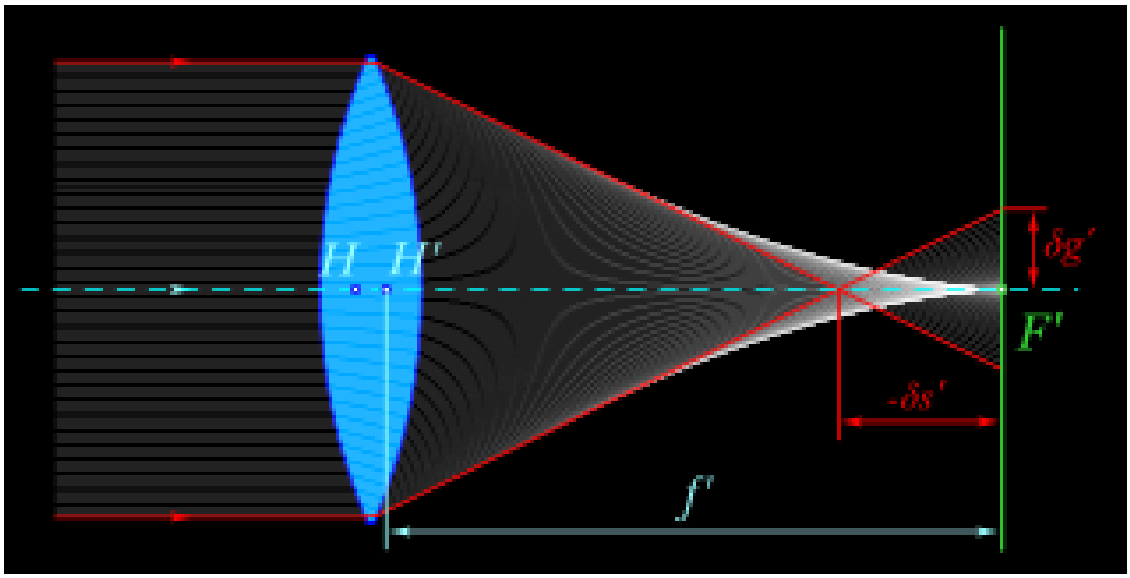


Рис. 1.18. Сферична аберація як один із недоліків використання лінз в оптиці, де F' – фокус, f'– фокусна відстань, $\delta s'$ – похибка аберації, $\delta g'$ – похибка на фокальній площині [77].

Для усунення хроматичної аберації підбирають лінзи з різними абераційними значеннями, сферичної аберації – використанням *параксіальних пучків,* що проходять якнайближче до оптичної осі лінзи.

Тому для проведення оптичних досліджень з використанням СР не потрібне застосування додаткових лінз.

При роботі з потужними лазерними установками у більшості дослідів використовуються великі лінзи, виготовлення яких є досить складним через вимоги щодо їх виготовлення, «витримання» однорідності скляної заготовки. Іншою перевагою виготовлення СР є необхідність обробки однієї внутрішньої поверхні замість двох у порівнянні з лінзою, зокрема лінз-ахроматів (рис. 1.19).

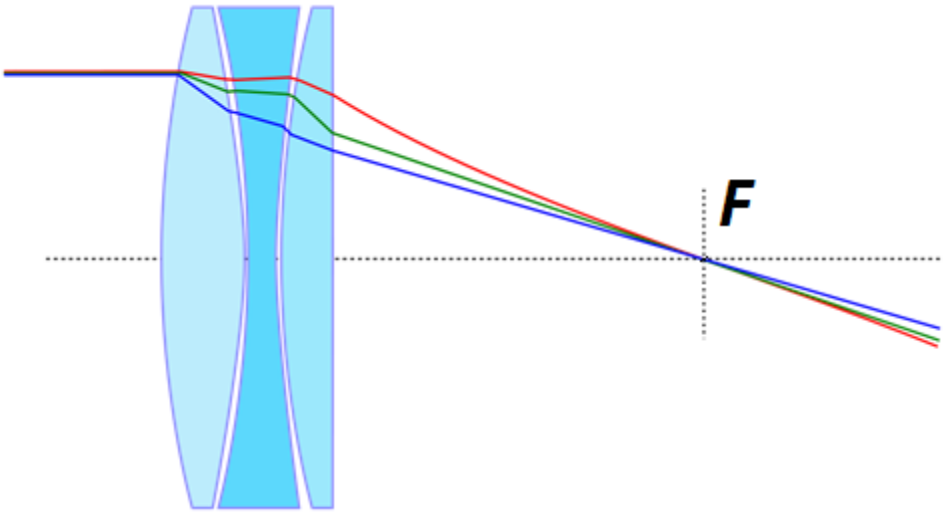


Рис. 1.19. Сферична аберація як один із недоліків використання лінз в оптиці: *F* – остаточний фокус; червона, зелена та синя лінії – заломлення променів внаслідок проходження променя [77].

Проведення дослідів з використанням СР дозволяє працювати у широкому діапазоні та з різними довжинами хвиль, з певним їх підсиленням у порівнянні з відкритими середовищами, де існують значні втрати на розсіювання.

1.9. Вимоги до сферичних рефлекторів

Вимоги до сферичних рефлекторів висуваються відповідно до умов їх використання та визначаються конструктором при створенні креслення. Креслення сферичного рефлектора зображено на рис. 1.20.

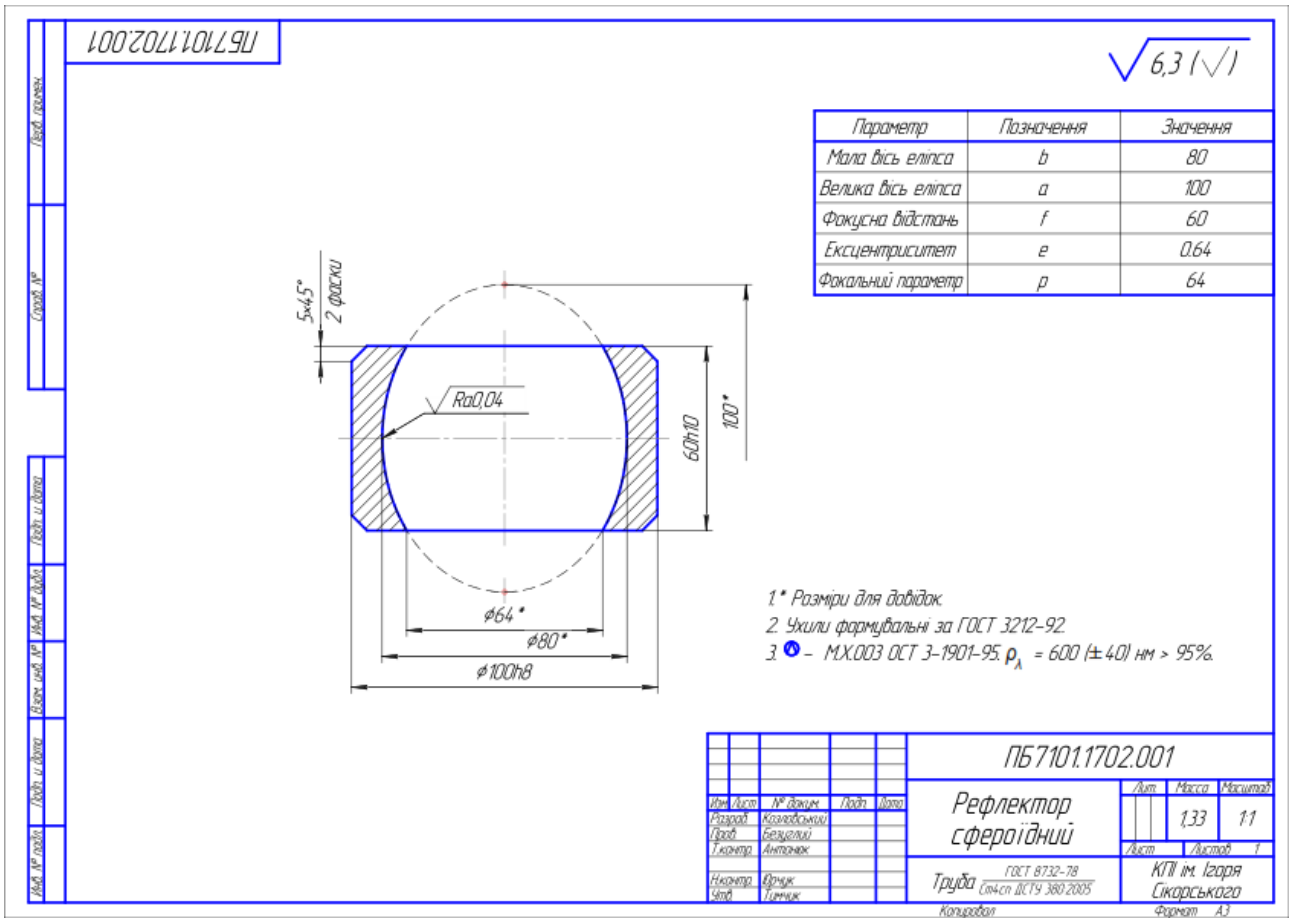


Рис.1.20.Креслення сферичного рефлектора.

Основні вимоги до СР можна класифікувати за чотирма ознаками, представленими на рис. 1.21.

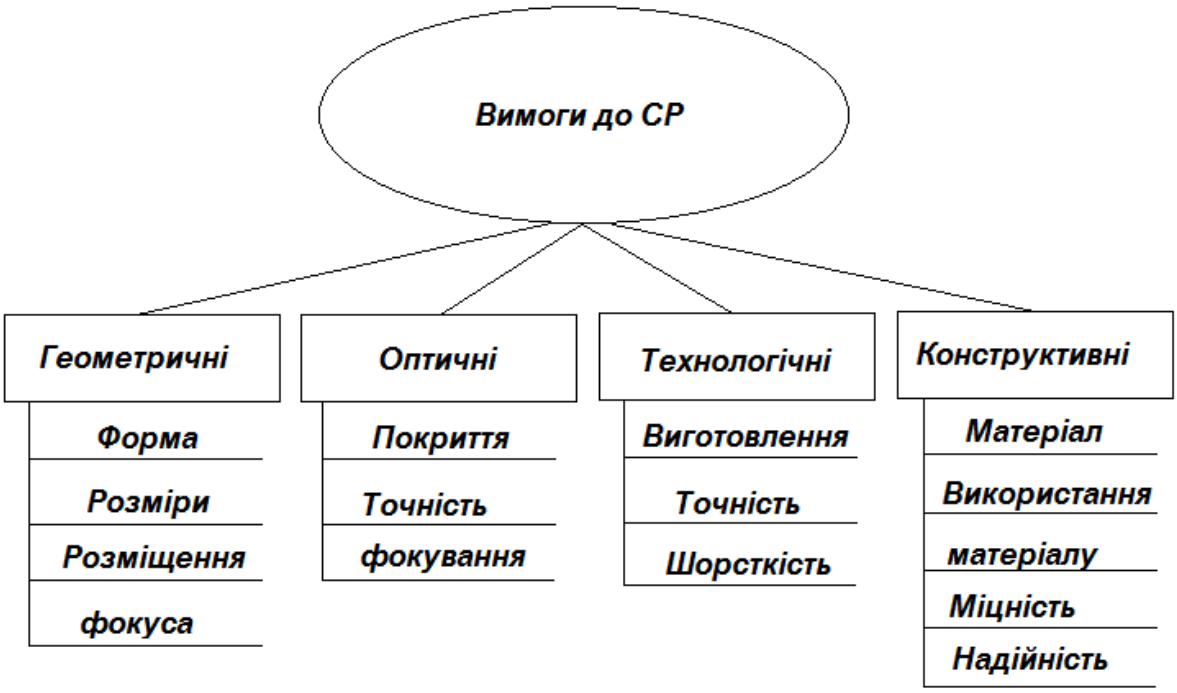


Рис. 1.21. Класифікаційна схема вимог до СР.

Геометричні параметри, що виражені як габаритні розміри СФ визначаються відповідно до функцій, застосування та призначення, за попередньо змодельованою дієвою схемою.

Оптичні параметри визначаються згідно ОСТ 3-1901-95 «Покриття оптичних деталей. Типи, основні параметри і методи контролю» [25], за яким встановлюється спосіб нанесення покриття (вакуумне, хімічне), вид, товщину покриття та ін. В оптиці поверхня СФ повинна бути полірованою та гладкою. Досягнути цього можна шляхом нанесення на поверхню міді з подальшим нанесенням шару відбиваючого металу (срібла, хрому, алюмінію) способом вакуумної технології напилення. Таким чином забезпечується головне призначення СР – фокусування світлового потоку в необхідній точці.

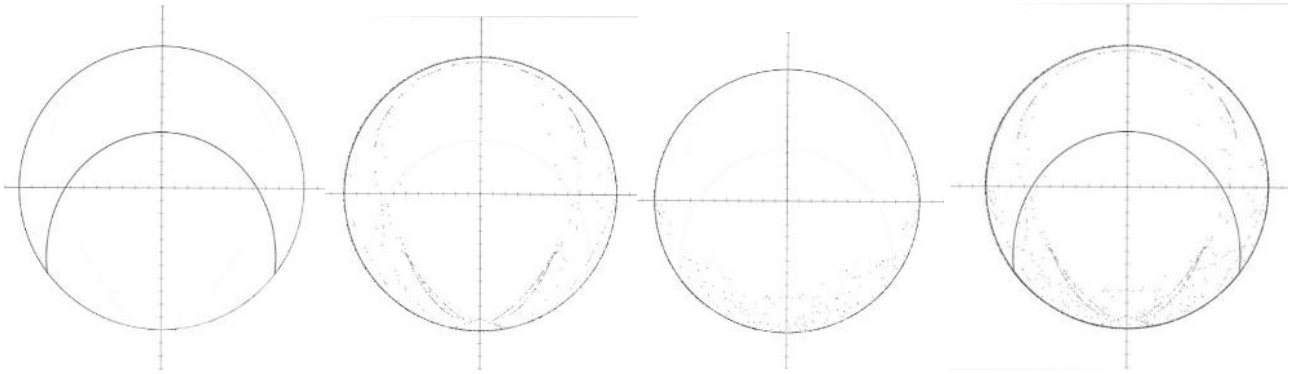
Технологічні вимоги виготовлення СР включають вимоги до процесу виготовлення з дотриманням заданих конструктором вимог та досягнення потрібної точності та шорсткості [31].

До конструктивних параметрів відноситься, в основному, обрання виду матеріалу, що визначає міцність деталі, і коефіцієнту використання матеріалу.

1.10. Особливості аберраційного аналізу сферичних рефлекторів

Аберраційний аналізом є одним із головних теоретичних підходів для дослідження аберраційних властивостей оптичних об’єктів з дзеркальними поверхнями.

Як уже було зазначено, використання СР для проведення оптичних досліджень має ключову перевагу, що полягає у відсутності аберацій, притаманних лінзам внаслідок дисперсії, але має власну аберація, дослідження якої описано в науковій роботі [33] та показано на рис. 1.22.



а) б) в) г)

Рис. 1.22. Дослідження траєкторії відбиття: а – відбиття першого порядку; б – відбиття другого порядку; в – відбиття третього порядку і вище; г - остаточний результат відбиття [5].

За результатами, представленими на рис. 1.19, можна зробити висновок, що СР теж притаманна аберація, яка полягає у спотворенні зображення на другому фокусі у порівнянні з першим.

Дослідження аберраційних властивостей СР дозволяє провести аналіз еліпсоїда зі змінними параметрами, наприклад розташування початкової точки, у якій починаються багатократні відбиття та виключити «помилкові» значення при обрахунку отриманих експериментальних результатів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

У даному розділі було розглянуто ряд теоретичних властивостей у вигляді схем реалізації процесів відбиття, поширення, заломлення та інших процесів, пов'язаних із використанням сферичних рефлекторів як в галузі оптики в цілому, так і в інших її напрямках, зокрема біометрії для дослідження біологічних («мутних») середовищ та досліджень, пов'язаних із поглинанням біологічними тканинами СП з метою подальшого їх аналізу.

Було наведено властивості СР із визначенням його геометричних характеристик, що відіграють важливу роль при побудові та моделюванні форми СР з різним набором геометричних параметрів, оскільки оптика, як точна наука, потребує підбору точних параметрів для забезпечення ефективності та повноти проходження досліджень.

Фотометрія, як ключова сфера використання СР, базується на проведенні різного роду вимірювань та визначень як оптичних властивостей, так і іншого роду особливостей середовищ і тіл, визначених непрямим методом обрахунку, зокрема за допомогою математичного аналізу.

Таким чином, дослідження деяких об'єктів є неможливим або значно ускладненим, спрощенню якого слугує використання СР як основної складової частини фотометра та самостійно-незалежної одиниці для проведення численної кількості оптичних, біомедичних та фотометричних досліджень.

Даний розділ повністю визначає набір властивостей СР, що показують його переваги та значущість застосування, вимоги до стану внутрішньої сферичної поверхні згідно з прийнятими галузевими стандартами.

При розробленні КД, що є головною метою написання даної магістерської дисертації, будуть використовуватися ключові поняття про СФ, його геометричну форму, формули її розрахунку та багато інших рис та особливостей, висвітлених в даному розділі.

2. Засади створення конструкторської документації

2.1. Аналіз проблематики існуючих програмних засобів

Сьогодні створення конструкторської документації (КД) використовує класичні засоби та підходи [54, 55, 66]. Попри їх дієвість головним їх недоліком є значні затрати часу (від 60 до 90 % від усього часу, затраченого на створення КД) лише на оформлення КД, зокрема креслень, згідно стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), що є сукупністю головних дієвих та актуальних стандартів конструкторів і в Україні.

Для спрощення організації виробничих процесів [56, 57, 58, 76], зменшення собівартості виробу та покращення умов виробництва використовуються мультифункціональні прикладні програмами, але вони не здатні вирішити вищеописану проблему. Доволі актуальним прикладом є проблема проставлення автоматичних розмірів у програмах компаній-гігантів (Tekla structures [34], ArchiCAD [35], AutoCad (KIM project engineering solution) [36], Solidworks (DimExpert) [37, 38] та T-flex [39]) [60, 61, 62].

