

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Прилад для контролю чистоти поверхні»**

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Приладів та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.051003
«Приладобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Протасов

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Сторожик Денис Володимирович

1. Тема проекту «Прилад для контролю чистоти поверхні», керівник проекту Муравйов Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, старший викладач, затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. № 1384-с
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: робочий спектральний діапазон каналу збудження $\Delta\lambda=395-400$ мкм; робочий спектральний діапазон приймального каналу $\Delta\lambda=400-830$ мкм; кут поля зору оптичної системи не більше $2\omega'=0,1$.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Розділ 1. Аналітичний огляд, Розділ 2. Розробка оптичної системи, Розділ 3. Розробка електричного тракту, Висновки, Список використаної літератури, Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу: схема оптична, функціональна схема, схема електрична принципова, складальний кресленик.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка електричного тракту	Женев В.Г., доцент, к.т.н.		
Конструкторська частина	Богдан Г.А., ст. викладач, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Літературний огляд за темою дипломного проекту	15.03.2019	
	Синтез функціональної схеми приладу	25.03.2019	
	Синтез оптичної системи приладу	05.04.2019	
	Моделювання та оптимізація оптичної системи приладу	15.04.2019	
	Вибір електричних компонентів приладу	25.04.2019	
	Синтез електричної схеми приладу	03.05.2019	
	Розробка складального креслення	10.06.2019	

Студент

Д. В. Сторожик

Керівник проекту

О. В. Муравйов

Анотація

Метою даного дипломного проекту є розробка приладу для контролю чистоти поверхні, що може застосовуватися для аналізу ступеня плівкового органічного забруднення методом флуоресценції.

Робота цього приладу заснована на властивості органічних речовин флуоресціювати, тобто випромінювати холодне світло під дією ультрафіолетових променів. Органічне забруднення є причиною виникнення дефектів зварних і клейових з'єднань, а також декоративного та захисного покриттів. Потенційних джерел органічного забруднення велика кількість, наприклад, це можуть бути залишки мастила, забруднене повітря з системи вентиляції або навіть жирові виділення шкіри людини.

У дипломному проекті було проведено моделювання та розрахунок оптичної системи приладу, розроблено функціональну та електричну схему і складальне креслення приладу.

Annotation

The purpose of this graduation project is device developing for surface cleanliness testing, that is used for degree analyzing of thin layer organic pollution by fluorescence method.

The work of this device is based on properties of organic matter fluorescing that is to emit cold light, under the action of ultraviolet rays. Organic contamination is the cause of some defects in welded and adhesive joints and decorative and protective coatings. There are large numbers of potential sources of organic pollution, for example, it may be residues of oil, contaminated air from the ventilation system or even fatty secretion of human skin.

In this graduation project the modeling and calculation of the device optical system were carried out, functional and electrical scheme and assembly drawing of the device were developed.

Зміст

1.	Вступ.....	4
2.	Розділ 1. Аналітичний огляд.....	6
2.1.	Дефекти зварних з'єднань	6
2.2.	Дефекти клейових з'єднань	10
2.3.	Дефекти декоративних та захисних покриттів.....	16
2.4.	Органічне забруднення та методи його контролю.....	17
2.5.	Очистка поверхні від органічного забруднення.....	30
3.	Розділ 2. Розробка оптичної системи.....	33
3.1.	Дослідження явища люмінесценції.....	33
3.2.	Розрахунок інтенсивності флуоресценції.....	36
3.3.	Розробка функціональної схеми приладу.....	41
3.4.	Моделювання та розрахунок оптичної системи приладу.....	42
4.	Розділ 3. Розробка електричного тракту.....	50
4.1.	Розрахунок електричного тракту	50
4.2.	Вибір електричних елементів.....	51
4.3.	Моделювання електричного тракту.....	53
5.	Висноки.....	56
6.	Список використаної літератури.....	58
7.	Додатки.....	60

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сторожик Д.В.			Літ.	Арк.	Акрюшів
Перевір.		Муравйов О.В.			3	59	
Реценз.					ПБФ ПК-51		
Н. Контр.							
Затверд.							

ВСТУП

Контроль конструкції у найбільш уразливих місцях, а саме, клейових та зварних з'єднаннях, одна з найважливіших задач неруйнівного контролю. Запобігання появи цих дефектів може значно зменшити вірогідність появи бракованих деталей виробу, тому необхідно досліджувати процес появи дефектів. Одним з факторів який значно збільшує вірогідність появи дефектів на деталях є органічне забруднення поверхні, що не була очищена перед процесом з'єднання, фарбування. Забруднення всього половини прощі покриття достатньо для значного погіршення сили зчеплення.

Джерел такого органічного забруднення величезна кількість. Наприклад, мастила, масла, охолоджуючі мастила, консерванти, жировий секрет, клейка стрічка. Більшість косметичних засобів є потенційними джерелами забруднення. Кремній-органічні речовини мають високу летючість, що означає ймовірність виникнення забруднення навіть без прямого контакту з поверхнею.

Існує багато аналітичних методів виявлення органічного забруднення на поверхні, наприклад, традиційний метод визначення крайового кута контакту з водою. Однак, більшість аналітичних методів не здатні видати достовірні результати контролю при тонких плівках забруднення покриттів. Однак існує метод, що позбавлений більшості недоліків цих методів. Прилади вимірювання флуоресценції можуть бути застосовані для виявлення плівкового забруднення на металевих, керамічних, скляних та інших поверхнях. Принцип роботи таких пристроїв базується на властивості речовин органічного походження флуоресціювати при збудженні ультрафіолетовим випромінюванням. Інтенсивність флуоресценції при цьому залежить від ступеня забруднення поверхні. Метод дозволяє проводити вимірювання незалежно від шорсткості поверхні деталі.

Прилад для контролю органічного забруднення поверхні методом флуоресценції дасть змогу запобігати появі деяких дефектів клейових та зварювальних з'єднань, декоративних та захисних покриттів. Також цей

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прилад може зменшити витрати на очистку поверхонь деталей, адже, очищення будуть потребувати лише деталі, що не пройшли пороговий рівень, а не усі без винятку.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

На сьогоднішній день на виробництві дуже часто використовуються клейові та зварювальні з'єднання, а також декоративні та захисні покриття. Стан та властивості цих з'єднань і покриттів мають критично важливе значення для отримання кінцевого продукту з високими показниками якості. Одним з найважливіших параметрів поверхні, який може впливати на її якість, є чистота або відсутність забруднення, що може значно послабити силу з'єднання з поверхнею, чи між деталями.

Забруднення, в яких наявні органічні забруднення, можна назвати найбільш проблематичними, бо викликані ними дефекти виникають поступово і розвиваються без очевидних симптомів. Це відбувається через високе змочування, фізичну взаємодію рідини з твердим тілом або іншою рідиною, майже зі всіма поверхнями, а також через слабку адгезію.

Джерел органічного забруднення дуже багато і вони мають здібність попадати з одної виробничої дільниці до іншої через прямий фізичний контакт, так і через повітря, наприклад вентиляцію. Крім того, пошук органічного забруднення дуже складна та витратна справа.

Для кращого розуміння проблеми та вибору її вирішення необхідно дізнатися про технологію та дефекти з'єднань створених зварюванням чи склеюванням, а також декоративних та захисних покриттів.

1.1 Дефекти зварних з'єднань

Процес зварки використовується майже в будь якому обробляючій промисловості на певному етапі виробництва або ремонті та обслуговуванні обладнання.

Зварка – процес виробництва, під час якого з'єднується матеріал, часто метал або термопласти, через плавлення матеріалу при нагріві до високих

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

температур. Зварне з'єднання можна поділити на 3 зони(Рис.1.1): основний матеріал, зона термічного впливу, матеріал зварного шву. Паяння та паяння твердим припоєм відносять до низько температурних методів з'єднання матеріалів, вони відмінні від зварки, бо не плавлять основний матеріал. Для отримання зварного шва також можна використовувати високий тиск, в поєднанні з нагрівом або сам по собі.



Рисунок 1.1 - Зони зварного з'єднання: основний матеріал – світло-сірий, зона термічного впливу – сірий, матеріал зварного шву – темно-сірий

До основного матеріалу зазвичай додають електродного (присадкового) матеріалу, для того щоб утворити лужу розплавленого матеріалу(зварну ванну), яка при охолодженні утворює з'єднання, може бути набагато міцніше основного матеріалу. Запорука хорошого зварного з'єднання – наявність зварної ванни.

Зварні шви можуть бути утворені геометрично різними способами. Основні типи зварних з'єднань: квадратне стикове з'єднання, V-подібне з'єднання, кільцеве з'єднання, Т-подібне з'єднання.

Зварювальні дефекти можуть бути визначені як нерівності поверхні зварного шва, неоднорідності, недоліки або невідповідності, які виникають в зварних деталях. Дефекти в зварних з'єднаннях можуть привести до відмови деталей і вузлів, дорогого ремонту, значного зниження продуктивності в робочих умовах і, в крайніх випадках, до катастрофічних відмов з втратою майна і терміну служби.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Класифікація дефектів з'єднання при зварюванні:

- тріщини;
- Порожнини і пори
- Тверді включення
- Несплавлення і не провари
- Порушення форми шва
- Інші дефекти

Тріщини (Рис. 1.2.1) – плоске розділення матеріалу з відповідним гострим кінчиком тріщини, викликане місцевим розривом шва, якій виник через дію механічних навантажень чи термічний вплив. Мають тенденцію проходити поперек або паралельно зварному шву, але іноді мають форму зірки без пріоритетного напрямку.

Порожнини і пори (Рис. 1.2.2) - неоднорідності довільної форми, що виникають при затримці газів в розплавленому металі. Тонкі плівки органічного забруднення обумовлюють викиди газів, які в подальшому, при охолодженні, утворюють пори в звареному шві. Чим більша кількість і розмір таких пір, тим нижче міцність і, отже, якість зварного з'єднання. Кількість пір в зварних швах ділять на категорії "дуже низька", "досить низька" і "висока", що обумовлено теж наявністю відповідного шару забруднення поверхні, перед зварюванням, органічними сполуками. Перевірка чистоти деталі перед зварюванням методом флуоресценції дозволяє контролювати наявність таких дефектів в зварних з'єднаннях. Для проведення контролю на виробництві доцільно заздалегідь визначити порогове значення, кількість і положення точок і вимірювання на поверхні зварювання для отримання необхідної точності і достовірності отриманих результатів.

Тверді включення (Рис. 1.2.3) - сторонні тверді речовини, металевого і неметалевого походження, в матеріалі зварного шва. У разі сталей вони зазвичай являють собою шлаки. Включення шлаку виникають, коли шлак на попередньому етапі виробництва не був видалений належним чином.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Несплавлення і непровари (Рис. 1.2.4) - відсутність або погане з'єднання між основним металом і металом зварного шва. Виникає через погану очистку попередніх слоїв, порушеннями режиму зварки.

Порушення форми шва (Рис. 1.2.5) - відхилення геометрії з'єднання від стандартного значення.