Станом на сьогодні не існує готових програм для створення КД виключно для задоволення оптичних цілей.

SPEOS CAA V5 Based [40] – це перший програмний продукт для моделювання оптичних явищ, розроблений компанією Dassault Systemes, з повною підтримкою інтеграції із системою автоматизованого проектування CATIA V5, що є важливим елементом одного з найбільш поширених технічних рішень в оптиці.

Таким чином, системи автоматичного проставлення розмірів є не досконалими, тобто не здатними повністю задовольняти потреби реального виробництва. Тому конструктор, який користується даною програмою, змушений вносити різного роду коригування, на що затрачається чимало часу.

2.2. Пошук недоліків у існуючих програмних засобах щодо створення конструкторської документації

Як показав аналіз останніх досліджень, CAD програми відомих компаній мають наступні недоліки:

1) відсутність можливості обрання баз в ручному режимі;

2) відсутність можливості обрання декількох баз в одній площині одночасно (наприклад, проставлення лінійних розмірів та міжосьових розмірів, послідовне проставлення розмірів між отворами);

3) неможливість прив'язки обраних в ручну розмірів до однієї із баз;

4) недоцільність та неактуальність проставлених розмірів.

Для багатьох компаній, що виробляють CAD програми існує багато проблематичних завдань, зокрема таких, що застосовуються для вирішення локальних задач.

Створення креслень, пов'язаних виключно із підбором оптичних параметрів, здійснюється CAD програмами загального призначення. Головним призначенням вище представлених програм є забезпечення користувача достатнім функціоналом для виконання та оформлення креслень згідно з галузевими вимогами та вимогами ЕСКД. Оптимізація програмних середовищ відбувається шляхом щорічних оновлень, випуском спеціальних модулів (наприклад, модуль ENOVIA DMU (CATIA DMU) дозволяє інтегрувати в єдиний цифровий макет дані, створені в таких системах, як Pro / ENGINEER, Solid Works, Unigraphics, I-Deas та ін.) та розширень, по перше, за актуальністю та потребами ринку, по друге, за зверненнями клієнтів та їх відгуками про програмний продукт щодо побажань та зручності користування, по третє, ведучи постійну конкуренцію щодо розробки та втілення нових рис новаторства та повної реалізації можливостей програми.

Тому шляхи вирішення локальних задач не завжди зручно виконувати програмами для загального користування.

2.3. Обґрунтування «застарілості» програмних засобів

В наш час, актуальною проблемою є розроблення КД на державних та приватних підприємствах з використанням застарілих технічних засобів, оскільки досягнення технічного прогресу не завжди відображається на «моделі», що є дієвою. В даному випадку під «моделлю» слід розуміти компанії, організації та установи, що тісно пов'язані з виробничою діяльністю як сфери приладобудування, так і машинобудування в цілому.

Причиною «застарілості» є часткове втілення прогресивних технологій в певні виробничі установи, тобто не на глобальному, а на локальному рівні. Очевидною причиною цього є недостатнє матеріальне та фінансове забезпечення, невміння наслідування розвитку відомих компаній-гігантів, успіху їх становлення та утвердження на «світовій арені» (економічному ринку).

Ще одна причина «відсталості» є неготовність до переходу на новий рівень діяльності, що призводило б до збільшення можливостей виробництва (наприклад, досягнення вищої точності або виготовлення деталей високого рівня складності з використанням п'яти-осевих верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК)).

Як наслідок, це виражається у відсутності застосування засобів комп'ютерного проектування та інформаційних технологій щодо створення КД на вироби, що мають різні геометричні розміри, але спільні параметричні параметри.

Перш за все, прикладом є подібні деталі одного призначення, зокрема для проведення оптичних експериментів в науково-дослідних організаціях, навчальних лабораторіях, де висуваються схожі вимоги щодо геометричних параметрів СР (наприклад, змінну лінійних, криволінійних, кутових розмірів, форми поверхні, фокусних відстаней), якості поверхні (тип і вид покриття, спосіб нанесення) та ін.

Існуючі програмні середовища та мультифункціональні прикладні програмами системи автоматизованого проектування (САПР) дозволяють створити креслення формально за декілька хвилин, але затратити від 60 до 90% від усього часу, що виділяється на процес проектування, на оформлення КД, зокрема креслення, згідно стандартів єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Шляхами вирішення цього явища є введення нових засобів та інновацій з метою удосконалення процесу проектування та створення креслень сферичних рефлекторів з використанням набору оптичних параметрів. Під реалізацією вищеописаних цілей розуміють створення спеціального ПЗ, що даватиме змогу спростити процеси виконання та оформлення креслень з дотриманням норм та вимог згідно Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) та норм галузевого напрямку.

Тому важливим рішенням є введення засобів автоматизованого проектування КД для спрощення виробничих процесів, орієнтованих як на дрібне та малосерійне, так і на масове виробництво.

Звичайно, змін потребують не всі компанії, адже невдало проведений аналіз діяльності компаній може нанести їм значних збитків або ж призвести до їх краху. Як приклад, придбаний верстат з ЧПУ на маленькому виробництві чи цеху може окуповувати свою собівартість за десятки років, а необережне залучення інвесторів приведуть компанію до банкрутства.

Тому для вибору шляхів розвитку та методики подолання «застарілості» на виробництвах слід враховувати вищеописане застереження.

2.4. Вимоги до конструкторських програмних засобів

Всі розроблені конструкторські програми, що призначені для створення КД, повинні підпорядковуватись вимогам наступних нормативних стандартів:

— ДСТУ ГОСТ 2.109-73. «Основні вимоги щодо оформлення креслень».

— ДСТУ ГОСТ 23501.101-87. «Системи автоматизованого проектування».

— ДСТУ ГОСТ 23501.105-85. «Єдина система технологічної документації (ЄСТД)»

— ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. «Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)».

Програмне забезпечення повинне бути регламентоване Законом України «Про авторське право і суміжні права».

Іншою вимогою є якість програми, тобто наявність набору ознак та властивостей програмних засобів для задоволення встановлених і передбачених потреб.

Складові функції якості зображені на рис. 2.1[41].

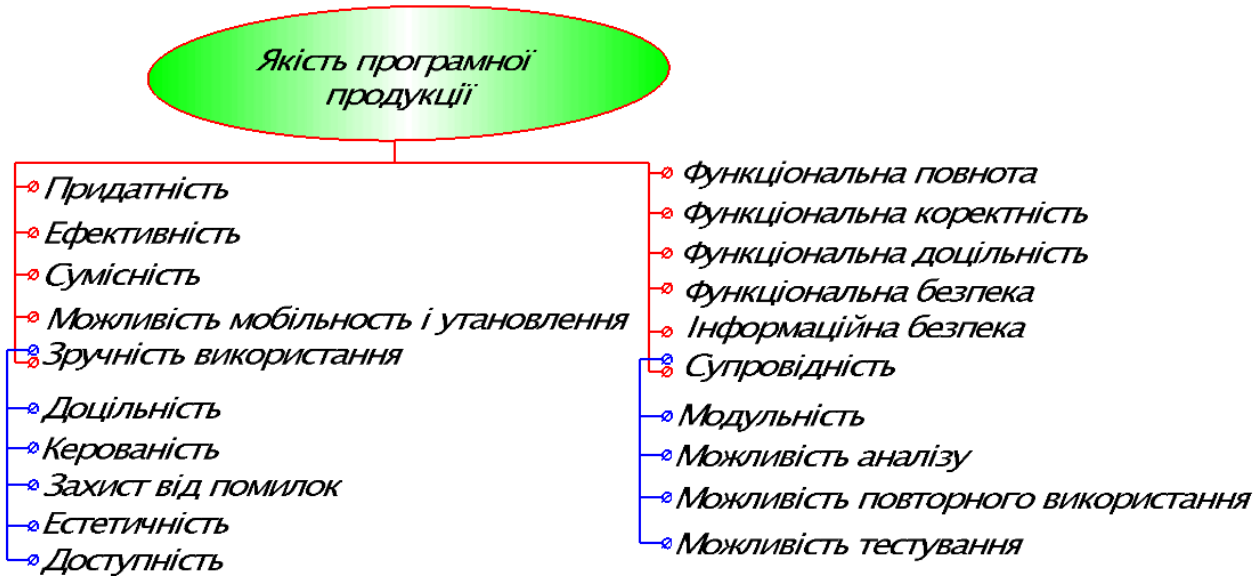


Рис.2.1. Функції якості програмної продукції.

2.5. Моделювання характеристик та функціоналу програми

Напрямок розроблення програми – створення КД сферичного рефлектора, що повинна включати в себе низку ключових можливостей створення, редагування, зміни, видалення, форматування (тексту), вирівнювання, позначення, проставлення розмірів, конструктивних параметрів та іншого функціоналу, щоб бути конкурентоспроможною та змогти подолати проблеми впровадження ПЗ у глобальний ринок висвітлені в [43].

Для створення КД необхідно сформувати потужну та функціональну програму, яка буде здатною вирішити поставлені (локальні) завдання і буде зручною у користуванні, тобто автоматично вирішувати такі питання як визначення перетину лінії та його редагування.

Іншим варіантом є створення ПЗ на основі API - Application Programming Interface (Прикладний програмний інтерфейс) , тобто використання уже готової програми, локалізувавши мету її роботи засобами автоматизованого проектування.

У цьому випадку, програмне середовище матиме набір всіх глобальних можливостей, вирішуватиме завдання створення креслення сферичного рефлектора, матиме можливість повторного використання та ін.

Для формування КД СР необхідно наступні функції:

— проведення осей (автоматичне, ручне);
— розміщення на форматі, підбір формату листа (автотматично);
— розрахунок маси деталі за матеріалом;
— створення зміни геометричних параметрів (за шаблоном);
— формування таблиці зі змінними значеннями (параметрична прив’язка);
— проставлення розмірів (автоматично);
— задання технічних вимог;
— заповнення кутового штампу;
— проставлення конструктивних знаків (шорсткості) та ін.

2.6. Нормативні стандарти щодо конструкторських документів

Окрім зазначених в розділ 2.4. «Вимоги до конструкторських програмних засобів» нормативних стандартів існує ряд інших стандартів, що також відносяться до об’єкту розроблення КД – сферичого рефлектора.

До таких стандартів відносяться наступні:

— ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 ЄСКД. Загальні положення.
— ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 ЄСКД. Електронні документи.
— ДСТУ ГОСТ 2.052:2006 ЄСКД. Електронна модель виробу.
— ДСТУ ГОСТ 2.053:2006 ЄСКД. Електронна структура виробу.
— ГОСТ 2.511 ЄСКД. Правила передачі електронних конструкторських документів. Загальні положення.
— ГОСТ 2.512 ЄСКД. Правила виконання пакету даних для передачі електронних конструкторських документів. Загальні положення.
— ГОСТ 2.611 ЄСКД. Електронний каталог виробів.
— ГОСТ 2.612 ЄСКД. Електронний формуляр. Загальні положення.
— ГОСТ 3-1901-95. Покриття оптичних деталей. Типи, основні параметри і методи контролю.
— ГОСТ 2.004-88 ЄСКД. Загальні вимоги до виконання конструкторських і технологічних документів на друкуючих і графічних пристроях виводу ЕОМ.
— ДСТУ ГОСТ 2789-93. Шорсткість поверхні. Параметри і характеристики.
— ДСТУ ГОСТ 11141-94 Деталі оптичні. Класи чистоти поверхні. Методи контролю.
— ГОСТ 34.310-95. Інформаційна технологія. Криптографічний захист інформації.
— Інші вимоги, зокрема до матеріалу заготівки.

2.7. Впровадження принципів науковості

Науковість – один із головних принципів дидактики, що застосовується у багатьох підходах щодо організації процесів (наприклад, навчання чи розроблення програм) з впровадженням сучасних досягнень науки і техніки, новітніх методик, що ґрунтуються на позитивних результатах наукових досліджень [1].

Згідно з принципом науковості, усі способи обґрунтування положень, законів, формування понять, що вивчаються, повинні бути достовірними та науково правильними, тобто, передбачати розкриття причиново-наслідкових зв'язків явищ, процесів, подій, включення в засоби навчання науково перевірених знань, які відповідають сучасному рівню розвитку науки [2].

У даному випадку це застосування засобів розроблення програмного середовища, зокрема без функції аналізу розміщення, перетину ліній між собою та іншими об’єктами. Тому вимогою щодо умов реалізації принципу науковості при виконанні практичних робіт є огляд останніх досягнень науки.

Забезпечення цього принципу досягається не тільки виконанням функцій аналізу і синтезу. Перш за все, це використання середовища розробки останньої версії ПЗ, що є у відкритому доступі, наприклад програмне середовище (ПС) Kompas.

Із принципу науковості випливають наступні задачі:

- Інформування із досягненнями та розробками світових компаній;
- Ознайомлення із історією розвитку ПЗ;
- Виконання позначення відповідно до змін в нормативних стандартах (наприклад, дзеркальність оптичної поверхні);
- втілювати перспективи розвитку науки у створені програмні засоби;
- коригувати знання, здобуті самостійно за допомогою засобів масової інформації, тобто керуватись першоджерелами, нормативними документами та стандартами (ДСТУ, ГОСТ, DIN, ISO та ін.) та інші осередками задач створення КД.

2.8. Використання сучасних можливостей автоматизованого проектування для створення конструкторської документації

Роботам щодо створення нової продукції передують науково-дослідні, експериментальні роботи (НДР, ДКР, ДТР). Вони виконуються з метою перевірки запропонованих конструктивних та інших рішень, встановлення показників її якості та перевірки їх відповідності цілям реалізації [44].

Створення КД щодо виготовлення будь-яких виробів розробляється на підставі технічного завдання, що включає в себе наступні технічні документи, регламентовані стандартами ЄСКД (рис.2.2) [45]:

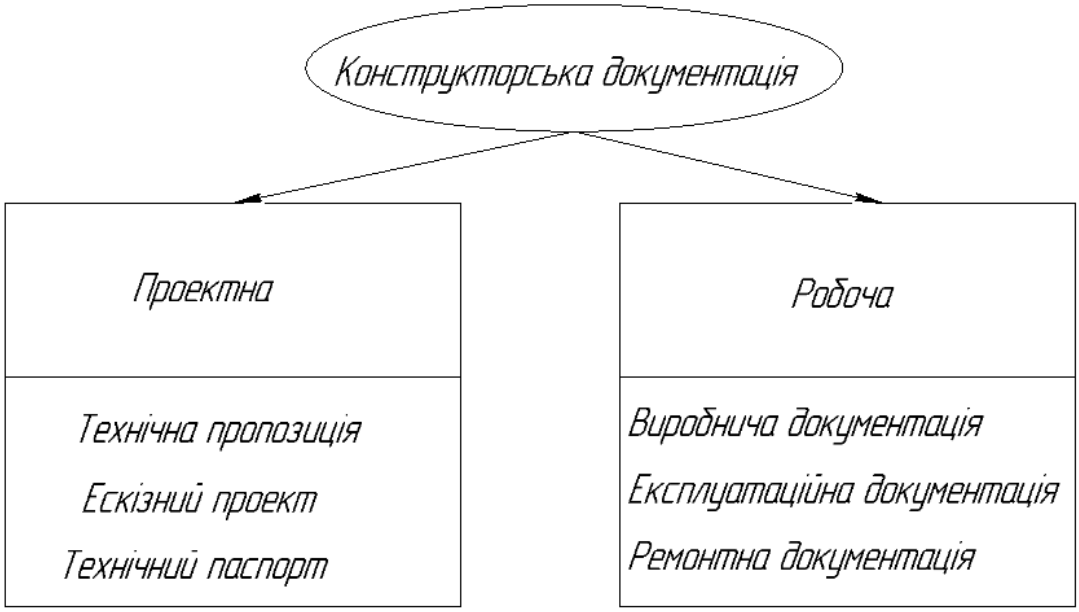


Рис.2.2. Види конструкторської документації.

— Проектна документація включає в себе підготовчі стадії проведення технічних та конструкторських обрахунків, що визначають вимоги, потреби та можливості реалізації задуму.
— Технічна пропозиція полягає у технічному та техніко-економічному обґрунтуванні, формується у письмовій формі провідним конструктором із визначенням вибору оптимальності та можливостей виробу.

— Ескізний проект, як спрощене креслення, дає базові поняття про вигляд, конструкцію та інші конструктивні розв’язки, описується з представленням ескізу, що створюється в зручному для конструктора CAD середовищі.
— Робоча конструкторська документація базується на виробничій, експлуатаційній та ремонтній документації, за якою виготовляють, контролюють, здійснюють експлуатацію та ремонт.
— Виробнича КД виражена створенням робочого креслення з метою виготовлення деталей. Розроблення даного виду документації можливе із застосуванням прикладних програм САПР, що мають локальний характер, тобто створені виключно з для досягнення поставленої мети.
— Експлуатаційна КД призначена для вивчення конструкції виробу та правил його використання. Виконання даного типу документації може відбуватися як в спеціально-розробленому САПР, так і CAD середовищах.
— Ремонтна документація включає контроль та засади ремонтоспроможності виробу, що є описовою та може визначатися в паспорті на об’єкт виробництва.

Таким чином, кожний вид КД відповідає за певні технічні особливості, виконання яких може здійснюватись як з використанням засобів автоматизованого проектування, так і ПЗ CAD.

2.9. Умова ефективного функціонування програмного забезпечення

Головною умовою використання розробленого ПЗ є його здатність до вирішення поставленої мети – створення КД сферичного рефлектору.

Важливим ключовим фактором також є те, що ПЗ повинно бути зручним та достатнім по функціональним можливостям для виконання додаткових конструкторських потреб, наприклад, проставлення квалітетів точних розмірів.