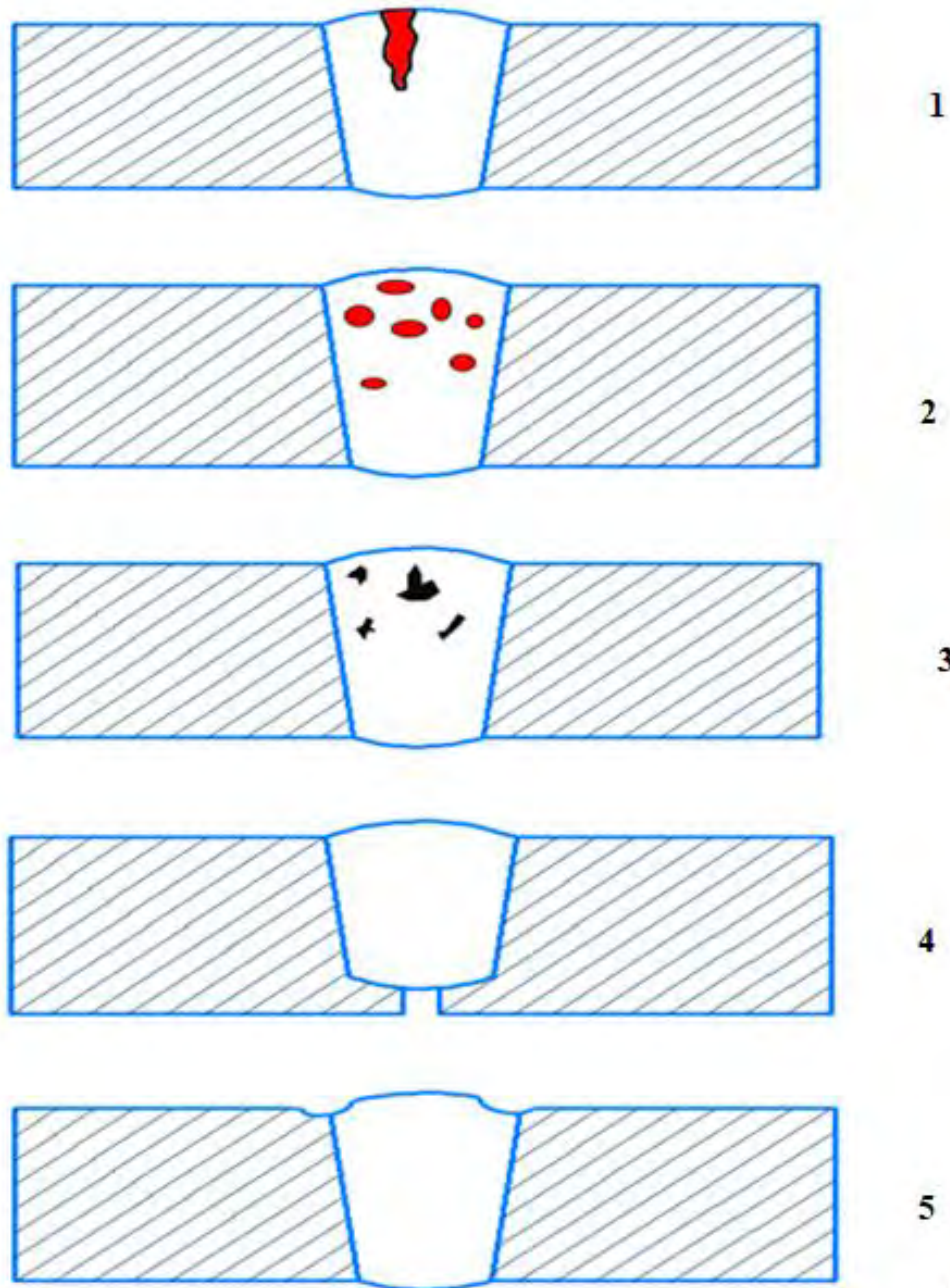


Рисунок 1.2 – Дефекти зварних швів

Ці дефекти викликані різними причинами. В більшості випадків дефекти виникають в результаті неправильної конструкції зварного шва и невідповідних процесів зварювання і вибору несумісних матеріалів. Крім

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

того, недолік знань про процес, погана якість виготовлення і недостатня підготовка зварника також можуть бути причинами цих дефектів. Також, в зварюванні завжди є певні недоліки через властиві їй недоліки технології та характеристик металів.

Критична оцінка якості зварювання дозволяє контролювати дефекти зварювання до прийнятних рівнів. Методи неруйнівного контролю (НК) можуть використовуватися для непрямого кількісного визначення якості зварного шва без руйнування матеріалу або компонента. Важливо оцінити якість зварного шва, так як зварні з'єднання часто є місцями виникнення тріщин внаслідок внутрішніх металургійних геометричних дефектів, а також неоднорідності механічних властивостей і наявності залишкових напружень. Були розроблені різні методи неруйнівного контролю, кожен з яких має свої переваги і обмеження з точки зору технології, виявляємих дефектів, необхідних навичок і витрат. Комбінація різних тестів неруйнівного контролю може використовуватися для гарантії того, що компонент придатний для використання.

На практиці практично неможливо отримати ідеальний зварний шов, і в більшості випадків немає необхідності забезпечувати максимальну якість. Таким чином, для багатьох галузей промисловості були встановлені технічні вимоги та допуски для зварних швів, щоб визначити, що є прийнятним і придатним для експлуатації. Вони вказані у вигляді стандартів і допускають різні типи дефектів, розміри і частоти[1].

1.2 Дефекти клейових з'єднань

Клейове з'єднання (Рис.1.3) отримують завдяки клею. Клей – це в'язка речовина, що володіє адгезією із з'єднаними матеріалами і достатню міцність після твердіння.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

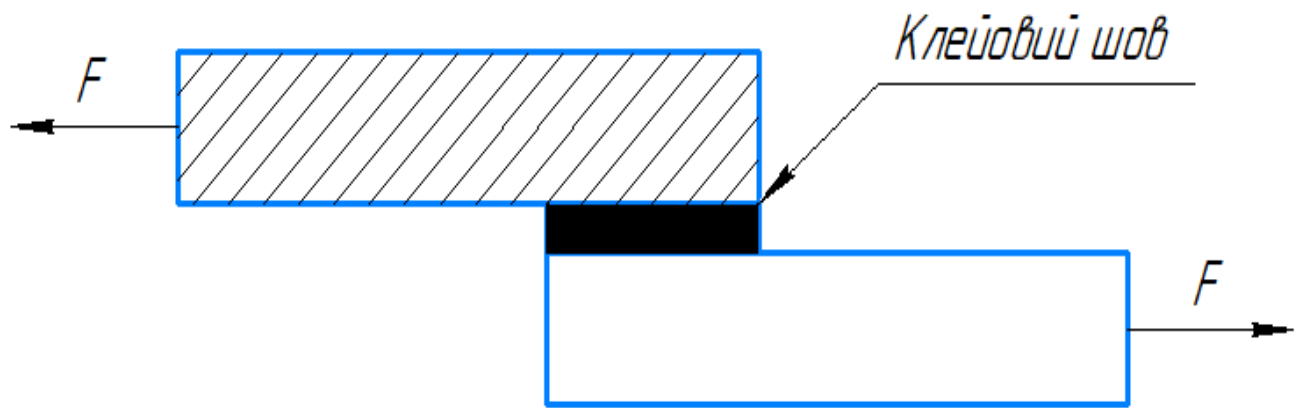


Рисунок 1.3 – Клейове з'єднання

В даний час технологія склеювання не гарантує відсутність дефектів клейового з'єднання. Дефекти можуть виникнути через погану якість клею, або недоброякісну технологію утворення зварного шва. У зв'язку з цим для покращення якості клейових швів, особливо у відповідальних клейових з'єднаннях, безсумнівною необхідністю є розробка методів неруйнівного контролю (дефектоскопії), які будуть виявляти дефекти клейових швів. Дефектоскопія клейових з'єднань дозволяє не тільки виявляти вже існуючі дефекти клейових швів, а і дає можливість своєчасно виявити порушення технології та запобігати утворенню дефектів.

Більшість методів неруйнівного контролю клейових з'єднань дозволяють виявляти насамперед дефекти типу непроклея. Оптимальним рішенням проблеми є кількісна оцінка міцності клейового шва. Непроклея можна розглядати як окремий випадок дефектів з нульовою міцністю.

Міцність клейового з'єднання визначається фізичними властивостями клейового шва, характером навантаження на нього та іншими чинниками. Розрізняють адгезіону та когезіону міцності з'єднання. Адгезіона міцність зумовлена силами зчеплення на межах розподілу клею із сполучними елементами конструкції. Когезіона міцність зумовлена силами що зчіплюють молекули клею. Отже, дефекти шва на кордоні розділу клею та елементів конструкції називають адгезіонним, а дефект самого клейового шва – когезіонним.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Види руйнування клейового шва(Рис.1.4): когезіонне по клею(1), когезіонне по матеріалу(2), адгезіонне(3), змішане(4)[2].

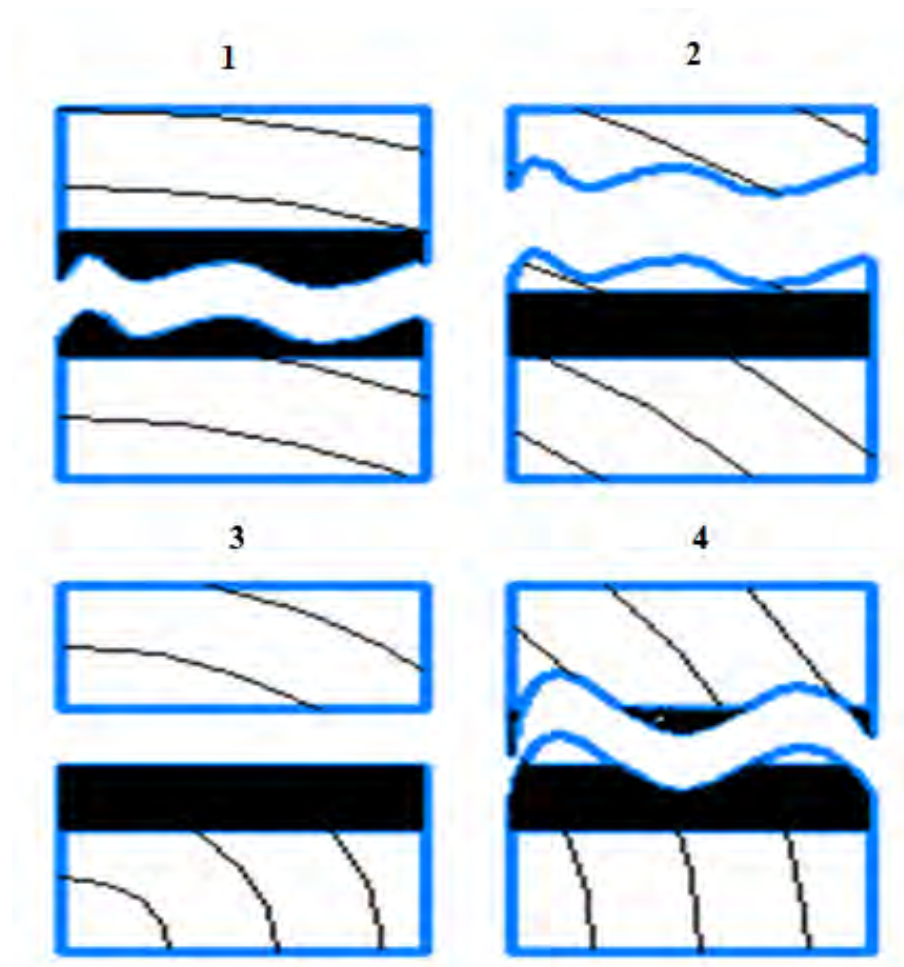


Рисунок 1.4 – Види руйнування клейового шва

Дефекти клейового з'єднання можна розділити на ті, що можливо виявити поверхневим оглядом – зовнішні, що можливо виявити тільки спеціальними методами неруйнівного контролю – внутрішні.

Основні дефекти склеювання:

Непроклеї – неоднорідне стикання склеєних поверхонь, виникає в результаті місцевих забруднень, малого тиску під час пресування, передчасного затвердіння клею на поверхнях. Передчасне затвердіння клею на поверхнях може бути виникнення через довгий процес зборки склеюваного пакету і при високих температурах в приміщенні, вище 20°C.

Місцеві непроклеї, значно знижують площу клейового з'єднання, тим самим

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК51.5114.00.00.00 ПЗ					

сильно знижуючи його міцність. Непроклеї можуть бути двох видів: ті що повністю знаходяться у клейовому з'єднанні – цілком приховані, ті що мають вихід непроклея через торець клейового з'єднання – частково приховані.

Тріщини по клейовому з'єднанню або по дереву виникають через внутрішнє навантаження, що виникає через високу вологість деревини и перепадів температур повітря, або сильного та тривалого підігріву деталей та клейового шва, чи склеювання деформованих деталей. Такі дефекти дуже небезпечні, бо будуть збільшуватись при подальшій експлуатації пошкодженого з'єднання.

Знижена міцність клейового з'єднання може бути результатом поганої в'язкості клею, чи використанням неконцентрованого клею. Це внутрішній дефект, тому необхідно своєчасно ліквідувати причини його виникнення.

Голодне склеювання – клейова плівка занадто тонка, місцями поживо взагалі відсутня. Причиною голодного склеювання є клей малої в'язкості, занадто сильне пресування деталей під час склеювання, склеювання без просочення клею.

Товстий клейовий прошарок – занадто товстий шар клею, причиною є використання клею з високою в'язкістю, тривале просочування клею, погана підгонка деталей та погане пресування деталей під час процесу склеювання.

Пережог результат використання несправного нагрівача з високою температурою нагрівання, або занадто довгих витримок деталей у нагрівачі, які значно перевищують встановлений технологією час. Якщо такий дефект наявний, то міцність такого з'єднання понижена, особливо при ударних навантаженнях, нерівномірному відриві и вібраціях, бо клейові шари через перемог стають крихкими.

Перекіс є результатом поганої фіксації деталей при склеюванні та при зміщенні цих деталей.

Мокре клейове з'єднання наслідок неповного видалення із клею розчинника чи не повного затвердіння.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Сухе клейове з'єднання – клейове з'єднання пересушене настільки що адгезія неможлива.