Тому створення ПЗ засобами API SDK Kompas є доцільним рішенням у даній ситуації, адже дане програмне середовище дозволяє локалізувати проблему засобами автоматизованого проектування та створити швидке формування креслень за одним із розроблених шаблонів на основі використання таких функцій як авторозмір, параметричних прив'язок, визначення вільного місця на форматі, маси, масштабу, автоматичне розміщення креслення та ін.

Однією із головних рис створеного ПЗ є те, що користувачам не потрібно переходити до опанування нових програмних середовищ, а працювати в знайомому середовищі Kompas.

У майбутньому передбачається розширення проекту - створення засобами API SDK інших видів програмних засобів для середовищ AutoCad, Solidworks, KATIA, T-Flex та ін.

Умовами ефективного функціонування ПЗ також є попит на ринку праці та конкурентоспроможність ПЗ, що проявляється у багатьох факторах для проектування схожих за геометричними розмірами деталей однієї конструкції.

Тому використання даного ПЗ є прикладом втілення та задоволення потреб щодо виготовлення сферичних рефлекторів, в також – використання принципу науковості, що базується на використанні стандартів типу ДСТУ та ГОСТ.

2.10. Роль втілених засобів в розроблене програмне забезпечення

В даний ПЗ було втілено ряд функцій, сформованих як команди об’єктно-орієнтованої мови програмування, що задовольняють основним її принципам:

— наслідування;

— поліморфізм;

— інкапсуляція;

— абстрагування.

Важливість результату виконання ПЗ, перш за все, відображається на користувачах, їх ставленні до опанування ПЗ, доцільності використання та задоволенні поставлених потреб.

Принцип науковості, який полягає у використанні діючих державних стандартів України, також має вплив на користувачів щодо використання першоджерел та засад ДСТУ при розробленні та оформленні креслення.

Побудова програм із залученням програмістів не завжди є поширеною та доцільною на ринку праці [73, 74], оскільки провідні компанії прагнуть розробити своє програмне забезпечення або зусиллями провідних конструкторів, однак використання та дороблення програмних продуктів провідних компаній можлива кожному, хто має її ліцензію.

Реалізація даного проекту – це перший крок у створенні програм подібного призначення для досягнення локальних цілей шляхом запрограмування відкритого програмного середовища популярних програм.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В процесі виконання даної магістерської дисертації також було проведено аналіз проблематики існуючих програмних засобів щодо виготовлення конструкторської документації деталей на прикладі сферичного рефлектора. За опрацьованими пошуками можна зробити висновок про те, що ПЗ відомих компаній не досягнуло вершини свого розвитку та потребує втілення іновацій, пошуку нових технічних рішень для вирішення локальних завдань, удосконалення функцій проставлення (проставлення розмірів автоматично) та покращення зручності при користуванні програмним середовищем в цілому.

Пошук недоліків існуючих способів, що виникають при створенні технічних документів, зокрема креслень дає змогу визначити слабкі сторони ПЗ, проаналізувати їх, оцінити можливості їх реалізації у створенні власного програмного продукту.

Підтверджено актуальність даної проблеми на прикладі опису «застарілості» програмних засобів для створення КД, що використовуються більшістю компаній до цих пір.

Рішенням постало створення ПЗ з описом основних засад науковості, що визначає функціонал програми з використанням сучасних програмних можливостей засобів автоматизованого проектування.

Створення будь-якої КД повинне бути виконане відповідно до стандартів (ДСТУ, ГОСТ) та інших офіційних нормативних документів та вимог, що діють у галузевих напрямках.

Застосування принципів науковості та засобів автоматизованого проектування дозволяє покращити створення КД для виготовлення СР, зробивши цей процес зручним та підлаштованим під конкретні потреби виробництва.

3. Види забезпечення САПР як ключовий аналіз програмного продукту

3.1. Інформаційне забезпечення

Інформаційним забезпеченням є набір представлених у певній формі відомостей про об’єкт, що розкривають його характеристики, необхідні для виконання цілей автоматизованого проектування [46].

Під *«відомостями»* (*інформаційними даними*) розуміють сукупність інформації, що представлена в формалізованому вигляді, тобто символів, графіків, таблиць, креслень тощо [47].

Інформаційне забезпечення будь-якого процесу базується на трьох видах інформації, зображеної на рис. 3.1.

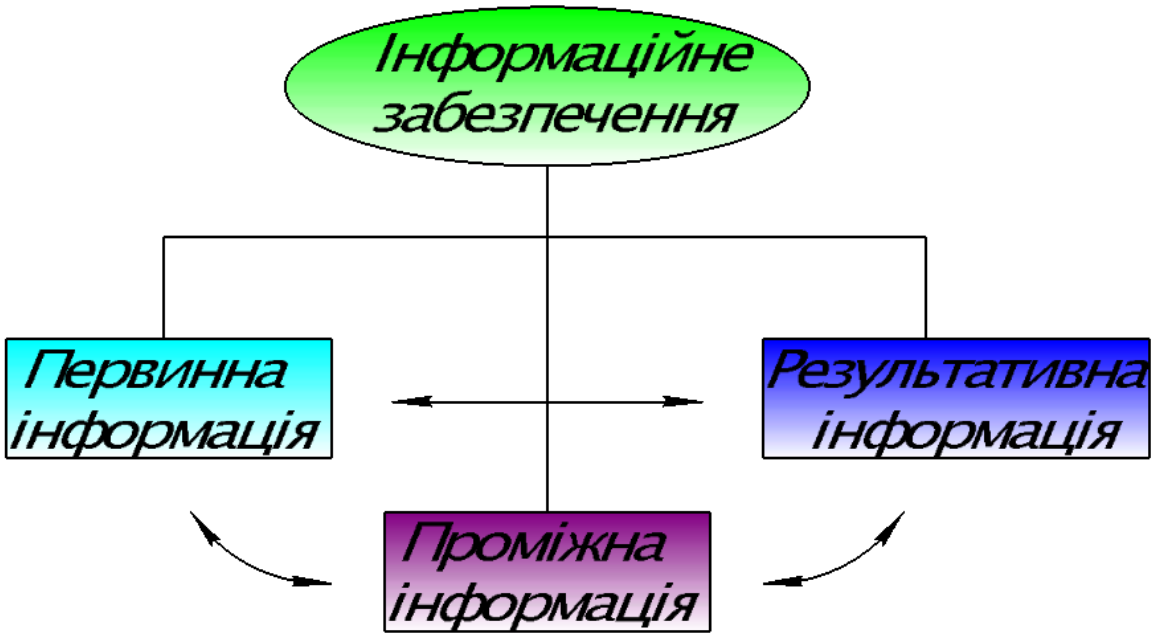


Рис.3.1. Складові інформаційного забезпечення.

Первинна («зовнішня») інформація – це сукупність даних, що надходить із джерел зовнішнього середовища, і включає в себе набір властивостей, що характеризують вид діяльності, вимог щодо реалізації поставленого завдання, конкретних параметрів об’єкта та ін.

У даному випадку, до первинної інформації належать основні характеристики сфероїдного рефлектора, в основі якого лежить еліпс. В залежності від обраного типу рефлектора, обов’язковими геометричними розмірами, що задаються є - розмір великої (головної) та малої (допоміжної) осей, форма рефлектора (паралелепіпед, циліндр).

Першим типом СР є звичайний (рис.3.2 а), другим – з отвором (рис.3.2 б), третій – зрізаний (рис.3.2 в) і четвертий – напівзрізаний (рис.3.2 г).

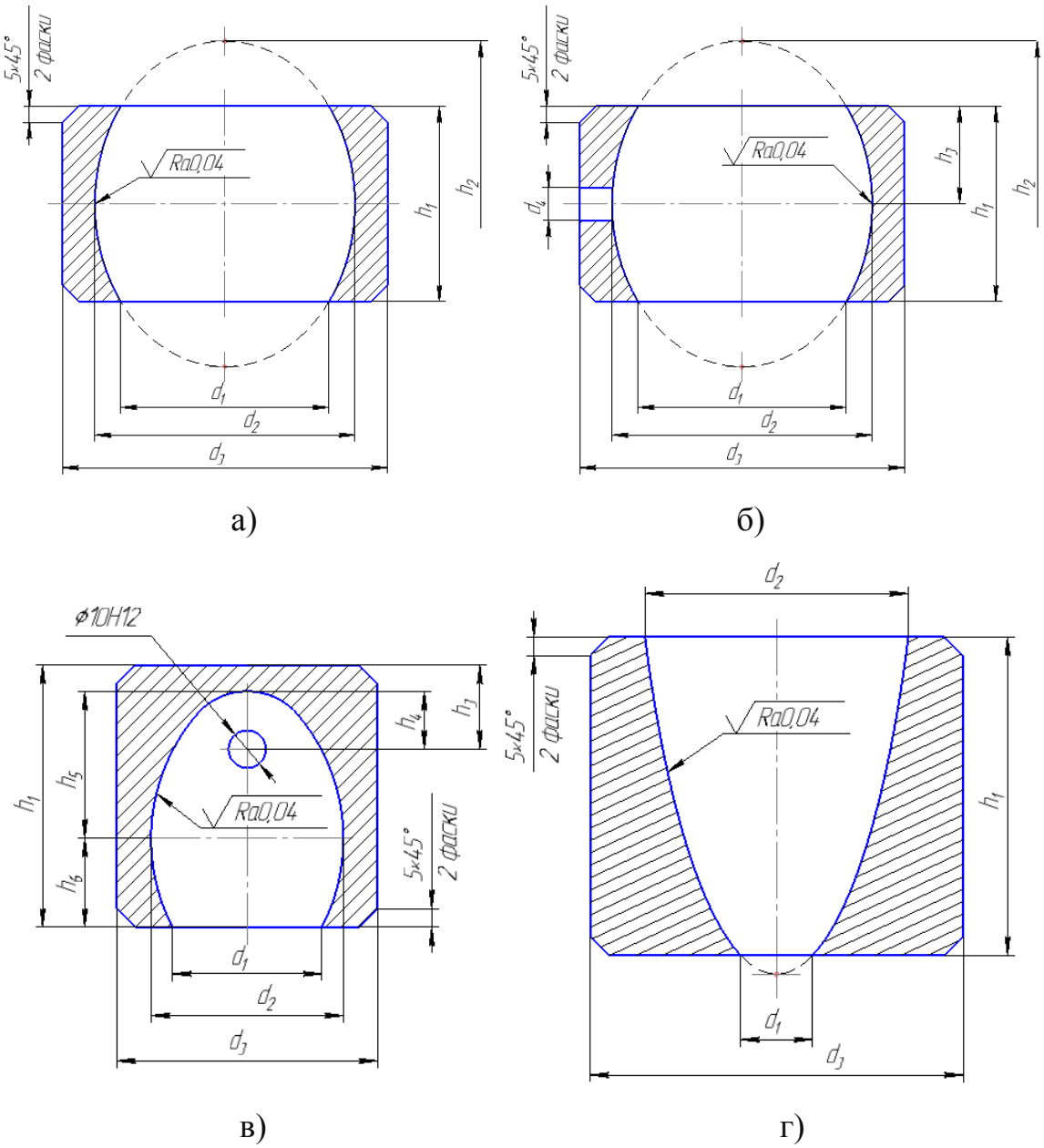


Рис. 3.2. Типи сферичних рефлекторів: а – звичайний, б – з отвором, в – зрізаний, г – напівзрізаний.

Допоміжними параметрами, як потокова вхідна інформація можуть виступати ексцентриситет, фокальний параметр (відстань), діаметр фокусного отвору, відстань від площини до фокусного отвору, діаметр отвору на боковій поверхні, відстань від площини до отвору на боковій поверхні.

Для створення креслення СР необхідно задавати основні параметри. Найзручнішим способом є побудова деталі за двома довжинами осей або ексцентриситет і довжина однієї із сторін, або фокальна відстань та: одна із сторін, ексцентриситет.

Зовнішня інформація також може являти собою дані, які характеризують вимоги до рефлектора відповідно до його призначення та за певних умов середовища, яке піддається дослідженню, зокрема, тип покриття.

Вхідну інформацію запозичують із достовірних джерел або за вимогами конструктора щодо виконання технічного завдання (ТЗ).

Проміжна («в*торинна») інформація* – це інформація, що утворюється в ході виконання програми та слугує розрахунками для побудови та розміщення деталі на кресленні, проставленні розмірів та визначенні інших допоміжних значень.

До неї належать: коефіцієнти, фактичні дані про стан виконання (штриховка), обрахунки параметрів геометричної побудови еліпса, як базової складової частини рефлектора та ін.

*Результативна (*вихідна*) інформація* – це інформація, отримана на завершальній стадії виконання програми внаслідок виконання аналізу та обробки вхідної та проміжної інформації.

Більш детально щодо інформаційних технологій та автоматизованого проектування можна ознайомитись в наукових роботах [52 та 53].

У даному випадку, в наслідок виконання програми, вихідною інформацією є готове креслення СР, а також таблиця з параметрами еліпсоїда.

Отже, представлення ПЗ у вигляді інформаційної моделі дозволяє осмислити які дані необхідно для створення креслення СР.

3.2. Математичне забезпечення

Математична модель [59] охоплює сукупність математичних методів або співвідношень, що описують об'єкт, процес або явище, що досліджується шляхом розв'язання задач за допомогою спеціально створених *формалізованих* «моделей» [63, 72], алгоритмів опису, визначення параметрів реального об'єкту [48].

Ключовою перевагою використання ММ є можливість одержати інформацію про об'єкт проектування без проведення практичних експериментів, а шляхом наслідування (перенесення) його характеристик для подальших досліджень [64].

Основними вимогами до будь-яких математичних моделей є [50]:

- універсальність;
- точність;
- адекватність;
-економічність.

Під ***універсальністю*** розуміють багатофункціональність математичної моделі для проведення аналізу різноманітних груп об'єктів та процесів, що підлягають дослідженні.

Точністю математичної моделі виступає ідентичність даних, властивостей, характеристик реальних об'єктів (процесів) із тими, що були виконані як математична модель.

Параметр ***«адекватність»*** полягає у здатності відображати властивості об'єкту до змодельованої ММ із відносно малою похибкою, що задається при її проектуванні.

Похибка δ_j, що виникає в процесі створення ММ залежить як від «зовнішніх» *Q,* так і від «внутрішніх» *P* факторів [51].

Під «зовнішніми» параметрами розуміють вхідні дані, отримані із реальної моделі шляхом вимірювання, reengineering, аналізу та ін. «Внутрішніми» параметрами є дані, що пройшли перший етап обробки

(наприклад, обробка масиву інформації), чи розраховуються в процесі створення математичної моделі.

Найчастіше похибка виникає в результаті:

— задання вхідних даних як потокового набору (масиву значень);

— аналіз та обробки, що наближують розрахунки та впливають на результат виконання програми;

— недостатній набір параметрів вхідної інформації;

— використання розрахунків з використанням даних та коефіцієнтів за замовчуванням.

Формула (3.1.) виражає умову адекватності на області D [48]:

$$D = \{Q | \varepsilon_m \le \delta\}, \tag{3.1}$$

де Q – набір зовнішніх параметрів, ε_m – похибка моделі, δ – гранично допустима похибка.

Економічність математичної моделі – характеризується затратами обчислюваних ресурсів на її реалізацію, такими як: часу, який необхідний для створення математичної моделі, об’єму машинної пам’яті, використання програмного середовища програмування, програмного забезпечення, оплати кваліфікованому професіоналу (наприклад, IT спеціалісту) для її реалізації та ін.

Фізичний зміст математичної моделі полягає у змістовній інтерпретації кожного кластера моделі, якому привласнюють змістовну назву, що описує його сутність. Для виконання поставленої мети необхідно визначити ознаки, за якими об'єкти об'єднують в кластер, наприклад шляхом статистичного аналізу властивостей об'єкта.

Формально задача побудови ММ описується наступним чином:

Задаються окреслені (визначені) розміри креслення відповідно до формату аркуша (А1, А2, А3, А4 і т.д.), що можуть бути вільно змінені

користувачем у програмному середовищі.

Побудова креслення розпочинається із формалізації вхідних параметрів еліпса таких як довжина малої та/або великої осей і/або ексцентриситету.

Заданих вхідних параметрів повинно бути достатньо для розрахунку та побуди інших геометричних розмірів СР.

Формули для визначення розмірів еліпса наведено в розділі 1.4. «Особливості сферичних рефлекторів». Головними формулами є розрахунок наступних параметрів:

— ексцентриситет (1.7);

— фокусна відстань (1.10).

Іншими формулами можуть виступати:

— знаходження відстані від центру еліпса до дисектриси (3.2);

— знаходження дотичної (3.3);

— визначення довжини дуги еліпса – складний еліптичний інтеграл (3.4);

— наближений розрахунок периметра (3.5);

— розрахунок маси (3.6).

$$d = \frac{a^2}{c}, \tag{3.2}$$

де a – велика піввісь еліпса, c – фокусна відстань еліпса.

$$\frac{x_0}{a^2} x + \frac{y_0}{b^2} y = 1, \tag{3.3}$$

де a – велика піввісь еліпса, c – фокусна відстань еліпса.

$$l = a\int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - k^2 \cos^2 t}\, dt\,, \tag{3.4}$$

де a – велика піввісь еліпса; t_1, t_2 – початкова та кінцева точка дуги (в рад.); $k = \frac{b^2}{a^2} + 1, k < 1$ – коефіцієнт зведення рівняння.

$$P = 4 \cdot \left(a^{\frac{\ln(\frac{\pi}{2})}{\ln 2}} + b^{\frac{\ln(\frac{\pi}{2})}{\ln 2}} \right)^{\frac{\ln(\frac{\pi}{2})}{\ln 2}}, \tag{3.5}$$

де a – велика піввісь еліпса, b – мала піввісь еліпса, π - число Піфагора (3,142857).

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot (\pi \cdot R^2) \cdot h = \rho \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h\,, \tag{3.5}$$

де ρ – густина матеріалу, V – об'єм сфероїда, π - число Піфагора (3,142857), h – висота рефлектора, R – зовнішній радіус рефлектора, r – внутрішній радіус рефлектора.