Незмочуваність клеєм поверхонь може бути викликана забрудненням деталей, використанням неякісного клею, поганою обробкою поверхонь перед склеюванням.

Бульбашки на клейовій плівці в основному виникає через різке підвищення температури. Рішенням є поступове збільшення температури для запобігання інтенсивного викиду газу та пару. Газ та пар виникає через органічне забруднення поверхні або велику вологість деталей перед склеюванням.

Контроль клейових з'єднань поділяють на руйнівний та неруйнівні методи.

Руйнівний контроль – передбачає випробування об'єктів контролю на механічну міцність у різних схемах навантаження.

Неруйнівний контроль – має широке застосування, бо не руйнує об'єкт контролю, отже, дозволяє з мінімальними витратами виявити неякісний виріб, дефект. Ще однією перевагою неруйнівного контролю є можливість контролювати усю партію виробів, причому навіть у процесі безпосередньої експлуатації.

Основними методами неруйнівного контролю клейових швів є простукування, зовнішній огляд, перевірка на герметичність, рентгенівський контроль, ультразвукова та капілярна дефектоскопія. Через те що клейові з'єднання частіше виконують з різномірних матеріалів, що сильно відрізняються по своїм характеристикам, найбільш точним методом будуть ті що використовують для збудження об'єкту контролю пружні коливання звукового чи ультразвукового спектру.

Простукування відбувається невеликим стержнем з м'якого металу та округлими краями, для того щоб не пошкодити деталь, за звуком можна виявити непроклеї та потовщення клейового шву. В місцях непроклею звук більш різкий, в місцях з більш товстим клейовим швом – глухий звук.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Зовнішній огляд слід проводити у добре освітлених приміщеннях з використанням оптичних систем контролю. Важливим є характер патьоків клею зі шва, при рівномірному якісному пресуванню потьоки по всьому шву не мають пропусків та рівномірні, мають нормальну товщину. Якщо патьоки мають пропуски і тонкі, то це прояв малої кількості клею. Зовнішнім оглядом також можна виявити механічні пошкодження клейових швів.

Найбільша похибка контролю простукуванням та зовнішнім оглядом – це суб'єктивність людини, що проводить контроль.

Перевірку на герметичність проводять використовуючи стиснене повітря та добре проникні рідини під тиском.

Рентгенографічний контроль базується на реєстрації рентгенівських або гамма-променів, що пройшли крізь виріб та потрапили на фотоплівку. Однорідність зображення при наявності дефекту порушується.

Ультразвуковий контроль заснований на реєстрації електромагнітних хвиль ультразвукового діапазону спектру, що пройшли крізь або відбилися від об'єкта контролю. Проводиться аналіз інтенсивності випромінювання в дефектній та бездефектній зонах.

Капілярний метод неруйнівного контролю базується на властивостях рідин-пенетратів, суміш барвників та органічних люмінофорів, проникати в поверхневі дефекти. Рідину, що не проникла в дефекти, видаляються з поверхні, після поверхню випромінюють ультрафіолетове випромінювання, що викликає світіння люмінофорів[3].

З'єднання корпусів для газового обладнання піддають випробуванню на герметичність для оцінки їх якості. Корпуси повинні витримувати внутрішній тиск не менше 1000 мБар без падіння тиску. Тонкі плівки забруднення на склесній поверхні зменшують адгезію клею. Використовуючи результати випробувань від випадкових вибірок, було розраховано очікуваний розподіл частот. Він ясно показав, що якщо процес очистки не був оптимізований, вимоги до якості не можуть бути задоволені. Майже 50% деталей не пройшли випробування під тиском, а середня чистота

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

склеюваної поверхні становила 31,6%. Після оптимізації процесу очищення середня чистота збільшилася до 86,5%, а очікуваний рівень браку значно знизився. Чистота поверхні зразків постійно контролюється за допомогою вимірювального пристрою для того, щоб зменшити кількість відходів ще більше і звести до мінімуму частоту випробувань на витік[4].

1.3 Дефекти декоративних та захисних покриттів

Визначення найбільш частих дефектів декоративних та захисних покриттів поверхні:

- Механічні включення та засміченість – волокна, смітинки, сторонні частинки;
- Шегрень – рельєф поверхні у вигляді брижі;
- Хвилястість поверхні – повторювані потовщення поверхні, що можна помітити оком, хвилеподібної форми;
- Потьоки – потовщення, утворені в результаті стікання ще не висохлої фарби;
- Проколи – малі округлі наскрізні пошкодження;
- Бульбашки - неоднорідності довільної форми, що виникають при затримці газів.
- Зміна кольору – плями інших відтінків;
- Кратери – великі пошкодження округлої форми;
- Щілини – тонкі щілини, що не поширюються по всій товщині покриття;
- Непрокрас – мала товщина або відсутність покриття на окремих ділянках;
- Слабка адгезія – відшаровування покриття від поверхні виробу.

Більша частина дефектів декоративних та захисних покриттів виникає через погану підготовку поверхонь деталей. Перевірку необхідно проводити

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

на бруд, пісок, масло, іржу, залишки старих покриттів та інше. Для виключення нового забруднення інтервал, між підготовкою та нанесенням покриття, повинен бути мінімальним.

1.4 Органічне забруднення та методи його контролю

Кремній-органічні речовини є дуже не стандартними сполуками, бо можуть як и погіршити адгезію, так и погіршити. Ці речовини мають низьку поверхневою енергією, через що дуже швидко змочують будь-яку поверхню. Тому, покриття на основі кремній-органічних сполук мають високу силу зчеплення практично з усіма поверхнями. Деякі склади на основі кремній-органічних сполук навіть застосовуються як підсилювачі адгезії. Але якщо кремній-органічні сполуки потрапляють на поверхню, у будь я кому агрегатному стані, це може викликати серйозні проблеми поверхні. Через низьку поверхневу енергію, ці речовини, не дають іншим адгезивним речовинам, клеям або покриттям, змочувати поверхню або утворювати з нею міцний зв'язок. Хорошим прикладом, цієї властивості, є «антивандальна» фарба, яка чудово зчіплюється з поверхнею, проте заважаю нанесенню будь-яких інших фарбувальних речовин[5].

При попаданні на поверхню, при або до її обробки, небажаних органічних сполук утворюється міжфазовий шар. Ці органічні забруднення не дозволяють утворюватись прямому контакту між підкладкою та покриттям. У спеціалізованих технічних виданнях описується кілька випадків того, як кремній-містять забруднення приводили до серйозних проблем з якістю продукції. Згідно зі статистичними даними, кремній-органічні сполуки стають причиною більше третини проблем з покриттями, з якими щорічно стикаються авіабудівні підприємства.

Забруднення всього половини прощі моношарового покриття, поверхні що оброблюється, достатньо для значного погіршення сили зчеплення.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Проблеми, що виникли через органічні включення, не обмежуються лише зниженням сили зчеплення з адгезивним або ущільнювальними речовинами. Навіть у дуже малих кількостях забруднення може викликати такі дефекти покриттів як «риб'яча луска», відшаровування і втрата зчеплення з поверхнею, дефекти зварних швів у вигляді пір та порожнин, непроклеї клейового з'єднання.

Джерел кремній-органічного забруднення велика кількість. Наприклад, мастила, клейка стрічка, охолоджуючі мастила, консерванти. Людина також є «носієм» потенційного забруднення, наприклад, більшість косметичних засобів таких як креми, засоби для укладки волосся, антиперсперант і навіть вологі серветки. Також людська шкіра виділяє жировий секрет, що також небажаним забрудненням. Кремній-органічні речовини – високолетючими речовинами, що означає можливість виникнення забруднення без прямого контакту з поверхнею джерела забруднення. Так, наприклад, на одному автомобілебудівному підприємстві серйозні проблеми з якістю поверхні були викликані тим, що кремній-органічна маска для прес-форм потрапляла по вентиляційних трубах з однієї частини заводу в іншу, де оброблялися інші деталі і компоненти.

Виявлення кремній-органічних сполук на поверхні має велике значення не тільки як один з етапів контролю якості обробки, а й для визначення можливої причини дефектів клейових та зварювальних з'єднання, а також декоративних та захисних покриттів. Для цих цілей можна використовувати такі аналітичні методи дефектоскопії, як рентгенівська фотоемісійна спектроскопія, скануюча мікроскопія Оже, інфрачервона спектроскопія на основі перетворення Фур'є, скануюча електронна мікроскопія і енергодисперсна рентгенівська спектроскопія. Вибір залежить від специфіки кожного конкретного забруднення і наявності того чи іншого устаткування, а також фахівців, які вміють його використовувати[5].

Досить ефективним методом дефектоскопії є рентгенівська фотоемісійна спектроскопія з високою роздільною здатністю. Стандартна

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рентгенівська фотоемісійна спектроскопія не дозволяє виявити відмінності між елементарним кремнієм, який може бути одним з компонентів будь-якого складу, і сіллю кремнієвої кислоти, яка входить до складу матеріалу підкладки або використовується в якості добавки до адгезійного покриття. Рентгенівська фотоемісійна спектроскопія з високою роздільною здатністю може виявити їхні відмінності, завдяки визначення різниці, що має місце в результаті хімічного зсуву.

Однак, більшість аналітичних методик не здатні видати достовірні результати при тонких плівках забруднення покриттів(Рис.1.5). Ефективним способом контролю дуже тонких плівок органічного забруднення покриттів є метод кута контакту з водою. Чутливість цього методу дозволяє безпечно виявити наявність небажаного шару від $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ [5].

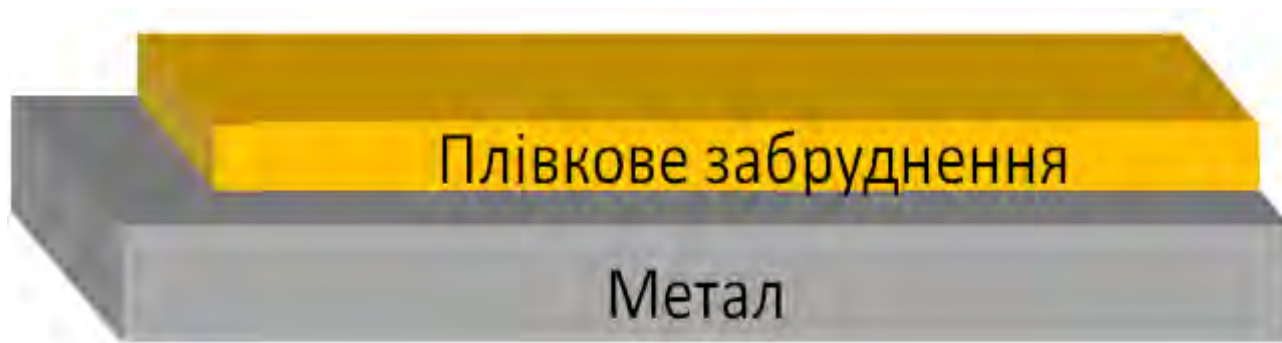


Рисунок 1.5 – Плівкове забруднення

При контакті трьох фаз(Рис.1.6): твердої, рідкої і газоподібної в точці контакту встановлюють кут θ між твердою поверхнею та дотичній к поверхні розділу газ – рідина. Цей кут називають крайовим кутом змочування або крайовим кутом. З умови мінімуму вільної поверхневої енергії виходить відношення, що вираховується по закону Юнга:

$$\cos \theta = \frac{(\sigma_{23} - \sigma_{13})}{\sigma_{12}}, \quad (1.1)$$

						ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

де σ_{23} , σ_{13} , σ_{12} відповідно поверхневі енергії на границі розподілу середовищ тверде тіло – газ, рідина – тверде тіло, рідина – газ.

Крайовий кут залежить від адгезії. Рівняння, що характеризує зв'язок між ними, називають, рівнянням Дюпре – Юнга(1.2):

$$W_a = \sigma_{12}(1 + \cos \theta), (1.2)$$

Де σ_{12} – поверхнева енергія на границі розподілу середовищ рідина – газ, $\cos \theta$ – крайовий кут змочування, W_a – оборотна робота адгезії.

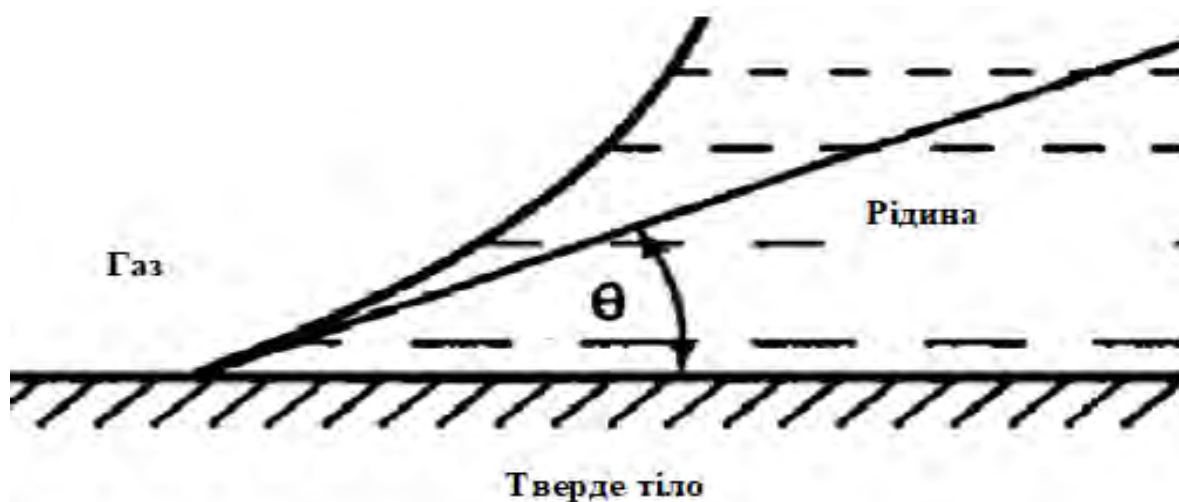


Рисунок 1.6 – Границя розділу 3 фаз

При $\theta = 0$ абсолютне змочування поверхні рідиною, при $\theta = \pi$ - абсолютне незмочування поверхні. Поверхню називають гидрофильною(змочувальною), якщо рідина утворює на ній кут $\theta < \frac{\pi}{2}$. При $\theta > \frac{\pi}{2}$ поверхня називається гідрофобною. Рідкі лужні метали та криорідини змочують металічні поверхні майже абсолютно. Гідрофобні, по відношенню до води, парафін, фторопласт. Крайовий кут дуже чутливий до таких складно контрольованих факторів, як шорсткість поверхні, присутності в рідині домішок. Збільшення шорсткості твердих речовин приводить до збільшення її змочування, тобто знижує значення θ . В деяких комбінаціях твердого тіла з

рідиною виявляється залежність змочування від температури. В загальних випадках збільшення температури на гідрофільних поверхнях покращує змочення(зменшує θ), на гідрофобних – погіршує, збільшується θ .

Найбільш поширеним методом виміру крайового кута змочування є метод сидячої каплі. Каплю води наносять на рівну горизонтальну поверхню та фотографують її. По профілю каплі визначають крайовий кут[6].

Методом що повністю позбавлений цих недоліків може стати прилад для виявлення органічного плівкового забруднення, що вимірює інтенсивність флуоресценції. Інтенсивність флуоресценції при цьому залежить від ступеня забруднення поверхні. Метод дозволяє проводити вимірювання незалежно від шорсткості поверхні деталі. Прикладом такого приладу є CleanoSpector(Рис.1.7)[4].



Рисунок 1.7 – Прилад виміру інтенсивності флуоресценції «CleanoSpector»

Флуоресценція – це випромінювання світла речовиною, яка поглинула світло або інше електромагнітне випромінювання. Флуоресценція виникає, коли орбітальних електрон молекули, атом чи наноструктури розслаблюється до свого основного стану, випромінюючи фотон з збудженого синглетного стану(Рис.1.8). Випускання світла відбувається через певний проміжок часу після його поглинання, цей проміжок часу є тривалість перебування молекули в збудженому стані(Табл.1.1). Флуоресценція це різновид люмінесценції. Люмінесценція є спонтанним випромінюванням світла речовиною, не випромінюючи тепло, тобто, це форма випромінювання холодного світла, наприклад, світіння екрана в телевізорі, світіння газу в газорозрядній трубці при проходженні через нього електричного струму, світіння цукру при розколюванні, світіння деяких живих організмів (світлячків), світіння гниючого дерева і т.д.. Люмінесценція може бути викликана хімічними реакціями, електричною енергією, субатомними рухом, механічним впливом на кристалл.

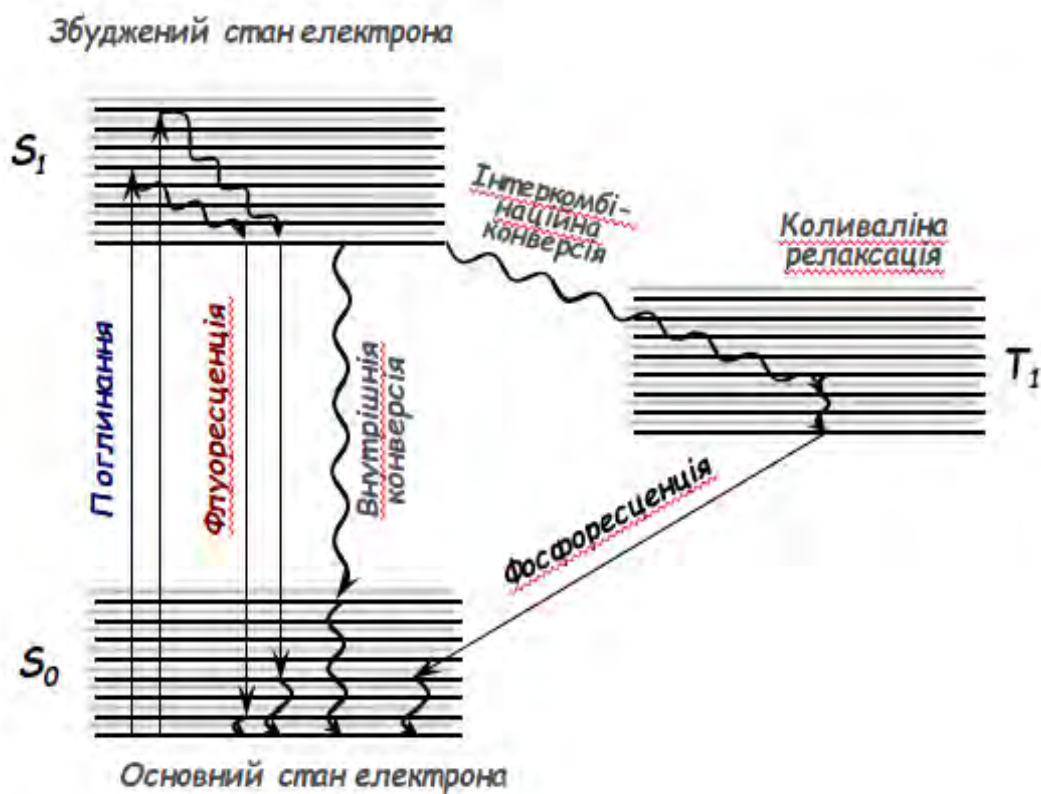


Рисунок 1.8 – Діаграма Яблонського

						ГК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

Таблиця 1.1.

Час потенціальних переходів електронів між різними енергетичними станами
в флуорофорах

Перехід	Часовий інтервал	Участь світового випромінення
Поглинання	10^{-15} с	+
Внутрішня конверсія	$10^{-14} - 10^{-11}$ с	-
Коливальна релаксація	$10^{-14} - 10^{-11}$ с	-
Флуоресценція	$10^{-9} - 10^{-7}$ с	+
Інтеркомбінаційна конверсія	$10^{-14} - 10^{-11}$ с	-
Фосфоресценція	$10^{-14} - 10^{-11}$ с	-

Флуоресценція органічних сполук охоплює спектральну область від 200 до 830 нм. Під час флуоресценції випромінене світло, в більшості випадків, має більшу довжину хвилі на 20 - 30 нм і більше, отже, і меншу енергію (Рис.1.9), ніж поглинуте випромінювання. Найбільш яскравий приклад флуоресценції виникає, коли поглинене випромінювання знаходиться в ультрафіолетовій області спектра (Рис.1.10) і, таким чином, невидимо для людського ока, тоді як випромінюване світло знаходиться у видимій області, що надає флуоресцентному матеріалу виразний колір, який можна побачити тільки при впливі ультрафіолету. Флуоресцентні матеріали перестають світитися майже відразу ж, коли джерело випромінювання припиняє випромінювання, на відміну від фосфоресцентних матеріалів. Фосфоресценцію спостерігають в кристалах, де центрами свічення є атоми, іони або їх групи. Електрон, збуджений поглинутим світлом, нерідко відділяється від центру свічення. При поверненні електрона на колишне

місце світіння поновлюється. Так як швидкість переміщення електрона в кристалі мала, то світіння може продовжуватися тривалий час.

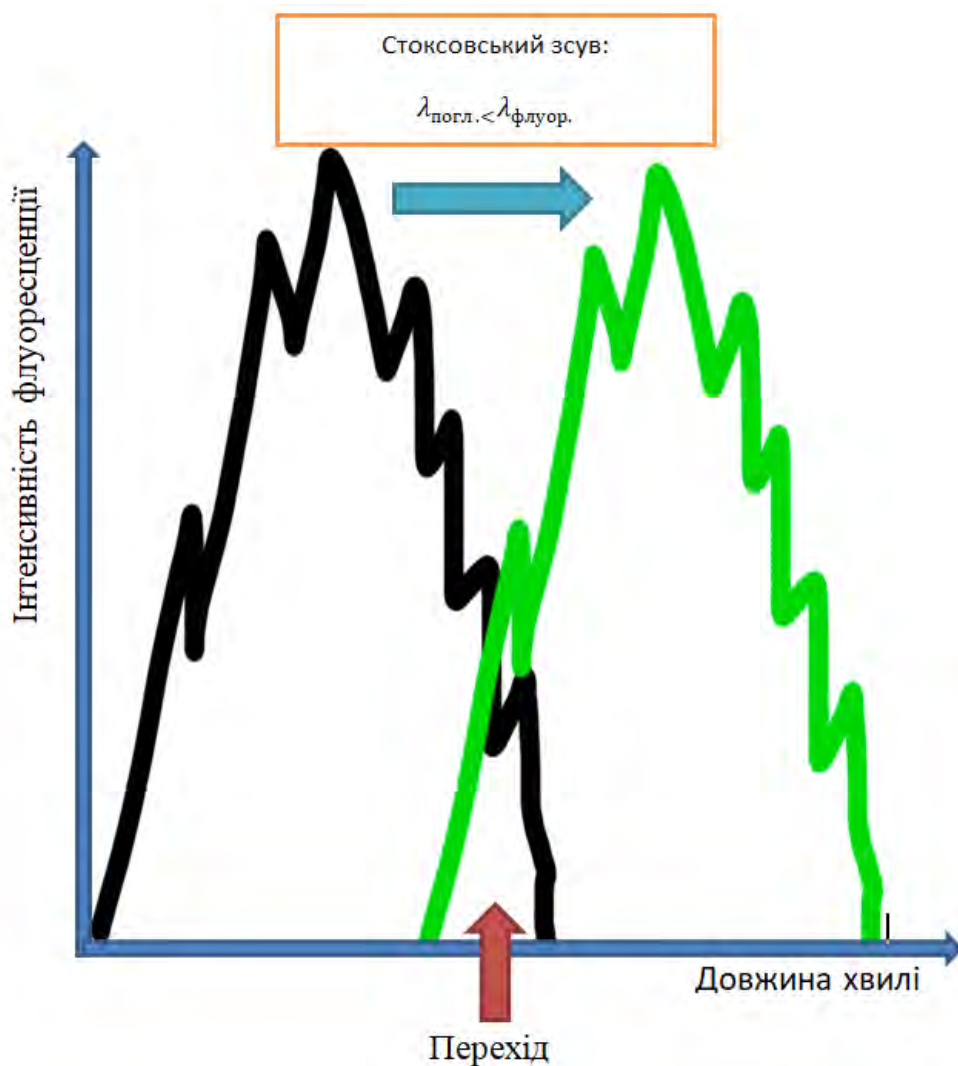


Рисунок 1.9 – Спектри поглинання і флуоресценції для органічної молекули.



Рисунок 1.10 – Віллема і кальцит в ультрафіолетовому світлі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК51.5114.00.00.00 ПЗ

Арк.

24

Є багато природних сполук, які проявляють флуоресценцію, і вони мають ряд застосувань. Деякі глибоководні риби використовують флуоресценцію для освітлення і приманки здобичі.

Біофлуоресценція – це поглинання електромагнітних хвиль з видимого діапазону спектра флуоресцентними білками в живому організмі і подальше випромінювання світла на більш низькому енергетичному рівні. Через це випромінене світло має інший колір, ніж поглинуте. Поглинуте світло збуджує електрон до нестабільного рівня енергії. Так як ця нестабільність несприятлива нестабільний електрон дуже швидко повертається в свій стабільний стан. Це повернення до стабільності відповідає вивільненню надлишкової енергії у вигляді флуоресцентного світла. Це випромінювання світла спостерігається тільки тоді, коли стимулюючий світло все ще дає світло організму(об'єкту) і зазвичай є жовтим, рожевим, оранжевим, червоним, зеленим або фіолетовим. Біофлуоресценцію часто плутають з наступними формами біотичного світла, біолюмінесценції і біофосфоресценції.