Густина найпоширеніших видів металів наведено в табл. 3.1.

Табл. 3.1. Густина металів

№	**Вид металу**	**густина, кг/м^3**
1	Алюміній	2700
2	Сталь	7800
3	Срібло	10500
4	Золото	19300
5	Свинець	11300
6	Мідь	8900
7	Титан	4506

3.3. Програмне забезпечення

3.3.1. Опис розробленого програмного забезпечення

Для реалізації математичної моделі було використано формули перераховані у розділі 3.2 «Математичне забезпечення».

Програмного забезпечення було сформованого ПЗ SDK (Software Development Kit- Набір інструментів для розробників), API (Application Programming Interface - Прикладний програмний інтерфейс) Kompas V17.1 у ПС Microsoft Visio Studio Community 2019 на мові програмування C#.

C# - це одна із найпопулярніших та найвживаніший об'єктно-орієнтованих мов програмування, синтаксис якої є близьким до Java та C++,та виконує основні принципи ООП: поліморфізм, наслідування, абстрагування, інкапсуляція та ін. Завдяки рисам ООП мова є зручною, простою у використані, має широкий синтаксис та функціонал.

На даний час, Kompas V17.1 – остання доступна версія ПЗ, зокрема, для студентів з підтримкою API SDK.

Називається створене ПЗ «S-CAD» (скорочено від «Self-CAD» (англ.) сам, самостійно і Computer Aided Design - система автоматизованої розробки програм) та потребує 129,360 байт пам’яті постійної пам’яті. ПЗ виражене у 975 рядках та повністю задовольняє поставлену ціль магістерської документації, якою є створення КД СР засобами автоматизованого проектування.

Розроблене ПЗ – це одне із найкращих технічних рішень у середовищі САПР [65], оскільки його використання є доступним для користувачів головного продукту компанії Askon – Kompas.

Не зважаючи на те, що програмний продукт «S-CAD» запрограмований для вирішення локальної мети – у його функціоналі є набір усіх зручних команд для залучення користувачів з усього світу до користування даним ПЗ.

3.3.2. Принцип дії програмного забезпечення

Після запуску S-CAD.exe (launcher) з'являється діалогове вікно, представлене на рис. 3.3. Для роботи зі створеним ПЗ необхідно, щоб на персональному комп'ютері, де відбувається запуск ПЗ було встановлено Kompas v 17.1 та набір SDK.

Рис. 3.3. Головне вікно програми: 1 – комірка «тип рефлектора», 2 – поле вводу розміру великої півосі, 3 – поле вводу розміру малої півосі, 4 – поле вводу параметра «ексцентриситет», 5 – параметр форми, 6 – кнопка розрахунку, 7 – результати розрахунку, 8 – кнопка відкриття графічного середовища програми та початку розрахунків, 9 – дані про програму та розробників, 10 – кнопка виходу із програми.

Спочатку обирають тип СР серед переліку випливаючи із комірки 1 (рис. 3.3.): звичайний, з отвором, зрізаний, напівзрізаний. Види СР представлені на рис. 3.2.

Наступним кроком є введення даних у вікна 2-4 (рис. 3.3) у кількості двох параметрів. У випадку задання одного параметру, програма не зможе виконати розрахунок, а у разі задання тьох параметрів, (один з яких виражається формулою (1.7), тобто є взаємопов'язаними між собою математично), що не відповідає математичному зв'язку (1.7) – програма теж буде конфліктувати.

Результати програми висвітлюються в вікнах 7 (рис. 3.3) та представлено на рис. 3.4.

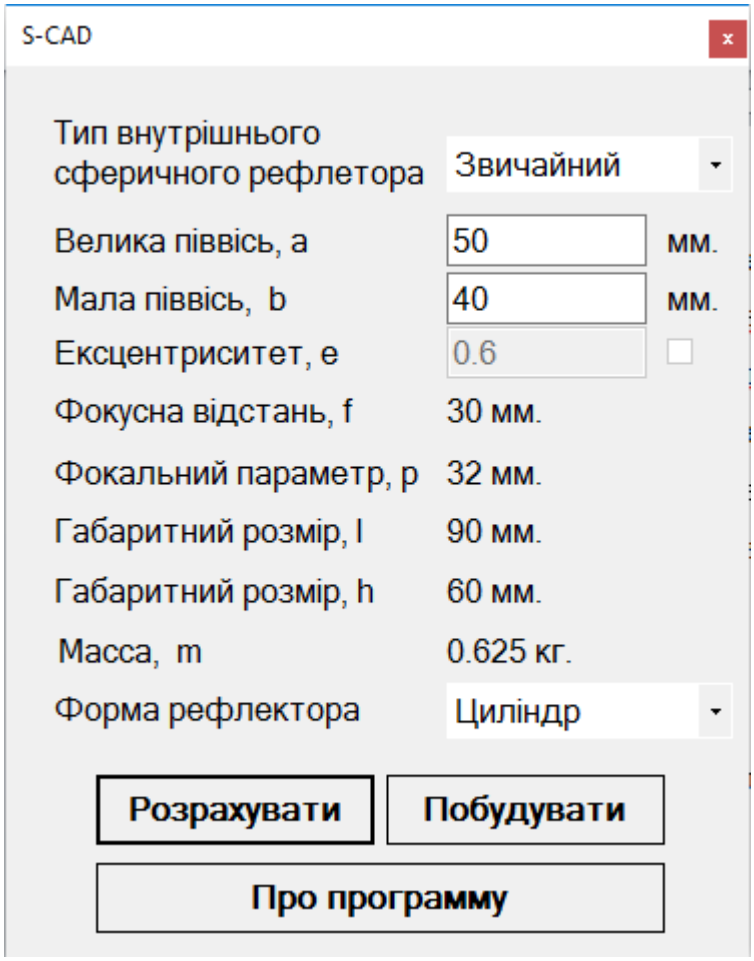


Рис. 3.4. Головне вікно програми з розрахунками.

У випадку, якщо отримані дані задовольняють потребам моделювання, натискаємо кнопку 8 (рис.3.3) та чекаємо запуску ПС Kompas V17.1 та відкриття програмного вікна із інформаційним сповіщенням «Готово» (Рис. 3.5.)

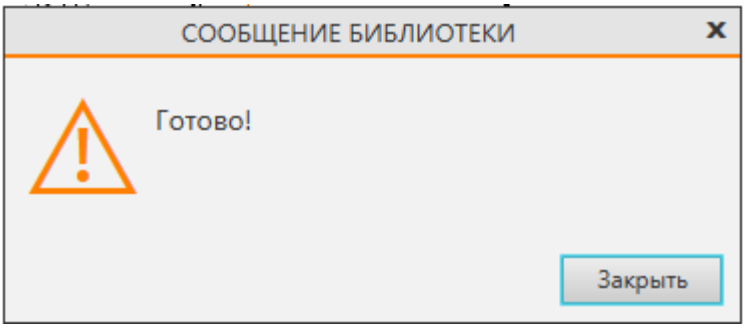


Рис. 3.5. Інформаційне сповіщення про готовність виконання створення КД СР за розрахованими параметрами.

Результат виконання ПЗ представлений на рис. 3.6.

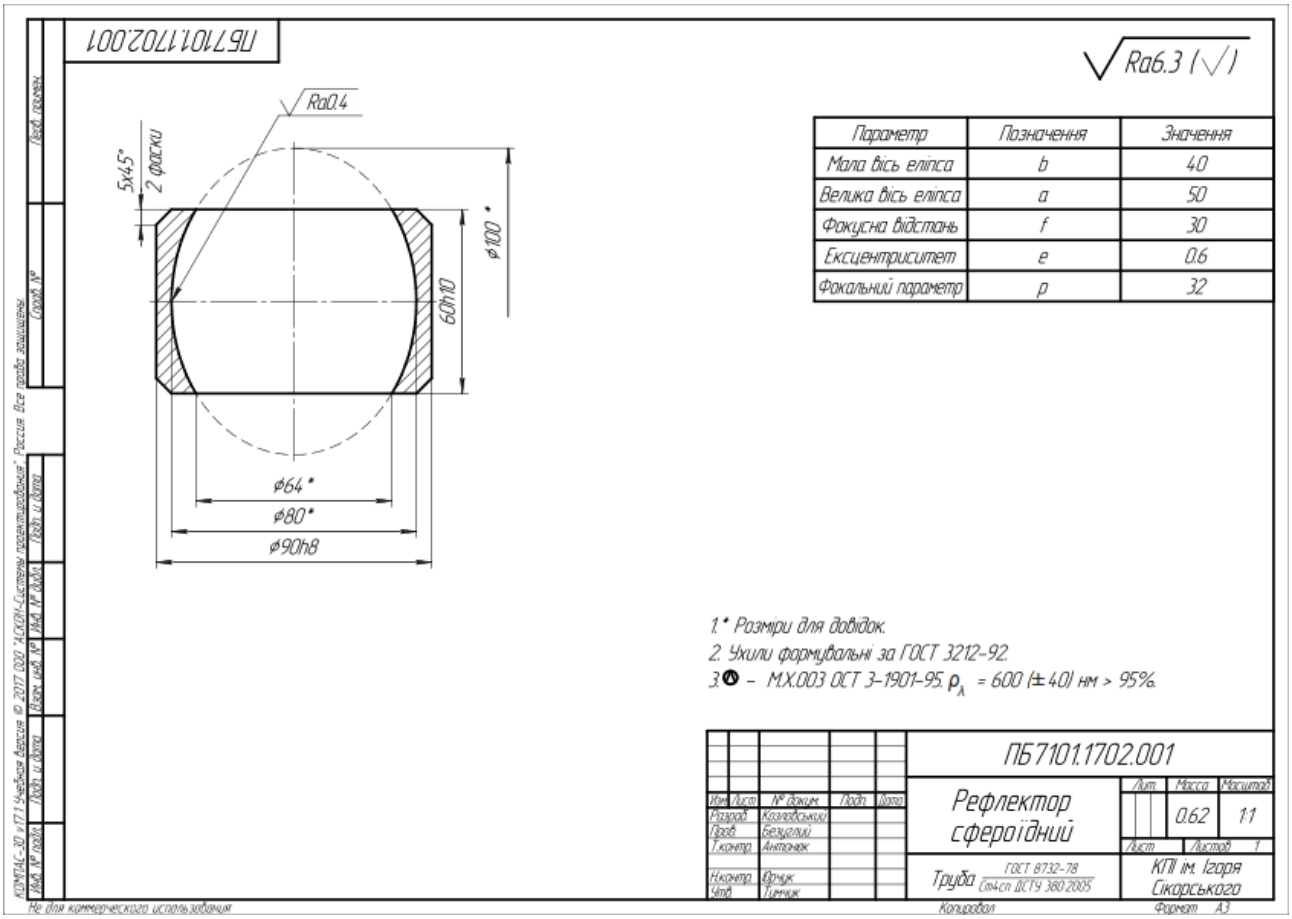


Рис. 3.6. Результат виконання ПЗ.

Отриманий результат піддається легкому редагуванні зручними для користувачів широким набором функцій та можливостей ПО Kompas.

Дана програма має значні спрощення та не потребує задання усіх параметрів креслення, оскільки головна її мета – створення креслень сферичного рефлектора з підбором (моделюванням) його геометричних характеристик, необхідних для задоволення цілей оптичних експериментів, що були розглянуті в розділі 1.6. «Напрямки застосування сферичних рефлекторів»

На головному вікні програми (рис. 3.3) також є кнопки 9 та 10, що відповідають відкриттю нового діалогового вікна «Про програму» (рис. 3.7) та команди завершення роботи із ПЗ – «Вихід».

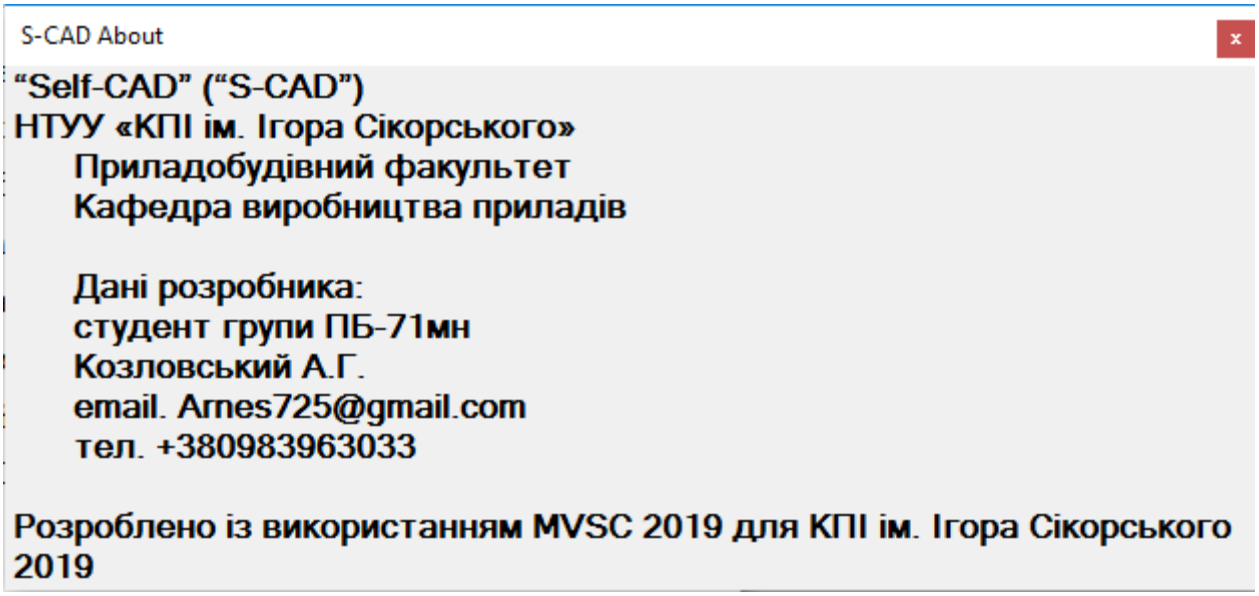


Рис.3.7. Діалогове вікно «Про програму та розробників»

Отже, розроблене ПЗ має ряд переваг, що визначають його актуальність:

— моделювання параметрів еліпса (сфероїда);
— швидке створення креслення за будь-якими параметрами, що розраховані в головному меню;
— формуванні вікна з характеристиками (рис.3.6);
— можливість зручного редагування інформації засобами ПС Kompas;
— підтримка всіх сучасних можливостей ПС Kompas та ін.

3.3.3. Алгоритм виконання програми

В основі виконання програми закладений алгоритм, що виконує наступні функції:

1. Розраховує значення СР такі як: масу, ексцентриситет, фокальний параметр, фокусну відстань та габаритні розміри.
2. Створює креслення за обрахованими розмірами.
3. Створює таблицю з характеристиками СР.
4. Завантажує та підключає наступні фрагменти: шаблон листа Kompas з кутовим штампом та рамкою, таблицю та технічні вимоги.

Загальний алгоритм виконання програми представлений на рис. 3.8.

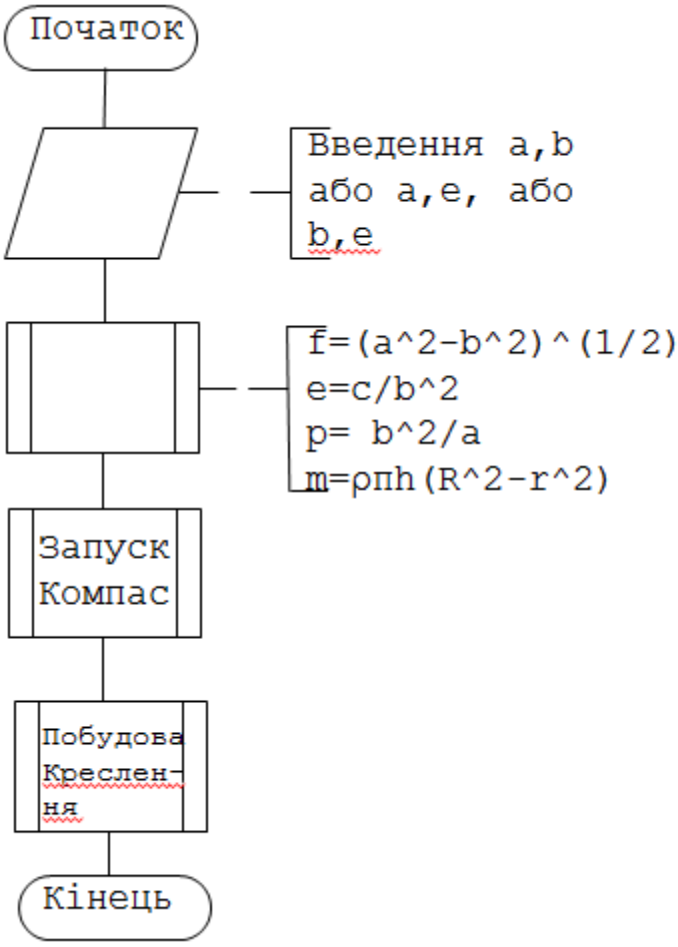


Рис.3.8. Загальний алгоритм виконання програми.

3.4. Організаційне забезпечення

Під організаційним забезпеченням розуміють набір документів, що визначають організацію об'єкту проектування [68], його складових частин [69, 70, 71], що визначають характеристики, властивості та функції, які тісно пов'язані між собою і призначені для забезпечення результату проектування у вигляді проектних документів.

Також організаційним забезпеченням встановлено відносини між працівниками та технічними засобами.

У даному випадку, відносини базуються на чотирьох сторонах-учасниках щодо поширення та використання розробленого ПЗ (рис. 3.9.).