Біолюмінесценція не схожа на біофлуоресценцію тим, що це природній результат хімічних реакцій в організмі, тоді як біофлуоресценція - це поглинання і перевипромінювання світла з навколишнього середовища.

Біофосфоресценція схожа на біофлуоресценцію в тому, що вона вимагає поглинання світла з навколишнього середовища як джерело енергії збудження. Різниця лише в тому, що збуджений електрон має відносну стабільність. Тобто, світіння довго продовжується навіть після видалення джерела стимулюючого світла[7].

Основні характеристики молекулярної флуоресценції:

- а) В загальному випадку, вид спектрів флуоресценції не залежить від довжини хвилі збуджуючого світла(правило М.Каши)., через швидку коливальну релаксацію, що приводить до рівноваги розподілу молекул по підрівням основного стану

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

б) Спектр випромінювання, в загальному випадку, здвигнутий в порівнянні зі спектром поглинання в сторону довгих хвиль(Закон Стокса-Ломмеля). Різниця між максимумами спектрів поглинання і флуоресценції називається Стоксовським зсувом.

в) В загальному випадку, спектр флуоресценції повторює спектр поглинання(правило дзеркальної симетрії Левшина).

Інтенсивність флуоресценції залежить від:

- природи речовини;
- концентрації речовини;
- умов, в яких знаходиться речовина(температура, розчинник, рН, присутність в розчині сторонніх часток, концентрації кисню в випробуваному розчині);
- стороннього освітлення.

Інтенсивність флуоресценції вимірюється в умовних одиницях, пропорційних відгуку детектора[8].

Величину інтенсивності флуоресценції (F) можна представити наступним чином:

$$F = kI_0(1 - T)q = kI_0(1 - 10^{-D})q = kI_0(1 - 10^{-\epsilon Cl})q(1.3),$$

де:

I_0 – інтенсивність падаючого світлового потоку. Визначається особливостями джерела світла. Слід розрізняти лампи з безперервним і лінійчатим спектром;

$T=10^{-D}$ – доля, що пройшла через поріг світла (пропускання);

$(1-T)=(1-10^{-D})$ – частка світла, поглиненого речовиною;

$D=\epsilon Cl$ – оптична щільність або поглинання. Визначається концентрацією поглинаючої речовини (C), його коефіцієнтом молярної екстинкції, тобто здатністю поглинати світло, (ϵ) і довжиною оптичного шляху (l);

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q – квантовий вихід флуоресценції. Визначається відношенням числа випромінених квантів до числа поглинутих.

k – коефіцієнт пропорційності. Визначається особливостями реєструючої системи.

При невеликих значеннях D ($D \leq 0.01$) формулі (1.3) вираз у дужках можна розкласти в ряд та обмежитися лінійним членом, утвориться рівняння:

$$F \cong 2.3kI_0Dq = 2.3kI_0\varepsilon Clq \quad (1.4) \quad [9]$$

Перед проведенням контролю чистоти поверхні потрібно стандартизувати критичні межі забруднення, тобто визначити необхідну чистоту деталей шляхом аналізу впливу різних типів забруднення на подальший процес виробництва та експлуатації продукції. Прилади вимірювання флуоресценції визначають ступінь забруднення на деталях, які згодом склеюються, зварюються, або підлягають нанесенню на їхню поверхню покриттів різного роду та призначення. Вимоги до чистоти поверхні можуть бути визначені після оцінки якості готових деталей з використанням встановлених процедур тестування.

Рис. 1.11 переконливо демонструє доцільність використання приладу перед фарбуванням поверхонь деталі[4].

Ще одним напрямом застосування пристрою реєстрації флуоресценції може бути вимірювання товщини шару масла(Рис.1.12), або іншої органічної сполуки на поверхні деталі, за умови, якщо відомо її хімічний склад та характер залежності ступеня власного випромінювання від товщини шару збудженої ультрафіолетом речовини на певній довжині хвилі оптичного спектру.

Розглянемо принцип роботи приладу вимірювання флуоресценції на основі наведеної на рис. 1.13 схеми. Поверхня об'єкту контролю збуджується ультрафіолетом, що надходить з джерела випромінювання, проходячи через напівпрозору плоскопаралельну пластину та лінзу, яка виконує функції

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єктиву в системі пристрою. Якщо на поверхні деталі є органічне забруднення, виникає явище флуоресценції. Поверхня деталі знаходиться у фокальній площині об'єктиву, тому власне електромагнітне випромінювання збудженої речовини паралельним пучком променів потрапляє на напівпрозору плоскопаралельну пластину, що віддзеркалює його на фотоприймач. Оптичний фільтр виділяє тільки одну довжину хвилі, на якій проводиться вимірювання[10].

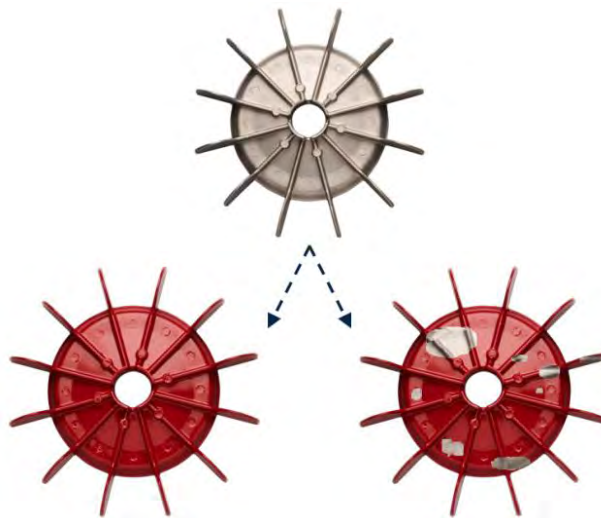


Рисунок 1.11 – Результат фарбування металеві поверхні: деталь, що розташована зліва, не мала органічних забруднень поверхні, справа – внаслідок наявності жирових плівок присутні дефекти забарвлення

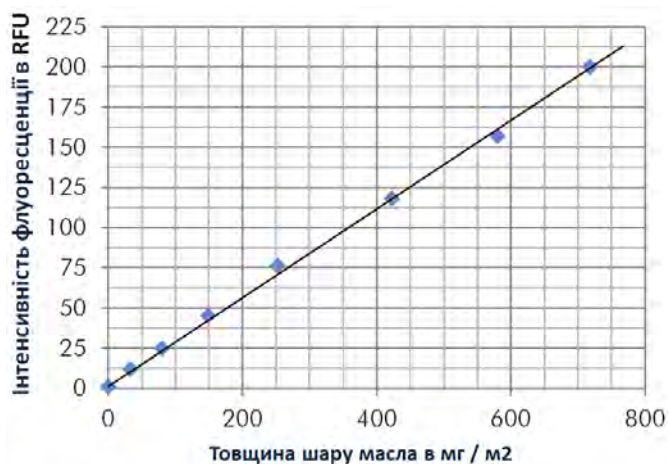


Рисунок 1.13 – Кореляція інтенсивності флуоресценції та товщини шару масла

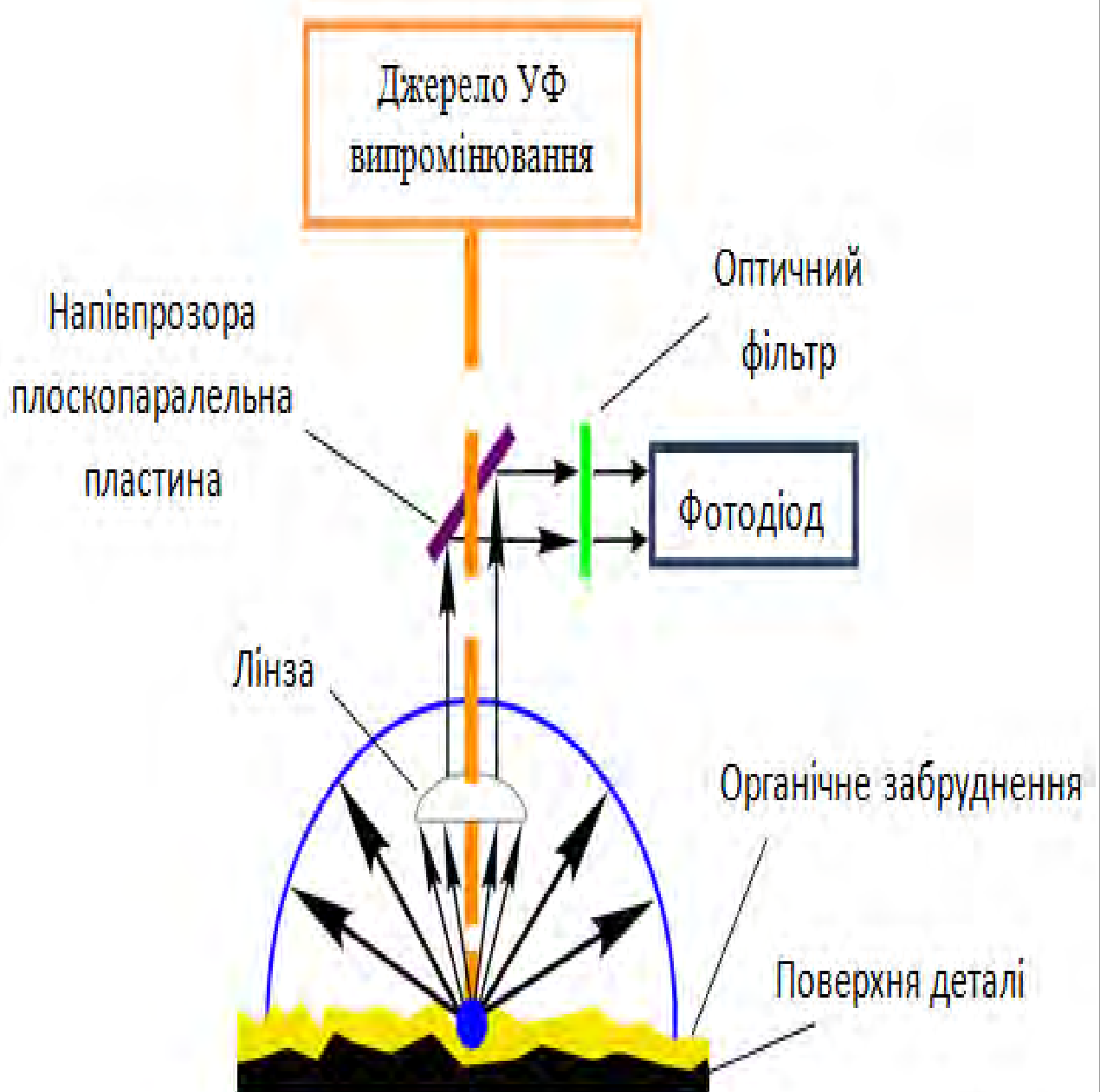


Рисунок 1.14 – Схема принципу дії приладу вимірювання флуоресценції

Конструкція оптико-електронного приладу, розроблена за наведеною схемою, відносно проста, в порівнянні, наприклад, з лазерним далекоміром середньої точності вимірювання відстаней[11], та має невисоку собівартість, а сам пристрій є портативним, легким та швидким у використанні.

						ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

1.5 Очистка поверхні від органічного забруднення

Очистка поверхонь від органічного забруднення за допомогою тканини, що змочена в розчиннику, сприяє збільшенню адгезії, але дуже рідко повертає поверхню до початкового стану. В якості розчинника можна використати в першу чергу гексан, гептан, толуол і ізопропіловий спирт.

Було проведено кілька досліджень в області очищення поверхонь від забруднень кремній-органічними сполуками. В рамках одного з експериментів кремній-органічні сполуки різних типів нанесли на скляну поверхню, яку потім спробували очистити за допомогою серветок, просочених різними очисними засобами. Ефективність очищення визначали методом кута контакту з водою. Очищення виконували за допомогою стандартних паперових рушників, змочених в очисному засобі, якими протирали навмисно забруднені ділянки зразків. Очищення проводилася п'ять разів для кожного із забруднених зразків. Перед кожним разом рушник змочували заново. Жодне з миючих засобів не змогло довести свою універсальність, ефективність для всіх видів забруднень. Було встановлено, що деякі забруднення представляють особливі труднощі при очищенні, а певні розчини підходять для обробки тільки вкрай специфічних видів забруднень[5].

Розпилення CO₂ також досліджувалося на ефективність для очищення поверхонь великої площі, наприклад, таких як елементи сонячної батареї. За допомогою розпилення під тиском вдається домогтися зорової чистоти поверхні, однак CO₂ лише частково розчиняє кремній-органічні речовини і після такого очищення, як правило, їх залишки ще присутні на поверхні.

Для рішення проблеми органічного забруднення можна використовувати дрібноструменеву очистку, але слід враховувати особливостях цього способу очистки, вони можуть викликати деякі труднощі. Дріб, яка використовується при очистці, може бути забруднена органічними з'єднаннями, що присутні на очисній поверхні, тому

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднення може бути передане наступній партії виробів, поданих на обробку. Якщо технологія очистки, що передбачає використання розчинника та дрібноструменеву очистку, буде порушена, то органічні забруднення можуть потрапити глибше в поверхню виробу, погіршивши її стан і складність видалення. Окрім цього, порушення технології може привести до більш серйозної проблеми: зовні поверхня буде виглядати чистою, проте кремній-органічні сполуки, які проникли всередину, продовжать свій вплив, що позначиться на адгезійних якостях поверхні через деякий час.

Висока якість чистоти поверхні досягається завдяки комбінованій очистці. Виріб проходить ряд послідовних очисних операцій, причому вади попереднього способу усуваються чеснотами подальшого. Наприклад, при найбільш поширеній схемі комбінованої очистки, занурення - струменева обробка - щіткова очистка, виконується така послідовність операцій. Деталі занурюють у ванну з миючим розчином, де відбувається отмочка або розмазування забруднень органічного характеру, також забруднення частково розчинюється у миючому засобі. Недолік очищення зануренням - наявність залишкових плям органічних забруднень - успішно ліквідується при струменевій обробці. Під час цього процесу змиваються не лише органічне забруднення, а й мінеральні й нерозчинні частинки забруднень внаслідок механічних впливів потоків високого тиску. Останні продовжують також і хімічний вплив на органічні забруднення, що не встигли розчинитися. Наступна операція - щіткова очистка. Її використовують для великих деталей або для виробів великої довжини. Вона завершує процес очищення, механічно відриваючи найбільші або нерозчинені частки. При цьому виключається, що особливо важливо при високих вимогах до чистоти поверхні виробів, диспергування частинок забруднень, що вже знаходяться в миючому розчині на вже очищені поверхні деталей, які продовжують знаходитися в розчині [12].

Класифікація та категоризація всіх вхідних матеріалів може допомогти попередити попадання небажаних джерел забруднення в зону обробки

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

деталей. Через серйозність проблем, до яких призводить забруднення органічними речовинами, металообробні виробництва прагнуть звести до мінімуму використання кремнію. Під це скорочення потрапили смоли, що пройшли вулканізацію при кімнатній температурі, клейкі стрічки, мастила, масла та інші продукти, які мають в своєму складі кремній-органічні сполуки.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 . РОЗРОБКА ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Дослідження явища люмінесценції

В ході роботи над дипломним проектом був проведений експеримент. У ході якого було опромінено декілька поширених у побуті речовин ультрафіолетовим ліхтарем випромінювання, якого має довжину хвилі 395 – 400 нм.

Роботу ліхтаря було перевірено на звичайній 10 гривневій купюрі(Рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Опромінення 10 гривневої купюри

Далі було опромінено лак для нігтів(Рис.2.2), рідке мило(Рис.2.3), крем для рук(Рис.2.4), антисептик(Рис.2.5). Флуоресценція антисептику відсутня, в лаку та милі флуоресценція часткова. Крем для рук добре флуоресцює.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 2.2 – Опромінення лаку

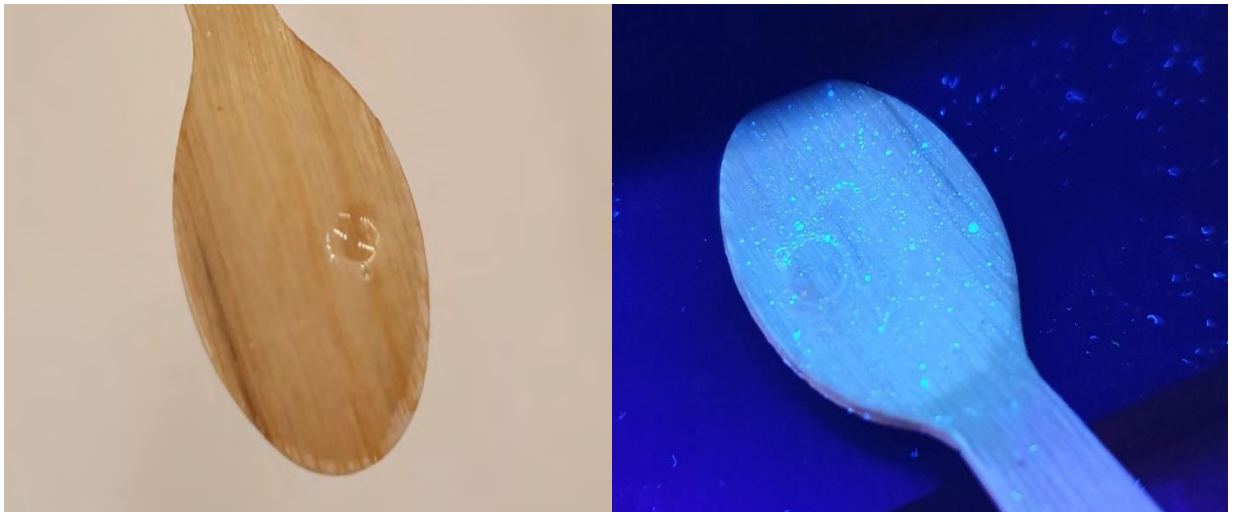


Рисунок 2.3 – Опромінення рідкого мила



Рисунок 2.4 – Опромінення крему для рук

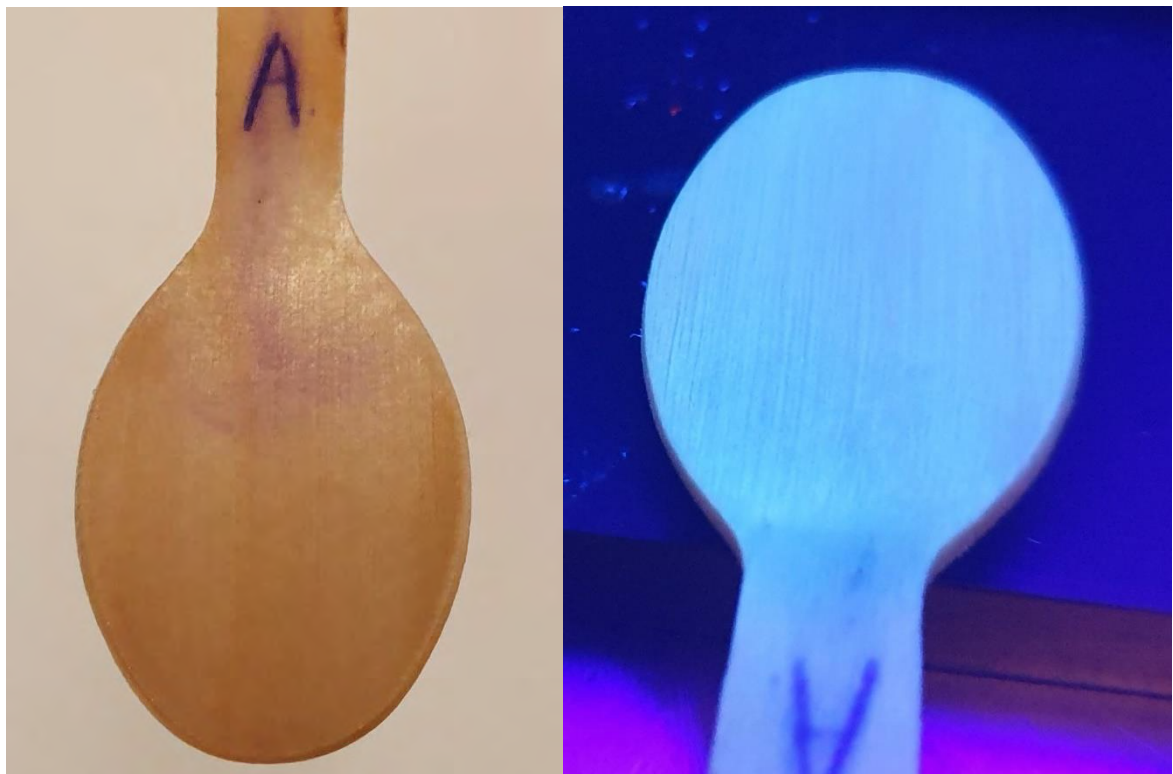


Рисунок 2.5 – Опромінення антисептика

Як видно з фотографій флуоресценцію деяких речовин, які є потенційним органічним забрудненням, видно без приладів. Однак, для

контролю тонких плівок органічного забруднення необхідно додаткове обладнання.

2.2 Розрахунок інтенсивності флуоресценції

Розрахунок проводиться по формули (1.3), якщо $D > 0.01$. Тоді інтенсивність відносно концентрації буде змінюватися по експоненціальному закону(Рис.2.6). Якщо ж $D \leq 0.01$, то, розрахунок проводиться по формули (1.3) и залежність має лінійний характер.

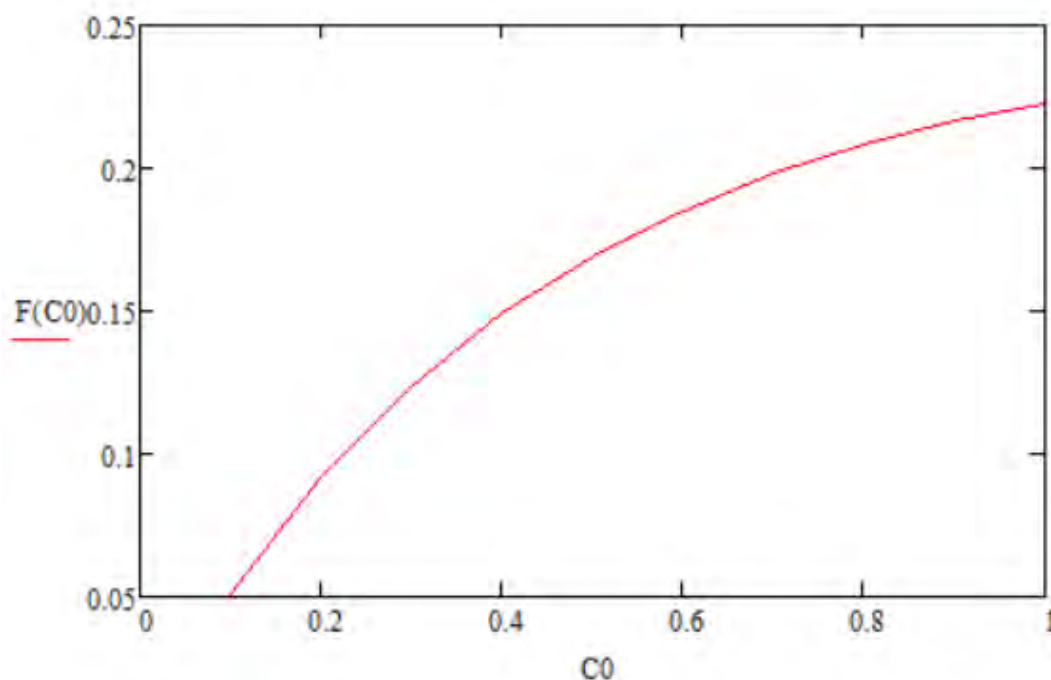


Рисунок 2.6 – Зміна інтенсивності флуоресценції по експоненціальному закону

Так як квантовий вихід флуоресценції та товщина забруднення органічного забруднення величини малі($D \leq 0.01$), розрахунок проводиться по другий формулі.