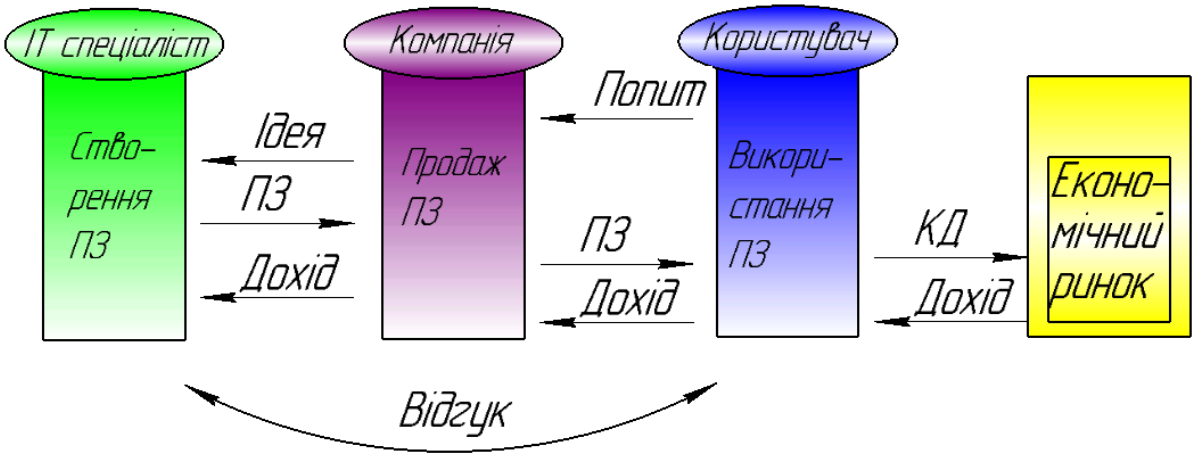


Рис. 3.9. Організаційне забезпечення як вид взаємовідносин на економічному ринку.

На економічному ринку домінують відносини між поставниками (компаніями, IT спеціалістами) та споживачами (компаніями, фізичними особами), які функціонують у межах бізнес-відносин між собою [49].

Тому, до організаційне забезпечення створеного ПЗ належать всі юридичні та фізичні особи, що пов'язані з його створенням, реалізацією та використанням з обов'язковим до підтверджується документально (договори на покупку ліцензії, контракт на розроблення ПЗ та ін.).

3.5.Технічне забезпечення

Технічне забезпечення ґрунтується на взаємозв'язку технічних засобів, що забезпечують діяльність та можливість виконання автоматизованого проектування, та підтверджується відповідними документами.

Технічними засобами є всі прилади, пристрої та обладнання, що виконують функцію забезпечення виконання певних визначених процесів. На рис. 3.10 детально наведено перелік ТЗ.

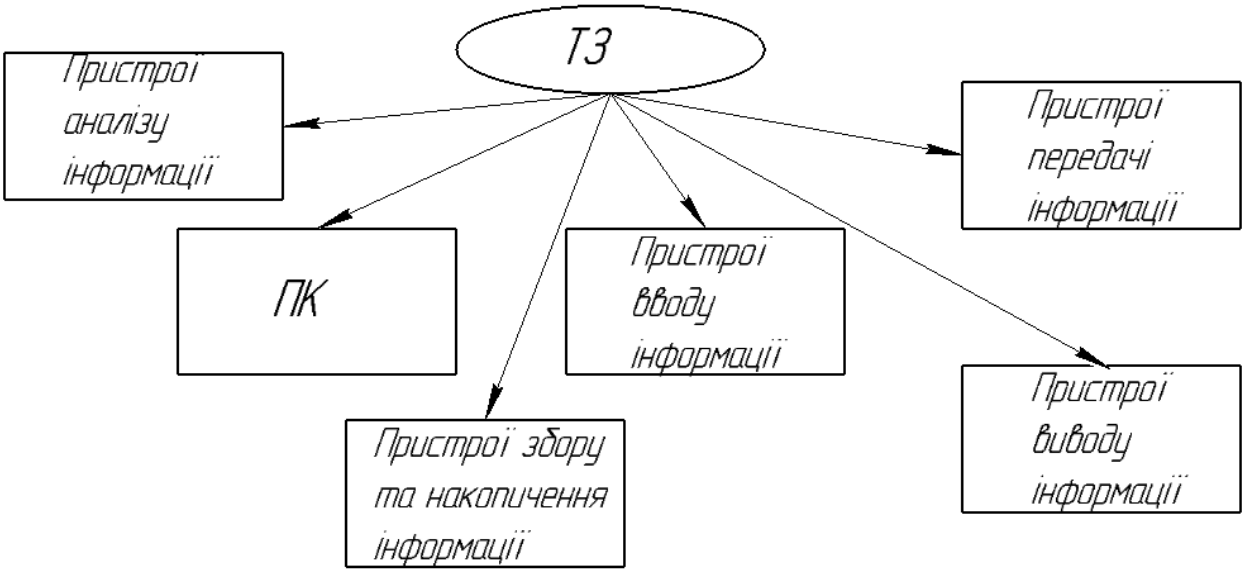


Рис. 3.10. Технічні засоби, що використовуються для роботи розробленого ПЗ.

Головними допоміжними засобами підтримання функціонування ПЗ є операційна система (windows, Linux), ПО (Microsoft Visual Studio або аналоги, що підтримують C#).

Засоби для забезпечення функціонування ПЗ є досить важливими, адже без них неможливе користування розробленим програмним продуктом.

3.6. Лінгвістичне забезпечення

Даний вид забезпечення полягає у використанні мов програмування, що забезпечують реалізацію програм та розкриття їх повного функціоналу завдяки синтаксису, підключеним модулям та функціоналу.

Існує багато мов програмування, особливо помітно розвиваються такі сучасні мови як Ruby, Objective-C, Swift, Scala, Shell, Go та ін.

Головними осередками програмування залишаються такі мови програмування як: JavaScript, Java, Python, PHP, C#, C++, CSS.

Основною вимогою до мов програмування, що використовуються в САПР, є їх здатність вирішувати поставлених задачі в певних сферах за визначених умов та обмежених ресурсів.

Обраною мовою програмування було обрано C#, що є мовою ООП, та підтримує наступні концепції: інкапсуляція, наслідування, поліморфізм та абстракція.

Сутність *інкапсуляції* полягає у приховуванні впливу «класу» на «об'єкт» програмування, тобто ті властивості, що стосуються класу можуть бути не релевантними по відношенню до «об'єкта»

Інша властивість ООП – *наслідування* підкласами інформації, що притаманна класам.

Поліморфізмом виступає як можливість застосовувати одинакові методи, що будуть виконувати різні функції у різних класах.

Абстракція – це спрощення шляху виклику операторів в середині класів та об'єктів.

У даному випадку, для створення ПЗ було використано всі принципи ООП, що дозволяє зробити написання програми зручним та компактним.

3.7. Методичне забезпечення

Даний вид забезпечення полягає у наборі документів для забезпечення змісту, вимог та селекції засобів забезпечення автоматизованого проектування.

Згідно ГОСТ 23501.10. Системи автоматизованого проектування, види і комплектність документів методичне забезпечення визначені наступними обов'язковими складовими, що представлені на рис. 3.11.

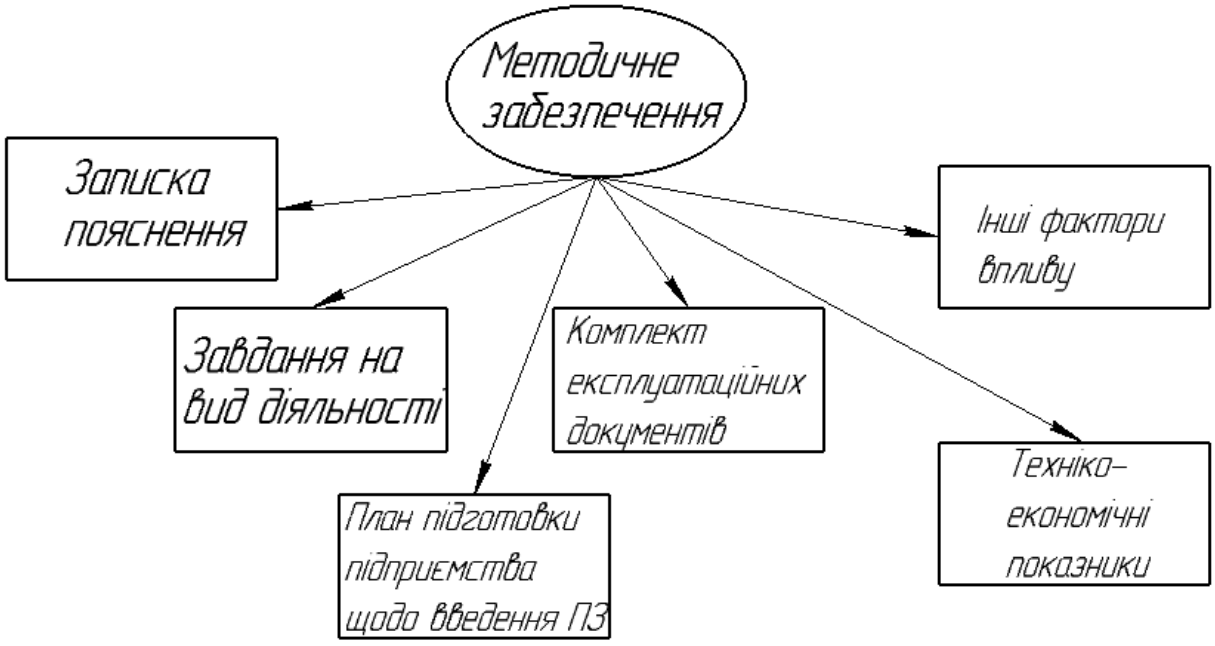


Рис. 3.11. Обов'язкові складові методичне забезпечення.

Завдання виду діяльності включає в себе розроблення забезпечення на проведення електричних, електро-монтажних та інших видів робіт.

Під іншими факторами впливу на засоби забезпечення автоматизованого проектування розуміють зміну вектора розвитку компанії чи ліквідації застарілих засобів що можуть спричинити непередбачені обставини.

Важливість даного забезпечення полягає у наданні достатньої інформації (інформуванні) про правильне використання ПЗ, навчанні та формування ідей щодо покращення її продуктивності.

3.8. Дослідження затрат часу на опанування ПЗ студентами

Розроблене ПЗ було практично застосовано як бета версія тестування. Участь прийняли чотири студенти.

При роботі з програмним забезпеченням не труднощів не виникло.

За результатами дослідження було враховане наступне:

— Дана програма має вузький напрямок застосування, але повністю задовольняє цілі моделювання СР.
— Принцип науковості сприяв появі бажань у студентах створити схожу програму для своїх потреб.
— Ідея створення КД виступає готує студентів до майбутньої професійної діяльності.
— Дане ПЗ викликає інтерес до точних та прикладних наук.
— Розроблення схожих програм (вивчення елементів SDK конкретних API) можна втілити у виконання лабораторних робіт
— Використання даного програмного забезпечення можливе і на інших предметах, зокрема на інших кафедрах, насамперед, оптики та факультетах, наприклад, механічного машинобудування.

Отже, використання даного ПЗ має на меті сформувати у студентів, як молодих фахівців, бажання займатися створенням не просто КД, але й програм, щоб бути універсальними та широкими фахівцями у галузі приладобудуванні та техніки в цілому.

3.9. Впровадження програмного забезпечення

Було подано заявку на впровадження створеного програмного забезпечення як прикладу застосування API SDK на наступні підприємства:

- Державна акціонерна холдингова компанія (ДАХК) «АРТЕМ».
- Державне підприємство (ДП) Державне конструкторське бюро (ДержККБ) «ЛУЧ».

Зважаючи на серйозність підходу цих двох організацій, було винесено вердикт про допустимість використання таких та схожих за змістом програмних забезпечень у випадках:

а) моделюванні складних параметрів конструкцій;

б) створення бази даних на базі «Стандартних деталей» та «Інших деталей»

Результати актів впровадження подано в додатку В. Акти впровадження ПЗ.

3.10. Системний аналіз створеного програмного забезпечення

Створене ПЗ можна охарактеризувати як приклад створення КД з використанням засад науковості та сучасних інноваційних засобів автоматизованого проектування, що виражаються у використанні SDK Kompas v 17.1.

Розвиток програм відомих компаній знаходиться на високому рівні, оскільки провідні спеціалісти щодня вирішують задачі, що допоможуть спростити процес оформлення креслень конструкторам.

Одним із таких проектних рішень є використання даного ПЗ, що полягає у доопрацюванні програмного продукту, що широко застосовується в наш час в цехах, КБ та на підприємствах виробничого характеру.

Застосування здобутих знань з програмування на практиці полягає не тільки у написанні ПЗ, але й його доцільності, актуальності та вмінні виконувати покладені на нього функції.

Таким чином, студенти при користуванні даним ПЗ будуть мати поняття щодо можливостей не лише створення математичної моделі та реалізації за нею ПЗ, але й втілення ММ в уже розроблене ПС.

Використання останньої версії ПС та його удосконалення має досить важливу мету, що спонукає розробника власного ПЗ розвиватись, рухатись з розвитком науки та вносити свій внесок у хід розвитку історії та подій, що складаються на тлі інших конкурентоспроможних компаній.

Висновки до розділу

Було розроблено спеціальне програмне забезпечення для створення конструкторської документації декількох типів сферичних рефлекторів, результати впровадження даної розробки можуть бути використані в науково-дослідних інститутах, навчальних лабораторія, конструкторських бюро, цеха, малих виробничих установах, фірмах та організаціях, що займаються виготовленням конструкторської документації, а також бути корисними для власних суб'єктивних цілей.

Для досягнення цілей магістерської документації, як одної із локальних задач приладобудування, було розроблена математичну модель, що є адекватною та призначена для розроблення програмного продукту на її базі. При створені програми було витримано головних вимог щодо розроблення САПР програм згідно нормативних документів, ознайомитись з якими можна в розділі II п. 2.6. «Нормативні стандарти щодо конструкторських документів»

За змодельованою математичною моделлю, якій притаманні характеристики реальної програмної моделі, можна легко визначити необхідний та достатній функціонал програми для вирішення покладених на неї функцій з використанням засад щодо покращення продуктивності, зручності у використанні та низки інших спрощень при роботі з розробленим ПЗ.

Наявність обмежень у функціоналі програми дозволяє зробити висновок про можливість застосування даної та подібних програмних продуктів при вирішенні локальних завдань та створення множини креслень виробу схожої конструкції з різними геометричними параметрами.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє суттєво покращити продуктивність виконання конструкторських робіт, пов'язаних їх створення креслень в напівавтоматичному режимі, скоротити затрати часу на проставлення розмірів вручну та на оформлення конструкторської документації.

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «S-CAD» («SELF-CAD»)

4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Темою даної магістерської дисертації є: “Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування ”.

Сьогодні створення конструкторської документації використовує класичні засоби та підходи. Попри їх дієвість головним їх недоліком є значні затрати часу (від 60 до 90 % від усього часу, затраченого на створення КД) лише на оформлення КД, зокрема креслень, згідно стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), що є сукупністю головних дієвих та актуальних стандартів конструкторів і в Україні.

Вищеописані недоліки є усувними. Саме тому розроблена програма призначена для усунення вищеописаних проблем, але головною її перевагою є створення готового креслення за значно меншу кількість часу у порівнянні з класичними програмними середовищами (ПС) (формально до 5 хвилин) з метою передання КД в цех для подальшого виробництва деталі.

Дана програма призначена для вирішення локальних завдань, а саме – створення КД подібних деталей одного призначення, тобто виробів, що мають різні геометричні, але спільні параметричні розміри. В даному випадку розроблена програма дозволяє розробити КД сферичного рефлектора, що входить до складу фотометра і призначений для дослідження оптичних параметрів світлового потоку в «мутних середовищах», адже фотометрія виступає як альтернативна форма на ряду з оптичними системами для проведення оптичних досліджень. Біль детально цю проблематику розкрито в розділі 1 даної ПЗ.

Справа в тому, що для проведення оптичних експериментів в науково-дослідних організаціях, навчальних лабораторіях, КБ (конструкторських бюро) та ін. конструкторських установах, де висуваються надмірно високі вимоги до

складових оптичних приладів, що приймають участь у високоточних дослідженнях. Тому було виділено наступні вимоги до оптичних деталей, що виготовляються:

- забезпечення точних геометричних параметрів (змінна лінійних, криволінійних та кутових розмірів, форми поверхні та фокусних відстаней);
- використання високих квалітетів точності (5-6)
- забезпечення високої шорсткість поверхонь (без покриття металічний блиск від Ra=1.6 до 0.01 мкм у разі необхідності)
- забезпечення високоточного типу і виду покриття (захисне, дзеркальне, просвітляюче), обравши правильний спосіб нанесення та ін.

Програма як життя, вона не стоїть на місці, вона еволюціонує з кожним запитом замовника, з кожним відгуком користувача, що буде нею користуватися. Тобто, вона (програма) буде «рости».

Саме тому розроблена програма на основі використання засобів автоматизованого проектування зробить процес створення КД зручним і дозволить знизити часові затрати на оформлення креслення, проставивши розміри автоматично замість користувача, що буде її використовувати.

Сутність локальної та глобальної ідей даного стартап-проекту [75], його напрями та сфери застосування, групи потенційних клієнтів (цільові аудиторії) та вигоди для користувача коротко подані у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Розкриття базових ідей стартап-проекту.

Показ-ник	*Масш-таб*	*Сутність*	*Масш-таб*	*Сутність*
Зміст ідеї	локаль-ний	Реалізація програми створення креслення сферичного еліпсоїда в науково-дослідних організаціях, навчальних лабораторіях, цехах та інших конструкторських установах.	глобаль-ний	Створення прототипу локальних програм будь-якої складності з метою проставлення авторозмірів, та інших параметричних знаків, що використовуються для оформлення креслення з врахуванням вимог конструктора щодо типу покриття робочих поверхонь відповідно до призначення та використання деталі.
Нап-рями засто-суванн я	локаль -ний	1. Вивчення властивостей оптичних «мутних» середовищ. 2. Вивчення властивостей фізичних тіл. 3. Вивчення властивостей біологічних тіл. 4. Вивчення поширення оптичного випромінювання в тілах та середовищах.	глобаль-ний	1. Прототип «розумних» САПР автопрограм. 2. Створення локальних конструкторських програм. 3. Виготовлення КД з різними параметричними розмірами.
Сфери засто-суванн я	локаль -ний	1. Оптика. 2. Астрономія. 3.Науково-дослідні установи. 4. Навчальні класи. 5. Навчальні лабораторії.	глобаль-ний	1. Науково-дослідні інститути. 2. КБ. 3. Цехи та малі виробничі установи. 4. Фірми та установи, що займаються виготовленням КД. 5. Навчальні лабораторії. 6. Суб’єктивні цілі.
Вигод и для кори-стува-ча	локаль -ний	1. Виготовлення сукупності КД деталей (сферичних рефлекторів) з необхідними для експерименту різними геометричними параметрами. 2. Швидке та просте виготовлення необхідної кількості КД деталей.	глобаль-ний	1. Простота в управлінні програмою. 2. Зручний набір параметричних позначень. 3. Мінімальні затрати часу на створення КД. 4. Створення безлічі КД зі швидко-змінними параметрами прив’язками.

З табл. 4.1 видно широкі можливості застосування даного стартап-проекту серед цільових груп та аудиторій. Локальна ідея задуму описує, безпосередньо, деталь, що виготовляється в КД, тобто сфероїдний рефлектор, а глобальна – встановлює для чого необхідна розроблена програма та сфери її застосування.

Техніко-економічні переваги стартапу-проекту визначаються на фоні конкурентоздатних опонентів, що уже розробили і продовжують модернізувати схоже за призначенням програмне забезпечення (ПЗ).

В табл. 4.2 подані техніко-економічні показники (ТЕП) даного стартап-проекту у порівнянні із іноземними фірмами-конкурентами, такими як AutoCad, SolidWorks, ArhiCad та T-Flex. Всі ТЕП можна поділити на три групи:

а) Weak (слабкі);

б) Neutral (нейтральні);

в) Strong (сильні).

Таблиця 4.2. Сильні, слабкі та нейтральні показники стартапу-проекту.

№ п/п	*Техніко-економічні показники*	*Особливості*	*Weak (слабкі)*	*Neutral (нейтральні)*	*Strong (сильні)*
1	2	3	4	5	6
1	Економічні	Вартість написання програми			x
		Вартість ліцензії			x
		Вартість доопрацювання програми			x
		Вартість обновлень та перехід на нову версію			x
2	Реалізація програми	Складність створення програми			x
		Складність оптимізації			x
3	Конкуренто спроможність	З вітчизняними програмними середовищами			x
		З міжнародними програмними середовищами		x	
		З програмами САПР			x
4	Ергономічність	Відповідність виробу для сприйняття інформації користувачем			x
		Складність використання програми			x
		Зручність у використанні			x

1	2	3	4	5	6
5	Естетичні	Інформаційна достатність			x
		Сучасний інтерфейс		x	
		Стильний інтерфейс		x	
		Досконалість програми		x	

Дана таблиця більш детально розкриває ТЕП як з боку маркетингу (пропозиція), так і з боку потреб у використанні (попиту).

Тому, високі ТЕП, що визначають відношення якості до цінової пропозиції, тобто економічні затрати, є досить сприятливими для реалізації втілення даної програмної продукції на сучасний економічний ринок продажів програмного забезпечення.

4.2. Технологічний аудит ідеї щодо реалізації стартап-проекту

Технологічна реалізація ідеї наведена у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.Технологічна здійсненність ідеї стартап-проекту.

Ідея проекту	*№ п/п*	*Технології її реалізації*	*Наявність технологій*	*Доступ-ність технологій*
Розроблення програми створення КД засобами автоматизованого проектування згідно з вимогами єдиної системи КД	1	На мові python	так	так
	2	На мові C#	так	так
	3	На мові Java	так	так
	4	Доопрацювання готових програм з відкритим доступом для редагування програми	так	так
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: На мові python				

Вибрана технологія дозволяє підключити готові модулі для спрощення створення креслень та проектування 3-Д моделей.

4.3 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту

1) Аналіз таких параметрів як попит, обсяг виробництва та динаміки зміни вектора ринку, що наведені в табл. 4.4, визначають ринкові можливості, що формують висновки щодо доцільності втілення проекту за правилами ринку з врахуванням загроз провалу через недостатній рівень конкурентоспроможності.

Таблиця 4.4. Характеристика потенційних параметрів ринкових відносин щодо реалізації стартап-проекту.

№ п/п	*Показники стану ринку (найменування)*	*Характеристика*
1	Кількість учасників ринкових відносин, од	*2*
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	*5000-50000*
3	якісна оцінка динаміки ринку	Прогресивна
4	Наявність обмежень для виходу на економічний ринок	Наявність ліцензії та сертифікату
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ЄСКД ДСТУ ГОСТ 2.109-73 Основні вимоги щодо оформлення креслень, ДСТУ ГОСТ 23501.101-87, ДСТУ ГОСТ 23501.105-85 – Основні вимоги САПР
6	Середня норма рентабельності в галузі/ ринку, %	67%

Дана характеристика стартап-проекту дозволяє вийти на потенційний ринок та бути конкурентоспроможною завдяки попиту та інвестиціям, а також прогресивність та динаміка вектору ринку за даною темою та незначні обмеження для входу сприятимуть ефективному розвитку проекту на початковій стадії. Головною умовою валідації продукції є отримання відповідних ліцензій та сертифікатів.

2) Потенційні групи клієнтів з відповідними їх характеристиками, вимогами до програмної продукції наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

№ п/п	*Умови ринку*	*Цільова аудиторія та сегменти ринку*	*Поведінка потенційних груп*	*Вимоги споживачів до програмної продукції*
1	Актуальність	1. Науково-дослідні інститути. 2. КБ. 3. Цеха та малі виробничі установи. 4. Фірми та установи, що займаються виготовленням КД. 5. Навчальні лабораторії. 6. Суб'єктивні цілі.	Інтерес до можливостей програми, розкриття принципу реалізації, здатності щодо модернізації, доопрацювання та перепрограмування	1. Виконання покладених на неї функцій; 2. Відкритий доступ до редагування движка. 3. Підтримка та технічне обслуговування. 4.Багатофункіона-льність; 5. Швидкодія та ін.
2	Ефективність			
3	Дієвість та задоволення потреб			
4	Маркетингова привабливість.			
5	Реалістичність			
6	Експертна оцінка			

В основну цільової аудиторією скали як юридичні, так і фізичні особи, що виготовляють велику кількість деталей схожої конструкції з різними геометричними параметрами. Тобто, іншою стороною ринкових відносин є суб'єкти, пов'язані із конструюванням, виробництвом, галузями приладо- та машинобудування.

3) В таблиці 4.6. висвітлено фактори, що можуть перешкоджати ринковому впровадженні розробленої програмної продукції.

Таблиця 4.6. Фактори перешкод.

№	*Фактор*	*Зміст перешкоди*	*Рішення*
1	*2*	*3*	*4*
1	Програмування	Відсутність додаткових функцій у програмі	Доопрацювання за зверненнями користувачів шляхом підключення готових модулів

1	2	3	4
2	Конкуренція	Вихід на ринок з конкурентоспроможними компаніями	Пошук слабких сторін конкурентів, співпраця з фірмами, що утвердились на ринку.
3	Репутація та популярність	Невідома молода компанія, нульовий рівень досвіду на ринку, низький рівень довіри	Векторна орієнтація на дієвий стартап-проект з великим потенціалом розвитку у майбутньому. Маркетинговий скандал – як шлях до успіху.
4	Фінанси	Фінансування компанії IT на доопрацювання програми за зверненням клієнтів, служби підтримки клієнтів, оренду офісів, матеріальних ресурсів, затрат на електроенергію та ін.	Приваблення інвесторів – банки, юридичних фірм, фізичних осіб, державних установ та ін. Кооперативні вкладення. Формування профсоюзів та ТОВ.
5	Організація структури компанії	Проблематика відкриття бізнесу.	Працевлаштування молодих спеціалістів (більшість) та провідних спеціалістів (меншість), послуги юристів та ін.
5	Державні регулювальні засоби	Відсутність підтримки малого та середнього бізнесу з боку держави, несприятливі умови відкриття та ведення бізнесу.	Зміна законодавства щодо розкручення та ведення власного бізнесу.

Найголовнішою перешкодою впровадження програмної продукції на ринок є відсутність підтримки малого та середнього бізнесу з боку держави, несприятливі умови відкриття та ведення бізнесу. Інші фактори, що сприяють впровадженні програмної продукції на ринок наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7. Фактори можливостей впровадження програмної продукції на ринок.

№ п/п	*Фактор*	*Сутність*	*Рішення*
1	*2*	*3*	*4*
1	Попит	Актуальність проблеми та активні пошуки шляхів її вирішення	Постійне удосконалення програмної продукції за відгуками, моніторингом попиту на ринку щодо програмних засобів конкурентів

1	2	3	4
2	Вартість	Порівняно низька вартість програмної продукції	Локалізовані програми мають змогу набувати глобальних функціоналів
3	Інновації	Постановка нових цілей розвитку програми	Використання нових підходів та методик щодо втілення останніх досягнень науки в дійсність
4	Маркетинг	Залучення все більше нових клієнтів	Формування власного сайту з портфоліо за результатами виконання програми та розкриття потужних виробничих можливостей. Національні та вітчизняні виставки, маркетингові пропозиції.

Знаючи всі можливостей впровадження програмної продукції на ринок можна досконало підготувати програму перед виходом на «світову арену», а опанувавши всі вищеописані фактори можна дійти висновку про валідність впровадження програмної продукції на ринок.

4) Загальні риси конкуренції ринку подані в табл. 4.8.

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз типів та видів конкуренції на економічному ринку.

Особливості ринкової конкуренції	*Риси*	*Рівень впливу*
1	*2*	*3*
1.Тип конкуренції: <u>олігополія</u>	Олігополія характеризується: 1. Домінантністю невеликої кількості конкурентуючих фірм (від 2 до 10) в одній галузі. 2. Контролем ціни у прямі або непрямій домовленості (змові) з іншими олігополістами фірмами. 3. Перешкодженням вступу в галузь нових молодих фірм.	Вище середнього, виражається відсутністю вільних клієнтів на ринку завдяки популярності та досвіді на світовому ринку
2.Рівень конкурентної боротьби: <u>локальний</u>	Використання в КБ, цехах, навчальних та науково-дослідних установах для вирішення проблем локального характеру	Отримання ліцензії та проходження міжнародних сертифікацій та верифікацій

Продовження таблиці 4.8.

1	2	3
3. Галузева ознака: галузева	Застосування даної програми у межах створення документації на деталі будь-якої складності.	Перепрограмування і доопрацювання програми під конкретний виріб (деталь).
4. Вид товарів: - міжвидова	Можливість створення КД на вироби різної складності	Універсальність системи породжує широкі можливості використання програмної продукції
5. Характер переваг: - ціновий / неціновий	‘Неціновий. Постійне оновлення, проведення пошуків та розробок щодо покращення якості та зручності продукції із залучення інноваційних підходів та рішень. Формування функціоналів програми та ін.	Головною із характеристик є продуктивність, здатність вирішувати поставлену задачу – швидке формування КД виробу.
	Ціновий. Адекватність цін на продукцію визначає її попит на ринку	
6. Інтенсивність: -марочна	Торгова марка разом із сертифікатами, договорами та ліцензіями є обов’язковими при продажі програмної продукції	Документація виступає лицевим фактором з юридичної сторони. Величезна кількість договорів про співпрацю з залученими клієнтами та іншими світовими компаніями сприяє піднесенню рейтингу компанії.

Ступеневий аналіз конкуренції дає змогу оцінити вектор розвитку компанії.

5) Детальніший аналіз умов конкуренції програмної продукції за моделлю «п’яти сил» М. Портера наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції стартап-проекту на ринку за Портером.

<table>
<tr><th>Прямі конкуренти в галузі</th><th>Потенційні конкуренти</th><th>Постачальники</th><th>Покупців на ринку, %</th><th>Товари-замінники</th></tr>
<tr><td>Tekla structures</td><td rowspan="6">AutoCAD
Solidworks
KOMPAS</td><td>Trimble</td><td><1</td><td rowspan="6">У даній проблематиці – постановки авторозмірів на кресленні та зміни розмірів за параметричною прив'язкою – замінниками можуть виступати аналогічно-створені програми САПР</td></tr>
<tr><td>AutoCAD</td><td>AutoDesk</td><td>25</td></tr>
<tr><td>ArchiCAD</td><td>BIM CAD</td><td><2</td></tr>
<tr><td>Solidworks</td><td>Solidworks Corporation</td><td>40</td></tr>
<tr><td>T-flex</td><td>Top Systems</td><td><1.5</td></tr>
<tr><td>KOMPAS</td><td>Askon</td><td>30</td></tr>
<tr><td>Висновки:</td><td colspan="4">Програми відомих на весь світ компаній-гігантів є універсальними і призначені вирішувати глобальні параметри. Тому розроблена програма має шанс на застосування при вирішенні локальних потреб (проблем) – саме це є її головне призначення, що сформувалось на перетині двох галузей (конструювання та потреб виробництва) виникають локальні проблеми, рішення яких допоможе знайти дана програма.</td></tr>
</table>

Відповідно до аналізу конкуренції стартап-проекту на ринку за М. Портером можна зробити висновок, що більшість користувачів зосереджено у «руках» компаній-гігантів, проте використання даної програми є доцільним, актуальним та необхідним, адже вона допоможе значно зекономити часові затрати, а тому знизити економічні витрати та частково зняти навантаження на конструкторів та зробити процес проектування швидким та зручним.

6) За аналізом конкуренції, характеристик програмної продукції (див. табл. 4.2), вимог споживачів (див. табл.4.5) та факторів маркетингового середовища (див табл. № 4.6 і 4.7) було виокремлено перелік факторів конкурентоспроможності (див. табл. 4.10).

Таблиця 4.10. Перелік факторів конкурентоспроможності

№ п/п	*Фактор конкурентоспроможності*	*Обґрунтування*
1	Вартість	Залучення клієнтів за рахунок низької вартості продукції
2	Витрати на перепроектування, модернізацію та розширення	Низькі затрати – достатньо одного провідного програміста для виконання поставлених завдань
3	Попит	Сучасний аналіз ринку показує, що попит на дану програмну продукцію цілком можливий попри користування відомих CAD програм
4	Інновації та удосконалення	Використання базових функцій є цілком задовільною, але для підтримання конкурентоспроможності та залучення нових клієнтів рекомендовано проводити маркетингові дослідження щодо попиту, за якими і необхідно вводити інноваційні технології та прогресивні рішення
5	Бар'єри виходу на ринок	1. Відсутність цільової аудиторії. 2. Не використання локалізованих програм. 3. Висока популярність компаній-гігантів.
6	Популярність	Популярність компанії залежить від актуальності продукції та послуг, що виробляє (надає). Реєстрація стартап-проекту чи фірми – це перший крок на шляху до успіху. Залучення клієнтів буде зростати із довірою до компанії з кожним днем.
7	Рівень організації процесу створення КД	Програма реалізована на достатньому рівні. Інтерфейс програми є зручним для користувача, програма дозволяє як створити креслення зі змінними геометричними параметрами за декілька хвилин, так і доробляти креслення (наприклад, добавляти отвір) чи створювати нові деталі завдяки відкритому доступу для редагування програми.
8	Конкурентоспроможність	В даному випадку розглядається непряма конкуренція, тобто не пряма боротьба за користувачів, а залучення клієнтів до використання даного продукту, локалізувавши проблему створення КД.

В табл. 4.10 окрім значущих чинників слід виділити, що існує безліч інших факторів, з якими доведеться зустрітися на практиці. Під непрямою конкуренцією слід розуміти також тіньову конкуренцію, тобто на фоні провідних програм, що вирішують глобальні питання завжди будуть ті, що краще зможуть вирішити локальні.

7) За результатами табл. 4.10 проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту та наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

№ п/п	*Фактор конкурентоспроможності*	*Бали 1-20*	*Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з автоматизованою системою*						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Вартість	19	x						
2	Витрати на перепроектування, модернізацію та розширення	12	x						
3	Попит	6							x
4	Інновації та удосконалення	18							x
5	Бар'єри виходу на ринок	15							x
6	Популярність	8							x
7	Рівень організації процесу створення КД	17						x	
8	Конкурентоспроможність	9					x		

Як видно з таблиці 4.11, найвищий бал було проставлено за вартість, тому що вартість ліцензій програм компаній-гігантів є висвітлена як на офіційному сайті, так і на сайтах-перепродавців і складає біля 200 тис грн. – ліцензія на пограмний продукт (ПП) Solidworks [7]. Окрім того, з початку 2019 року компанія Askon (ПП Kompas) перестала продавати безлімітну ліцензію, а розпочала здавати ПП в оренду (договір зі стороною – покупцем).

Найнижчим балом є популярність, тому що дана програма призначена спростити процес оформлення креслення у локально, тобто у певних КБ, наприклад тих, що виготовляють велику кількість деталей з різними параметричними розмірами.

Світові «гіганти» отримали найвищу оцінку у сферах попиту, бар'єрах виходу на ринок, популярності інновацій та розвитку.

8) Такі показники як ринкові загроз та ринкові можливості базуються на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей відповідно у маркетинговому середовищі. Таким чином, перша пара факторів є прогнозованими результатами та мають ймовірність не відбутися.

В табл. 4.12 представлено SWOT-аналіз стартап-проекту. Під ним слід розуміти сукупність наступних параметрів таких як: strengths, weaknesses, opportunities & threats, тобто «сильні сторони», «слабкі сторони», «можливості» та «загрози».

Таблиця 4.12.SWOT-аналіз стартап-проекту.