Вхідні данні:

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_0 = 1,65 \text{ W}$ – інтенсивність ультрафіолетового джерела;

$l = 0.0001 \text{ м}$ – довжина оптичного шляху, товщина шару органічної речовини;

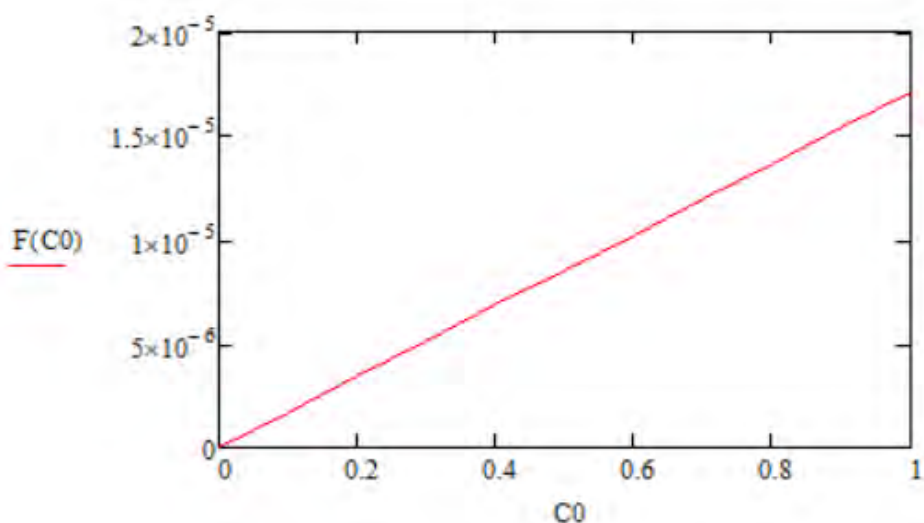
$\epsilon=0,9$ – коефіцієнт молярної екстинкції. Близький до 1, бо через малу товщину шару речовина майже прозора;

$k=1$ - чутливість фотоприймача на довжині хвилі 565 нм;

Квантовий вихід флуоресценції залежить від природи речовини, концентрацію виражають у відсотках. Розрахунок здійснювався у програмі Mathcad.

Бензол

Бензол безбарвна речовина, входить в склад бензину. Квантовий вихід флуоресценції $q = 0.05$ [13]. Результат розрахунку представлений у вигляді графіку(2.7) та таблиці(2.1).



Рисунк 2.7 – Графік залежності інтенсивності бензолу

Таблиця 2.1.

Результати розрахунку інтенсивності флуоресценції бензолу

Концентрація речовини	Інтенсивність флуоресценції у W	Інтенсивність флуоресценції у lx
10%	$1.70 \cdot 10^{-6}$	11,66

20%	$8,88 * 10^{-6}$	60,65
30%	$13,32 * 10^{-6}$	90,97
40%	$17,76 * 10^{-6}$	121,3
50%	$22,2 * 10^{-6}$	151,62
60%	$26,64 * 10^{-6}$	181,95
70%	$31,1 * 10^{-6}$	212,41
80%	$35,52 * 10^{-6}$	242,60
90%	$39,96 * 10^{-6}$	272,92
10%	$44,4 * 10^{-6}$	303,25

Результат розрахунку 3 речовин на одному графіку(Рис. 2.8).

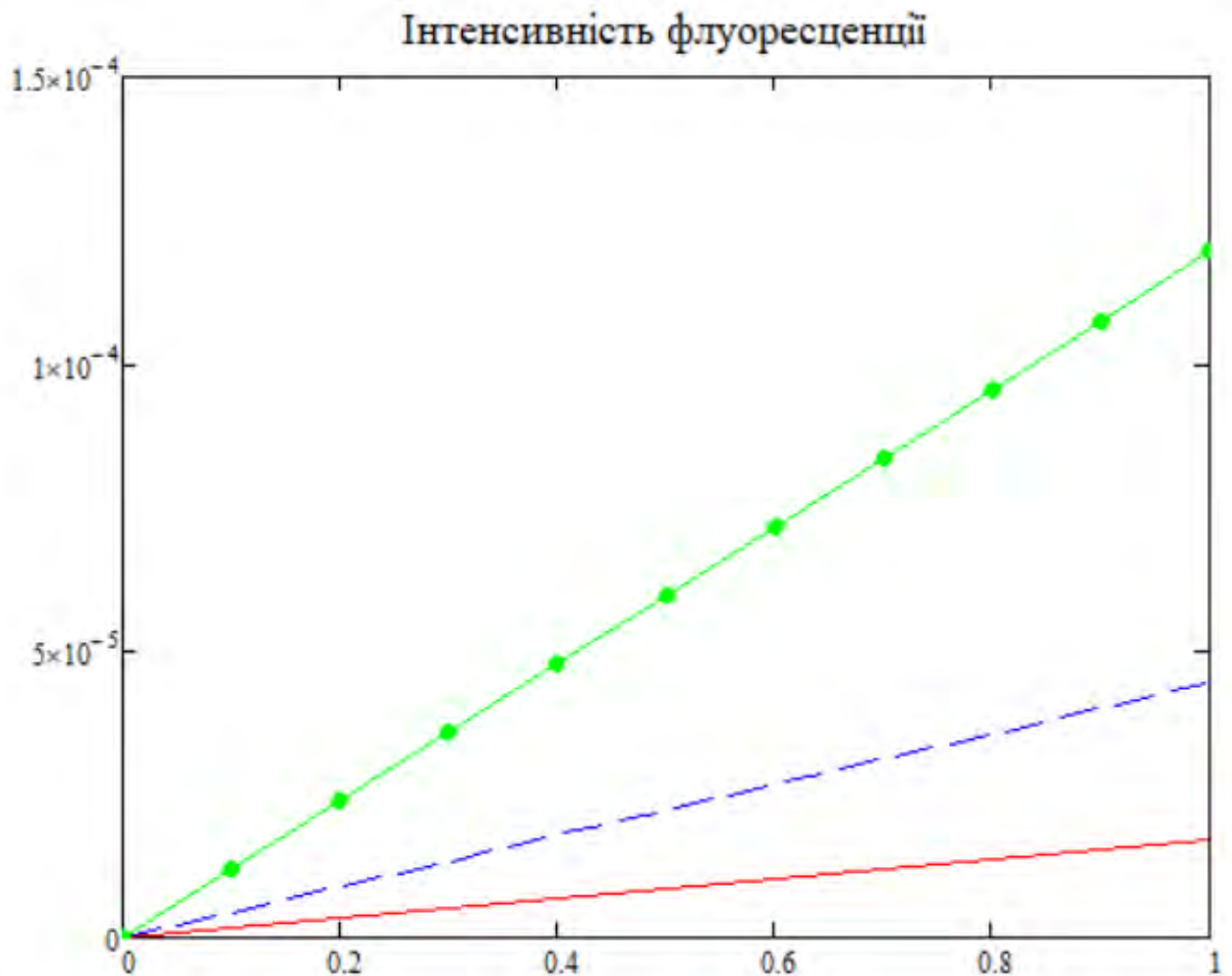


Рисунок 2.8 – Залежність інтенсивності флуоресценції від концентрації речовини: суцільна пряма – бензол, пряма з кружками – саліцилова кислота, штрихова лінія – тирозин

2.3 Розробка функціональної схеми приладу

Рис. 2.9 демонструє функціональну схему приладу для контролю чистоти поверхні, де:

- ДЖ – джерело ультрафіолетового випромінювання;
- ПВ – приймач випромінювання утвореного в результаті флуоресценції;
- П – підсилювач;
- АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
- МК – мікроконтролер;
- Д – дисплей.

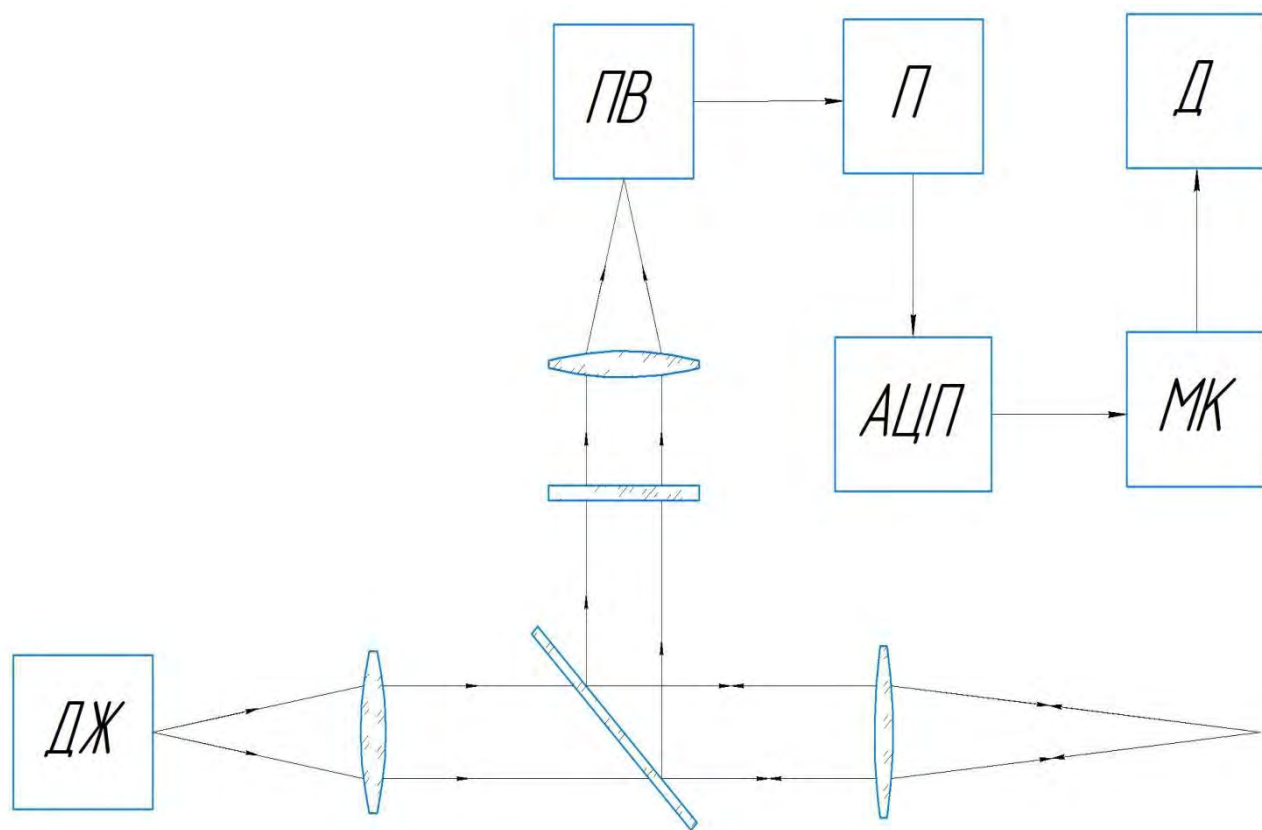


Рисунок 2.9 – Функціональна схема

Гомоцентричний пучок променів, із джерела ультрафіолетового випромінювання, потрапляє на коліматорну лінзу, яка розташована на відстані фокального відрізка від приймача, після чого рух променів стає

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

паралельнім. Далі пучок проходить напівпрозору плоско-паралельну пластину, через яку проходить лише половина початкової енергії. Лінза каналу збудження фокусує пучок на поверхню, яка контролюється. Для того щоб фокусна відстань витримувалась, а також з метою захисту від небажаного зовнішнього освітлення, на лінзу встановлюють бленду. Флуоресценція, що утворилась при збудженні ультрафіолетовим випромінюванням органічного забруднення, дифузно розсіюючись потрапляє на лінзу збуджуючого каналу та де промені знову стають паралельними. Потрапляючи на напівпрозору плоско-паралельну пластину, пучок заломлюється на 90 градусів та втрачає половину своєї потужності. Ділі промені проходять через оптичний фільтр, який відсікає, відбите від поверхні, ультрафіолетове випромінювання. Лінза приймального каналу фокусує промені так, щоб вони всі потрапили на приймальну площадку фотоприймача. Аналоговий сигнал з приймача переходить у підсилювач напруги, після чого у АЦП з якого вже цифровий сигнал записується на мікроконтролер и результат в відносних одиницях виводиться на дисплей.