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
1. Низька ціна у порівнянні із конкурентами (5-50 тис. грн. в залежності від складності виконання програми на замовлення, в тому числі як у фірм конкурентів ціна сягає до 250 тис. грн). 2. Введення нових інновацій та удосконалення теж є ключовими факторами, що прогнозують актуальність та попит програми у майбутньому. 3. Рівень організації процесу створення КД, що знаходиться на достатньому рівні. 4. Витрати на перепроектування, модернізацію та розширення.	1. Популярність серед цільової аудиторії на початковій стадії виходу на економічний ринок.
1. Популярність ПП та компанії, визнання її на світовому ринку. 2. Конкурентоспроможність, що виражається у актуальності застосування ПП, а також на тому, що дає змогу ефективно та правильно виконувати покладені на неї локальні завдання.	1. Попит. 2. Бар’єри виходу на ринок.

За допомогою SWOT – аналізу можна зробити висновок про те, що знаючи слабкі сторони та загрозу «обвалу» стартап-проекту можна спрогнозувати розвиток подій таким чином, щоб уникнути цих негативних явищ, що в майбутньому відображаться на економіці компанії та її популярності, що, у свою чергу, може призвести до втрати користувачів.

9) За даними SWOT-аналізу також можна спрогнозувати альтернативи виходу стартап-проекту на ринок, дослідження його ринкової поведінки та ринкових відносин. Таким чином, строки реалізації ринкових ресурсів висвітлено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкової поведінки та строки їх реалізації.

№ п/п	*Альтернатива ринкової поведінки*	*Ймовірність отримання ресурсів*	*Строки реалізації*
1.	Динамічність (розширення на економічних ринках, збільшення привабливості та впливу на цільові аудиторії, розроблення нових функціоналів програми та реалізації запланованих стратегічних цілей розвитку та зміцнення позицій на ринку)	Модернізація ПП ресурсів шляхом залучення нових провідних спеціалістів та окреслення чітких цілей проекту	2-10, років
2.	Нестійкість (залучення нових користувачів, формування команди, укладання договорів)	Підключення та залучення досвічених фахівців, провідних лекторів та консультантів щодо розвитку компанії на початковому етапі. Принцип наслідування успішних компаній на стадії початкового розвитку	6 місяців
3.	Стабільність (затвердження на ринку та отримання чистого прибутку)	Співпраця з постійними клієнтами та партнерами	Від 2-х років

Прогнозування вибору альтернативи є складним процесом, адже на практиці вона постійно змінюється і проявляє себе по різному за різних ринкових умов.

4.4. Розроблення ринкової стратегії для стартап-проекту

1) Ринкова стратегія в першу чергу потребує визначення стратегії охоплення ринку. Результати формування цільових груп для яких даний ПП є

актуальним та доцільним джерелом для розроблення ринкової стратегії розвитку стартап-проекту (див. табл. 4.14).

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

№ п/п	*Цільова група*	*Готовність до придбання*	*Орієнтовний попит в цільовій групі (сегменту)*	*Інтенсивність конкуренції в сегменті*	*Простота входу у сегмент*
1	Науково-дослідні інститути	середній	високий	середній	середній
2	КБ	низький	низький	низький	низький
3	Цеха та малі виробничі установи	середній	середній	середній	середній
4	Фірми та установи, що займаються виготовленням КД	середній	середній	середній	середній
5	Навчальні лабораторії	низький	середній	низький	низький
6	Суб'єктивні цілі	низький	середній	низький	низький
Обрані цільові групи: Науково-дослідні інститути, цеха та малі виробничі установи.					

Впровадження нових програм в існуючі функціональні установи є доволі складним процесом, що зустрічає значний опір як з боку конструкторів, так і керівництва. Придбання даного продукту для суб'єктивних цілей попри середній попит є на низькому рівні внаслідок бажання створити схоже програмне забезпечення. Для установ типу КБ дана пропозиція не буде актуальною оскільки установи такого типу виконують різного роду глобальних завдань у звичному для них ПС і тому відсоток переходу на локальну програму рівний 2-3%.

Тому дане програмне забезпечення направлене на заклади середнього та малого виробництва такі як цеха, науково-дослідні інститути та ін.

2) Наступним кроком роботи з секторами та цільовою аудиторією є формування базової стратегії розвитку, ознайомитись з якою можна у

табл. 4.15.

Таблиця 4.15.Вектор базової стратегії розвитку.

Обрана альтернат-тива розвитку	*Стратегія охоплення ринку*	*Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи*	*Базова стра-тегія розвитку*
стабільна	Подальше охоплення ринку відбуватиметься в «невимушеному» порядку, тобто пошуки користувачів відійдуть на задній план, тоді як всі зусилля будуть спрямовуватися на якість, швидкість в обслуговуванні користувачів та еволюцію ПП	Досягнувши цієї стратегії розвитку означає вихід на певний рівень продаж, наявність договорів та співпраця з постійними клієнтами	Стратегія стабілізації

Таким чином, обрана стабільна альтернатива розвитку абсолютно підходить як вектор розвитку стартап-проекту, оскільки решту стратегій, стратегія виживання та стратегія розвитку, ставить молоду компанію під загрозу «обвалу». Дана компанія повинна пройти всі етапи еволюції та перенести на собі стратегії розвитку.

Так, в першому випадку, стратегія виживання прирікає компанію на «обвал», адже якщо бізнес «не взлітає» протягом тривалого часу або ж після невдалих спроб керівництва щодо його покращення та «просування» - нічого йти цим шляхом.

Інший варіант – стратегія розвитку, яка може відбуватися паралельно, тобто розвиток та модернізація програми буде покращуватися з кожним днем, але компанія процвітати не буде, оскільки ПП не матиме попиту на ринку.

3) Базову стратегію конкурентної поведінки визначено в табл. 4.16.

Таблиця 4.16. Базова стратегія конкурентної поведінки.

Притаманність проекту риси новаторства	*Пошук нових споживачів*	*Ставлення до розробки нового продукту і наслідування схожих ПП*	*Стратегія конкурентної поведінки*
Відповідь є стверджувальною на 80%, оскільки 20% покладається на недосліджений сектор САПР програм, які могли бути створені за принципом графічної прив'язки та зміни параметричних параметрів, але не було поширені в мережі Інтернет (на економічному ринку з метою отримання прибутку) та були недоопрацьовані до рівня, на якому сьогодні знаходиться даний ПП	Впровадження даного ПП за розсилкою маркетингових пропозицій та реклам	Розроблення власного програмного продукту з втіленням нових ідей з передовими можливостями параметричної прив'язки проставлення розмірів автоматично	Кооперацийна

Стратегія конкурентної поведінки спрямовано на досягнення стійкого становища в галузі, для успішного подолання п'яти чинників конкуренції:

- нові (потенційні) конкуренти, які хочуть увійти у галузь;
- компанії-конкуренти, які вже надійно закріпили свої позиції в галузі;
- загрози з боку товарів-субститутів (замінників);
- дії постачальників;
- дії споживачів (користувачів).

4) Наступна стратегію – позиціонування (див. табл. 4.17), полягає у формуванні ринкової позиції компанії і призначена для ідентифікації торгівельної марки та проекту в цілому споживачами.

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування.

Вимоги цільової аудиторії до товару	*Базова стратегія розвитку ПП*	*Ключові конкурентоспроможні позиції щодо ПП*	*Приклад асоціацій, що формують комплексну систему позиціонування власного ПП*
Зручність у користу-вагнні, достатній функціонал ПП	Стратегія стабіліза-ції (обмеже-не зростан-ня)	Швидко, просто та якісно. Порівняно низька ціна доступна для кожного покупця.	- AutoCad; - T-Flex; - Solidworks; - ArchiCAD; - KOMPAS.

Стратегія стабілізації застосовують підприємства в галузях зі стабільним планом розвитку, стійким положенням на ринку та сталим отриманням прибутку.

4.5. Розроблення маркетингової програми для стартап-проекту

1) Формування маркетингової концепції товару (ПП) визначається за результатами аналізу конкурентоспроможності товару та подано в табл. 4.18.

Таблиця 4.18. Ключові переваги концепції ПП.

№ п/п	*Потреба*	*Вигода, яку пропонує товар*	*Ключові переваги перед конкурентами*
1	*2*	*3*	*4*
1	Створення креслень одного продукту з різними геометричними параметрами	Швидкість та скорочення затрат часу на виконання непотрібних функцій щоразу при створенні КД	Орієнтація на якість, безпомилковість, швидкість за рахунок проставлення авто розмірів, зручність та простоту
2	Зручність та простота у користуванні	Швидке звикання до користування програмою та помітне відчуття переваг ПП	Щоденне удосконалення програми, а також врахування відгуків та пропозицій користувачів
3	Достатній функціонал для задоволення потреб користувачів	Вирішення локальних завдань та створення нових креслень.	Інтерфейс включає головні функції CAD програм

Продовження таблиці 4.18.

1	2	3	4
4	Вартість	Низька вартість продукції арґументована локальним застосуванням. Можливе переналаштування, доопрацювання та виготовлення нових ПП під замовлення за додаткову вартість.	Конкуренція цінової політики компаній, що нещодавно вийшли на ринок
5	Можливість доопрацювання	Використання програми для інших (локальних) завдань можлива з доробленням як на замовлення так і самостійно	Програмна продукція з відкритим доступом редагування та модернізації ПП

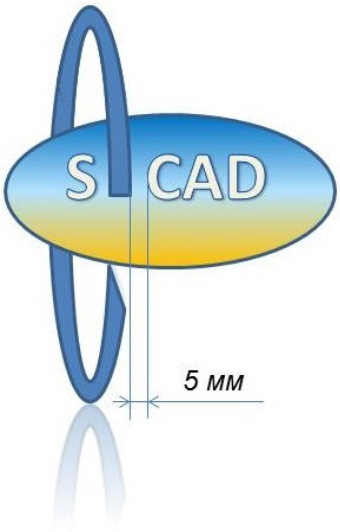
Основною пропозицією ПП є альтернатива CAD та САПР програмами. Різниця даної компанії від інших, які виготовляють деталі на замовлення, полягає у обслуговуванні та підтримці клієнтів з моменту придбання до кінця реалізації та утвердження КД виробу (локального завдання).

2) Трирівнева маркетингова модель ПП (див. табл. 4.19). включає уточнення ідеї продукту, його фізичних складових та особливостей процесу його реалізації.

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару.

Рівні товару	*Сутність та складові*		
I. Задумом створення ПП	Базові потреби споживачів		
	Параметри	Значення	Одиниці
II. Поточний стан реалізації задуму	Затрати часу на виконання КД за запрограмованим алгоритмом під виріб (сукупність виробів)	5-30	хв
	Затрати часу на виконання КД на інший виріб без досвіду роботи з програмою	0,5-1	год
	Затрати часу на виконання КД на інший виріб з досвідом роботи з програмою	10-30	хв
	Довершеність програми	70	%
	Функціонал програми	75	%
	Якість	ДСТУ ГОСТ 2.109-73 Основні вимоги щодо оформлення креслень, ДСТУ ГОСТ 23501.101-87 Системи автоматизованого проектування	
1	2	3	

Продовження таблиці 4.19.

1	2	3
	Марка	ТМ "Cad" – ще не зареєстрована ТМ, що може стати власністю компанії "Engineering IT-UA". Під ТМ " SelfCad" або «S-Cad» слід розуміти випуск ПП під замовлення та вільного користування та модернізації придбаного продукту. Логотип торгової марки є наступним: 
	Нормативні документи: ДСТУ ГОСТ 2.109-73 Основні вимоги щодо оформлення креслень, ДСТУ ГОСТ 23501.101-87 Системи автоматизованого проектування, ДСТУ ГОСТ 23501.105-85 Єдина система технологічної документації (ЄСТД), ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)	
III. Товар із підкріпленням	Інформацію про якість ПП можна буде отримати на сайті www.self-cad.com.ua, в телефонному режимі або власне в офісі компанії Engineering IT-UA.	
Copyright ©: ліцензія, сертифікат про валідність ПП, ТМ, авторське свідоцтво на твір програму).		

В першу чергу якість ПП визначається дотриманням вимог відповідних стандартів, тобто, у даному випадку це дотримання ДСТУ (ГОСТ). За вищевказаною моделлю було визначено яким чином буде відбуватися захист ПП, вимоги щодо якості товару, ТМ. Засобами захисту від підробок та копіювання виступають ліцензія, сертифікат про валідність ПП, ТМ, авторську свідоцтво на твір (програму).

3) Визначення цінових меж, що дає змогу керуватись при встановленні

ціни на ПП, наведено в табл. 4.20.

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни.

Рівень цін на товари-замінники	*Рівень цін на товари-аналоги*	*Рівень доходів цільової групи споживачів*	*Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар*
Від 5 тис. грн.	Від 7 тис. грн./рік	Низький, середній та високий	5 тис. -50 тис. грн. на безлімітний проміжок часу

За визначеними ціновими межами можна зробити висновки про те, що компанії-гіганти встановлюють нове правило на ринку – продажі ліцензії на визначений проміжок часу (1, 3, 5, 10 роки, що визначається договором на придбання продукції). Дану ініціативу уже ввела компанія Askon та Autodesk. Значною перевагою на початковому етапі розвитку молодої компанії на ринку буде продаж безлімітної ліцензії за адекватну ціну, доступну кожному.

4) Визначення системи збуту продукції встановлює глибину каналу збуту на ринку, визначаються функції та обирається оптимальна система збуту. Результат формування системи збуту представлено в табл. 4.21.

Таблиця 4.21.Формування системи збуту.

Закупівельної поведінки	Функції каналу збуту ПП	Глибина каналу Збуту ПП	Оптимальна система збуту ПП
1	2	3	4
Відсилання безплатного пробного зразка з трьох-дневною ліцензією. Висилання каталогів та пропозицій, перегляд безплатних відео уроків на youtube каналі та	1. Моніторинг актуальної інформації для планування ринків збуту, а саме визначення активного вектора попиту на ринку та реакції з боку конкурентів. 2. Стимулювання рівня збуту за рахунок нових користувачів. 3. Налагодження та підтримання зв’язків з фактичними і потенційними споживачами	Надсилання Інтернет посилання для скачування ПП через мережу Інтернет, (наприклад, на email) можливе	Згідно організації структури компанії для створення ПП розподілом праці не передбачено утримання кур’єрів. Тому у разі необхідності можливе укладення договору з логістами

1	2	3	4
офіційному сайті. Підписка, заключення договору, придбання ПП	через вигідні пропозиції. 4. Комплектація і пристосування товару до вимог споживачів за отриманими відгуками. 5. Організація логістики доставок та транспортування. 6. Фінансування діяльності каналу збуту за рахунок виручки; 7. прийняття ризику відмов у випадку зміни рішень	залучення поштових служб доставки ПП (наприклад, диску).	

Специфіка закупівельної поведінки з боку майбутніх користувачів даним ПП є привабливою, адже для реалізації придбання ПП було усунено вади та неприємності, які можуть заставити зацікавлених сторін змінити своє рішення щодо придбання даної продукції.

5) В основу розробки концепції маркетингових комунікацій було покладено позиціонування та специфіку поведінки покупців ПП (табл. 4.22).

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій.

Специфіка поведінки цільових покупців	*Канали комунікації цільової аудиторії*	*Ключові принципи позиціонування*	*Мета рекламного повідомлення*	*Концепція рекламного звернення (лозунг)*
Привабливий логотип чи назва, що стильно звучить не справить настільки високе враження як три дні безплатного користування програмою.	Відгуки на офіційному сайті та CAD форумах дозволять розширити популярність ПП	Задоволення потреб користувачів та підтримання з ними постійних зв'язків	Донести до відому цільової аудиторії про можливості даної ПП	Досконала сучасна CAD програма, Self-Cad – для початківців та провідних інженерів-конструкторів, що вміють цінувати час!

Розроблена концепція маркетингових комунікацій також ґрунтується на принципах комунікації, вчасної реакції компанії на запит користувачів, маркетингових систем лозунгів, реклам та пропозицій.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Було розроблено стартап-проект “ Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування ”. Для розкриття змісту даного стартап-проекту було сформовано 22 таблиці із низкою маркетингових та економічних параметрів.

Аналіз економічного ринку показав, що 80% технічних юридичних та 65% фізичних осіб (інженерів та професіоналів технічного напрямку CAD систем) використовує програмну продукцію компаній-гігантів, таких як Tekla structures, ArchiCAD, AutoCad, Solidworks, T-flex, а також особливу увагу приділено ПС KOMPAS серед КБ та цехів.

Змоделювавши ринкові відносини можна виявити головні тенденції та напрямки розвитку, перспективи, попит та вектор діяльності у даній галузі. Знаючи сильні сторони стартап-проекту та особливості ринкових відносин між компаніями-гігантами, включаючи їх можливості та авторитет, дозволить молодій компанії вийти на економічний ринок підготовленою.

Важливу роль відіграє маркетингова компанія яка буде проводити пошуки потреб користувачів як за відгуками на сайтах інших компаній, так і в реальних компаніях типу КБ. Конкуренція на рину є завжди, але для того, щоб вийти на світовий ринок необхідно подолати бар’єри виходу на ринок, що включають в себе умови ринку, сформовані компаніями-гігантами.

Даним розділом обумовлено перелік обставин, за якими визначається успішність виходу компанії на «світову арену». В даному випадку результати виходу даної ПП. є сприятливими із використанням багатьох економічних та маркетингових аналізів, зокрема аналізу сильних та слабких сторін стартапу.

Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту показав високі результати з урахуванням факторів перешкод та конкурентоспроможності даного стартап-проекту, оскільки на сучасному економічному ринку існує низка прогалин, заповнити які не завжди зручно із застосування глобальних засобів, але є

цілком можливим. Використання даної ПП. дозволить користувачам створити КД сферичного рефлектора зручними конструкторськими засобами, не витрачаючи часу на оформлення, тобто постановку розмірів автоматично.

Під час виконання даного стартап-проекту було використано багато маркетологічнич підходів, принципів, засобів, класифікацій та концепцій, що дозволяють вирішити проблеми, зазначені в актуальності даної магістерської дисертації. Окрім того, було визначено технологічний аудит реалізації програми, проведено аналіз конкурентоспроможності на фоні сучасних ринкових відносин та розроблено маркетингову програму реалізації ПП.

Рухаючись «уперед» за стабільною альтернативою розвитку дозволить компанії уникнути помилок, що роблять інші компанії-початківці, а розглянуті можливості та загрози ПП. на ринку прогнозують позицію компанії на тлі інших учасників ринку. Конкуренція на рину є завжди, але для того, щоб вийти на світовий ринок необхідно подолати бар’єри виходу на ринок, що включають в себе умови ринку, сформовані компаніями-гігантами.

Таким чином, даний стартап-проект, що включає в себе програмну продукцію створення КД засобами автоматизованого проектування, може мати великий попит на ринку з боку науково-дослідних інститутів, КБ, цехів, малих виробничих установ, фірми, установ по виготовленню КД, навчальних лабораторій, власне суб’єктивних цілей та інших установ, що мають відношення до приладо- та машинобудування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проаналізована проблематика відсутності створення КД СР сприяла формуванню цілей щодо її реалізації ПЗ за даною темою.

Визначення властивостей, геометричних характеристик, оптичних параметрів сферичного рефлектора визначило задання основних параметрів щодо його побудови.

Рефлектор, як основної складової частини оптичного фотометра, має високі вимоги щодо геометричної поверхні та її покриття. Тому створення КД передбачає вивчення сфери його застосування, функцій виконання та геометричних особливостей.

В першому розділі описано набір властивостей СР, що показують його переваги та значущість застосування у галузях приладобудування та оптики, вимоги до стану внутрішньої сферичної поверхні згідно з прийнятими галузевими стандартами (наприклад, ДСТУ, ГОСТ).

В другому розділі було визначено засади створення конструкторської документації існуючих ПС, на чому вона базуються, які нормативні документи відповідають за вимоги до них, особливості створення САПР програм як електронної документації та ін.

Впровадження принципу науковості ґрунтується на використанні першоджерел та державних стандартів, а також використання новітніх технічних засобів та засобів автоматизованого проектування, що сприяють прогресивному розвитку у підготовленні молодих спеціалістів.

Пошук недоліків існуючих способів, що виникають при створенні технічних документів, зокрема креслень дає змогу визначити слабкі сторони ПЗ, проаналізувати їх, оцінити можливості їх реалізації у створенні власного програмного продукту.

У третьому розділі було створено математичну модель, що визначила всі властивості, необхідні для створення програмного забезпечення створення КД СР засобами автоматизованого проектування.

Було розроблене програмне забезпечення на основі математичної моделі, що дозволяє суттєво покращити продуктивність виконання конструкторських робіт за рахунок зменшення часу на оформлення креслення – проставлення розмірів автоматично. Метою створення даного ПЗ є вирішення локального завдання, а саме – побудови КД СР.

В четвертому розділі було розроблено стартап-проект, який показав доцільність виконання ПЗ саме з SDK на основі API Kompas, оскільки головною причиною входження продукції на світовий ринок це: а – конкуренція та контроль ринкових відносин провідними лідерами-компаніями та б – не раціональне введення звичайного ПЗ у виробничі процеси, натомість як підключення готових модулів має раціональніший підхід як серед керівництва, так і серед робітників.

За результатами виконання магістерської документації можна зробити висновок про актуальність застосування прогр, який амного забезпечення в цехах, конструкторських бюро, в виробничих установах, науково-дослідних інститутах, навчальних лабораторіях та ін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. M.A. Bezuglyi, A.V. Yarych, D.V. Botvinovskii, “On the possibility of applying a mirror ellipsoid of revolution to determining optical properties of biological tissues”, Optics and Spectroscopy, vol. 113, no. 1, pp. 101–107, January 2012.

2. M. A. Bezuglyi, N.V. Pavlovets, “Optical biometry of biological tissues by ellipsoidal reflectors”, Proc. OSA-SPIE 8798, May 2013.

3. N. V. Bezuglaya, M. A. Bezuglyi, “Spatial Photometry of Scattered Radiation by Biological Objects”. Proc. SPIE 9032-15, V2, p.Q1-Q5, August 2013.

4. Bezuglyi M. A., Bezuglaya N. V. (2013), “Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic”. Proc. SPIE 9032.

5. Bezuglyi M.A., Bezuglaya N.V., Helich I.V. Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media. Appl Opt., 2017, no. 56 (30), pp. 8520–8526.

6. Безуглий М.О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М.О. Безуглий, Д.В. Ботвиновський, В.В. Зубарєв, Я.О. Коцур // Методи та прилади контролю якості. – 2011, №27. – С.77 – 83.

7. Безуглый М.А. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии / М.А.Безуглый , Н.В. Безуглая , А.Б. Самиляк // Приборы и методы измерений. – 2016. – Т. 7, № 1.– С. 67–76.

8. Безугла Н.В. Вплив осьової анізотропії розсіяння біологічних середовищ на точність визначення оптичних коефіцієнтів методом Монте-Карло / Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, К.П. Вонсевич // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2015, №1 (99). – С.85 – 91.

9. Безугла Н.В. Просторова потокова біометрія середовищ еліпсоїдальними рефлекторами / Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Ю.В. Чмир // Електроніка і зв’язок. – 2014. – том 19. – №6 (83). – С. 87 – 93.

10. Bezuglyi, M., N. Bezuglaya, and A. Viruchenko. "On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media." Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017 IEEE 37th International Conference on. IEEE, 2017.

11. Безуглый М. А. Применение эффекта Допплера в оптической биомедицинской диагностике / Безуглый М. А., Коцур Я. А. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 42. – С. 177–184.

12. Безугла Н. В. Структурно-алгоритмічна реалізація визначення оптичних характеристик біологічних тканин у методі комплексного спостереження за станом БТО / Н. В. Безугла, Т. Р. Клочко, М. О. Безуглий, Г. С. Тимчик // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2006. – Вип. 32. – С. 152 – 157.

13. M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, S. Kostuk, “Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors”, Devices and Methods of Measurements. 9(1):56-65, 2018.

14. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, №1 (53). – С.62-69.

15. Безугла, Н., Безуглий, М., Тимчик, Г. і Шаргородський, В. 2016. Просторова фотометрія біологічних середовищ. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 30, 2 (Квіт 2016), 40-49.

16. N. V. Bezuglaya, M. A. Bezuglyi, G. S. Tymchik, “Features of anisotropy of light scattering on fibrous biological tissues”, Bulletin of NTUU “KPI”. Series instrument making, 50 (1), 169-175 (2015).

17. Безуглий М.О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М.О. Безуглий, І.І. Синявський, Н.В. Безугла, А.Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016, №2 (52). – С.76-81.

18. M. Bezuglyi, N. Bezuglaya, O. Kuprii and I. Yakovenko, "The non-invasive optical glucometer prototype with ellipsoidal reflectors," 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2018, pp. 1-4. doi: 10.1109/RTUCON.2018.8659864.

19. Прилади контролю фізіологічних параметрів людини. Лабораторний практикум. Частина 1 / НВ Безугла, ІО Яковенко, МО Безуглий; КПІ ім. Ігоря Сікорського.–Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.–81 с.

20. Воронков, Р. О. Оптическая идентификация патологически изменённых тканей методом зеркальных эллипсоидов вращения / Р. О. Воронков, М. А. Безуглый // Приборостроение-2018 : материалы 11-й Международной научно-технической конференции, 14-16 ноября 2018 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 216-218.

21. Безуглая Н.В. Определение фактора анизотропии рассеяния биологических тканей методом пространственных сечений/Н.В.Безуглая//8-я Международная научно-техническая конференція «Приборостроение – 2015»: тезисы доклад. – Минск; БНТУ, 2015. – С.204 – 205.

22. Наукова бібліотека ХНУРЕ. [Електронний ресурс] : Геометрична оптика [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Харків:, – Режим доступу: https://dl.nure.ua/pluginfile.php/484/mod_resource/content/2/content/ (дата звернення 01.05.2019р.)

23. Акопян А.В. Геометрические свойства кривых второго порядка / А.В. Акопян, А.А. Заславский. – 2-е узд., дополн. – М.: МЦНМО, 2011. – 152 с.

24. Геометричне моделювання рефлекторів інфрачервоних апаратів харчової промисловості [Текст] : монографія / Ю. М. Тормосов, С. Ю. Саєнко; Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. − Х., 2018. − 123 с.

25. ОСТ 3-1901-95. Покриття оптичних деталей. Типи, основні параметри і методи контролю. Вид-во ЦНІП «Комплекс». – 198 с.

26. Козловський А.Г. Технології виготовлення сфероїдних рефлекторів фотометрів. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 226.

27. Kozlovskyi A.G. METHOD OF CONTROL OF A SHAPE OF ELIPSOIDAL REFLECTORS ACCORDING TO DEVELOPED STAND / A.G. Kozlovskyi A.G. Bezuglyi M.A. 11-та Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ-2018» 14–16 листопада 2018 року, Мінськ, Республіка Білорусь.

28. Гуревич М.М. Фотометрія: теорія, методи і прилади. Вид-во. 2., перероб. і доп. Ленінград: Енерговтомиздат. 1983. – 272 с.

29. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз. Курс лекцій.: Навчальний конспект лекцій/В.В. Болотов, О.М. Свечнікова, М.Ю. Гокін та ін.; За ред. Проф. В.В. Болотова. – Вінниця: Нова книга, 2011. -424 с.

30. Безугла Н.В. Просторова фотометрія біологічних середовищ : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / Безугла Наталя Василівна. – Київ, 2016. – 136 с.

31. Тимчик Г.С., Філіппова М.В., Маркін М.О. Технологія оптичного виробництва. Навчальний посібник для студентів ВНЗ / Під заг. ред. Г. С. Тимчика – К.: НТУУ "КПІ", 2016. - 168 с.

32. ГОСТ 2.412-81. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1981. - 12 с.

33. Геліч І.В, І.В. Особливості абераційного аналізу дзеркального еліпсоїда обертання з внутрішньою відбиваючою поверхнею / Геліч, Н.В. Безугла. VI Міжнародна науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль 16-17 листопада 2017. – 260 с.

34. Инструмент простановки размеров. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://teklastructures.support.tekla.com/190/ru/ext_dimensioning_tool

35. Левковец Л. Б. ArchiCAD 12. Базовый курс на примерах. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 624 с.: ил.

36. Automatic Dimension AutoCAD LISP. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.kimprojects.com/automatic-dimension-autocad

37. Autodimension a Drawing. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://help.solidworks.com/2018/english/solidworks/sldworks/c_Autodimension_a_Drawing.htm

38. DimXpert. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/sldworks/t_using_dimxpert.htm

39. T-FLEX CAD User Manual. Fundamentals. 2D Design. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.tflex.com/resources/manuals

40. Guide/ SPEOS CAA V5 Based Light Modeling V15.1[Електронний ресурс] – Режим доступу http://portal.optis-world.com/WebData/42880_OPTIS_SV5_LM_UG_V15.1.pdf

41. Коваленко О.В. Аналіз дослідження інформаційних технологій розробки програмного забезпечення / Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація

42. Головенкін, В.П. Інженерна педагогіка (електронне видання): Підручник. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kpi.ua/.

43. Дидич С.О. / Проблеми впровадження прикладного програмного забезпечення / Дидич С.О., Домбровський О.І., Коцюбан Г.П., Олійник О.С.// Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 2 (46). – К.: НАУ, 2014. – 96 с.

44. Галузевий стандарт України. ГСТУ 32.0.08.001-97. Порядок розроблення та поставлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі Міністерства транспорту України. – 95 с.

45. Правила роботи з науково-технічною документацією в архівних установах / Держ. архів. служба України, Укр. наук.-дослід. ін-т архів. справи

та документознавства ; упоряд.: Г.К. Волкотруб, С.Г.Кулешов, А.Ю.Слизький [та ін.] ; за заг. ред. Н. М. Христової. – К., 2014. – 40 с.

46. О.П. Герасимчук. Основи систем автоматичного проектування та математичного моделювання. / Герасимчук О.П. ЛНТУ ІІІТ. Луцьк. -58 с. Режим доступу: http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/mbf/mlp/2010/10-072/- с.4.

47. Навчальний посібник з дисципліни «Автоматизоване проектування електромеханічних систем» (для студентів 5-6 курсів спец. 7.092203, 8.092203 - «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод») / Авт.: Бабічева О.Ф., Єсаулов С.М. - Харків: ХНАМГ, 2008. - 246 с. –с. 85.

48. Дубовой, В. М. Д79 Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник / В. М. Дубовой. – Вінниця :ВНТУ, 2012. – 308 с.

49. ДСТУ 3974-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. ЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ 2001. – 38с.

50. Круглов В. В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие для студентов вузов В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. — М.: Физматлит, 2001. — 224 с.-с.72-89; 146-147;157-159.

51. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Квєтний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софина О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Квєтного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.

52. Выслоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Выслоух. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 488 с.

53. Антонюк В.С. Автоматизированое проектирование технологических процессов / В.С. Антонюк, С.П. Выслоух, В.И. Аверченков. – Киев УМК ВО, 1989 – 116 с.

54.Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с. – Бібліогр. : с.254-262.

55. Організація і проведення дослідно-конструкторських робіт. Частина 2. Поліщук. Ю. Розроблення дослідного зразка. Загальні положення. Ю.Поліщук, Л.Топалова / Стандарт Національної Академії Наук України. (ТЦ) НАН України. Київ, - 2011. – 44 с.

56. Остафьев В.А., Антонюк В.С., Выслоух С.П. и др.Физические основы процесса резания – Киев: изд. «Вища школа», 1976. - 136 с.

57. Основи теплоперенесення в елементах оптичного приладобудування : навч. посіб. // В.А. Ващенко, В.С. Антонюк, Г.С. Тимчик, та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 412 с.

58. Антонюк В.С., Підвищення фізико-механічних параметрів елементів з оптичних керамік фінішною електронно-променевою обробкою / В.С. Антонюк, І.В. Яценко, О.В. Кириченко, В.А. Ващенко // Сучасні технології в машинобудуванні. - Харків:НТУ «ХПІ», 2016.– С 74 – 86.

59. Вислоух С.П., Лапіга О.С. Використання 3D – креслення деталі при автоматизованому проектуванні технологічних процесів механічної обробки. / Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 11. – С. 36-43.

60. Козловський А.Г. Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування. / А.Г. Козловський, В.П. Юрчук. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об’єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених», 25-26 квітня 2019 року, м. Київ, Україна

61. Козловський А.Г. Засади створення конструкторської документації сферичного рефлектора засобами автоматизованого проектування / А.Г. Козловський, О.М. Безуглий. XVIII Міжнародна науково-технічна конференція «приладобудування: стан і перспективи», 15 .05.2019 р., м. Київ.

62. Kozlovskyi A.G. Principlec of creation a design documentation of spheroidal refloctors by automated design tools. / A.G. Kozlovskyi, M.A Bezuglyi. 12-та Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Нові напрямки розвитку приладобудування», 17-17 квітня 2019 р., Мінськ, Республіка Білорусь.

63. Вислоух С.П. Моделювання та прогнозування технологічних параметрів засобами штучних нейронних мереж. / Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Харків, НТУ «ХПІ», 2012. –Вип.1 (22). – С. 45-52.

64. Остафьев В.А., Антонюк В.С., Тымчик Г.С. Диагностика процесса металлобработки - К.: Тэхніка . 1991. - 152 с.

65. Системи автоматизованого проектування: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: НВ Стельмах, КС Барандич.–Електронні текстові дані (1 файл 24 Мбайт).–Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.–62 с.

66. Vysloukh S.P., Voloshko O.V., Rogovoy A.N. System of processing of technological information. Сб. Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні та приладобудуванні. //Вісник національного університету «Львівська політехніка» № 786. – Львів:, Видавництво Львівської політехніки, 2014. – С. 79-86.

67. Вислоух С.П., Волошко О.В., Катрук О.В. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Системи автоматизованого проектування" для студентів напряму 6.051003 "Приладобудування" усіх форм навчання. /Укл.: С.П. Вислоух, О.В. Волошко, О.В. Катрук. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. – 138 с.

68. Вислоух С.П., Філіппова М.В. Методика автоматизованого проектування технології складання виробів приладобудування // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. Наук. Праць ЖДТУ. – Житомир,

2006. – Вип. 4. – С. 18-30.

69. Вислоух С.П., Філіппова М.В. Формалізація опису складальних одиниць в приладобудуванні. / Вісник СевДТУ. Вип.. 72: Автоматизація процесів та управління: Зб. наук. пр. –Севастополь: Вид-во СевДТУ, 2006. С. 103–108.

70. Антонюк В.С., Выслоух С.П., Филиппова М.В. Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки изделий приборостроения. / Сборка в машиностроении, приборостроении. М.: Машиностроение, 2007, № 6.

71. Барандич Е.С., Выслоух С.П. К воросу технологического обеспечения требуемых эксплуатационных свойств деталей приборов. /Справочник. Инженерный журнал. №2, 2015. – С. 43-38.

72. Ярмошенко О.В., Вислоух С.П. Інтелектуальні системи прийняття рішень при проектуванні технологічних процесів [Текст] / О. В. Ярмошенко, С. П. Вислоух // Молодий вчений. – 2017. – №2. – С. 229–234. – Бібліогр.: с. 231. – ISSN 2313-2167.

73. Тимчик Г.С., Терещенко М.Ф., Вислоух С.П., Паткевич О.І. Дипломне проектування [Текст]: метод. вказівки до викон. дипломних проектів для студ. напряму «Приладобудування» спец. «Медичні прилади і системи» усіх форм навчання. – К.: ,НТУУ «КПІ», 2008. – 104 с.

74. Тимчик Г.С., Терещенко М.Ф., Вислоух С.П.,Паткевич О.І. Дипломне проектування. Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів (робіт) для студентів спеціальності 7.090905 «Медичні прилади та системи». – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2005. – 16 с.

75. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

76. Теплові явища при обробці металів різанням : навчальний посібник. /В.С. Антонюк, С.А. Клименко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с.

77. Електронний ресурс. [Режми доступу] www.wikipedia.org.