2.4 Моделювання та розрахунок оптичної системи приладу

В якості джерела ультрафіолетового випромінювання було вибрано світлодіод CUN9GB1A фірми Seoul Viosys. Деякі характеристики:

- Пікова довжина хвилі – 395 нм;
- Потужність – 1650 мВт;
- Оглядовий кут - $2\varphi = 62.5^\circ$
- Робоча температура – від -10 до 85 °С

Було обрано фотоприймач – кремнієвий PN фотодіод BPW21R фірми Vishay. Спектральна чутливість наведена на рис.2.10, залежність струму від освітлення на рис.2.11. Інші характеристики[14]:

- Кут напівчутливості - $\pm 50^\circ$; ч

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Довжина хвилі пікової чутливості – 565 нм;

Для усіх оптичних компонентів, окрім оптичного фільтру, був обраний матеріал під маркою К8. Деякі характеристики оптичного матеріалу К8:

- Робочий діапазон частот від 365 нм до 2 мікрон;
- Коефіцієнт Пуасона : 0.209;
- Показник заломлення: $n_d = 1.516367$;
- Число Аббе: $V_d = 63.8403$

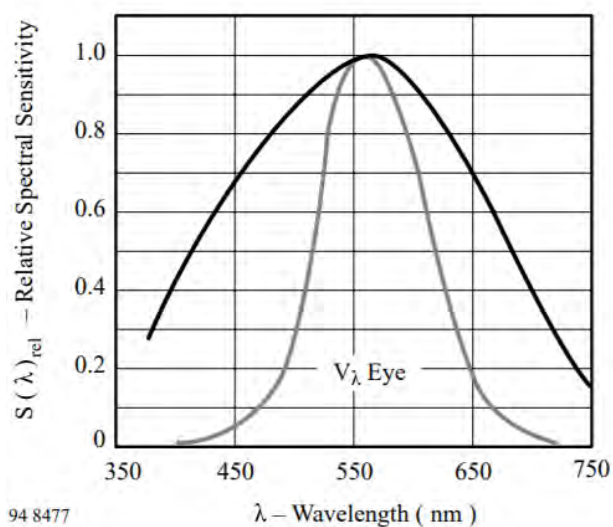


Рисунок 2.10 – Спектральна чутливість фотодіоду BPW21R

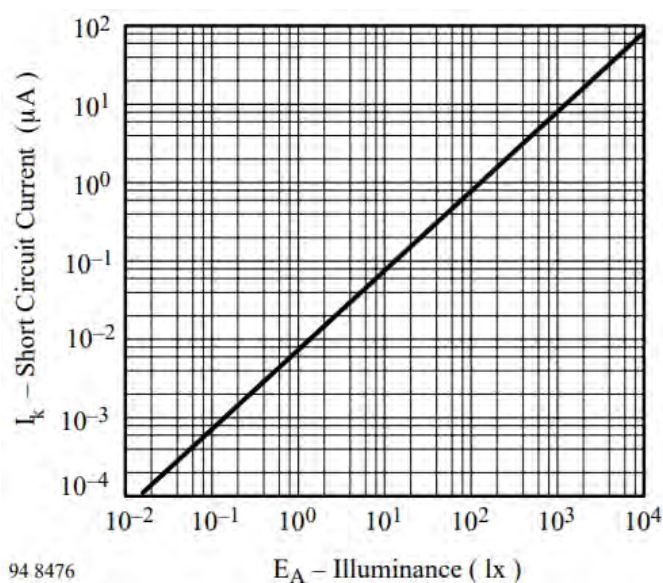


Рисунок 2.11 – Залежність струму від освітлення фотодіоду BPW21R

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для оптичного фільтру був обраний матеріал під маркою ЖС12. Діаграма пропускання матеріалу наведена на рис.2.12, червоним відмічено кінець ультрафіолетової зони.

Оптична система розроблена в програмі ZEMAX. Конструктивні параметри задаються в таблицю «Lens data editor»(Рис.2.13).

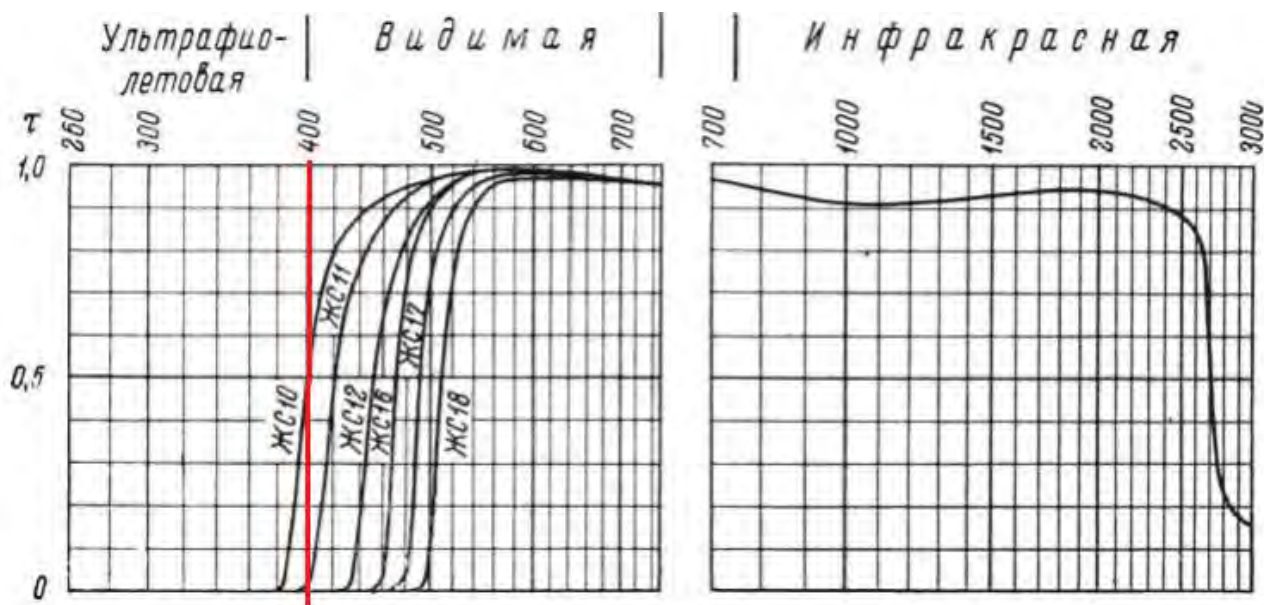


Рисунок 2.12 – Діаграма пропускання оптичного матеріалу ЖС12

Lens Data Editor

Edit Solves Options Help

Surf:Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter
OBJ	Standard	INFINITY	Infinity		0.000000
1*	Standard	20.000000	2.000000	LZ_K8	5.207811 U
2*	Standard	-20.000000	0.000000		5.263419 U
3	Standard	Infinity	40.000000		5.262956 U
4*	Standard	35.000000	1.500000	LZ_K8	5.554757 U
5*	Standard	-30.000000	29.300000		5.577619 U
6*	Standard	Infinity	-29.300000	MIRROR	10.000000 U
STO*	Standard	-30.000000	-1.500000	LZ_K8	5.554757 U
8*	Standard	35.000000	-20.000000		5.579451 U
9#	Standard	Infinity	15.000000	MIRROR	9.000000 U
10*	Standard	Infinity	1.000000	LZ_K8	6.000000 U
11*	Standard	Infinity	7.000000		6.000000 U
12*	Standard	30.000000	1.700000	LZ_K8	6.000000 U
13*	Standard	-30.000000	11.200000		6.000000 U
IMA	Standard	Infinity	-		3.000000 U

Рисунок 2.13 – Таблиця конструктивних параметрів оптичної системи

Модель системи представляється у вигляді пустотілого зображення(Рис.2.14) и «тіньової» моделі(Рис.2.15)[15].

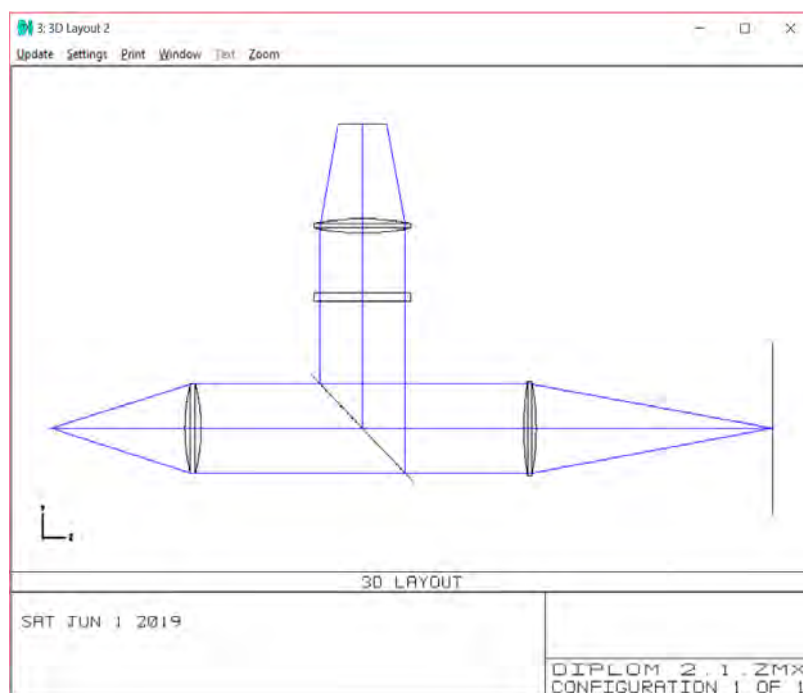


Рисунок 2.14 – Тривимірне пустотіле зображення системи

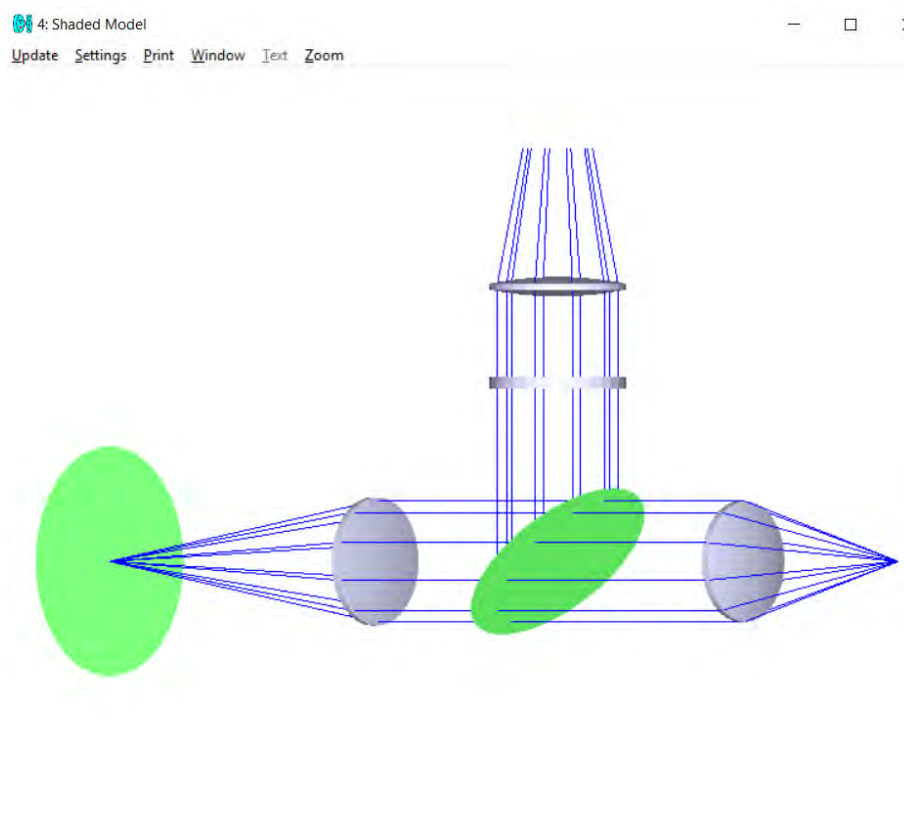


Рисунок 2.15 – «Тіньова» модель системи

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Після моделювання самої системи отримані такі діаграми та параметри: діаграма кружка розсіювання(Рис.2.16); діаграма освітленості на приймачі у трьох представленнях: двовимірна діаграма(Рис.2.17), трьохвимірна(Рис.2.18) та кольорова(Рис.2.19); стислі характеристики оптичної системи(Рис.2.20).

Як видно з діаграми освітленості, ефективність оптичної системи складає 99,1%.

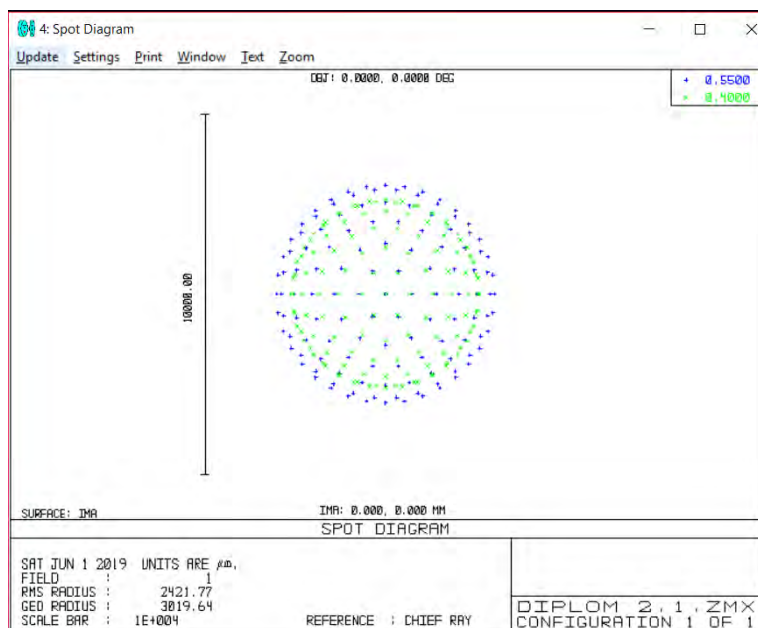


Рисунок 2.16 – Діаграма кружка розсіювання оптичної системи

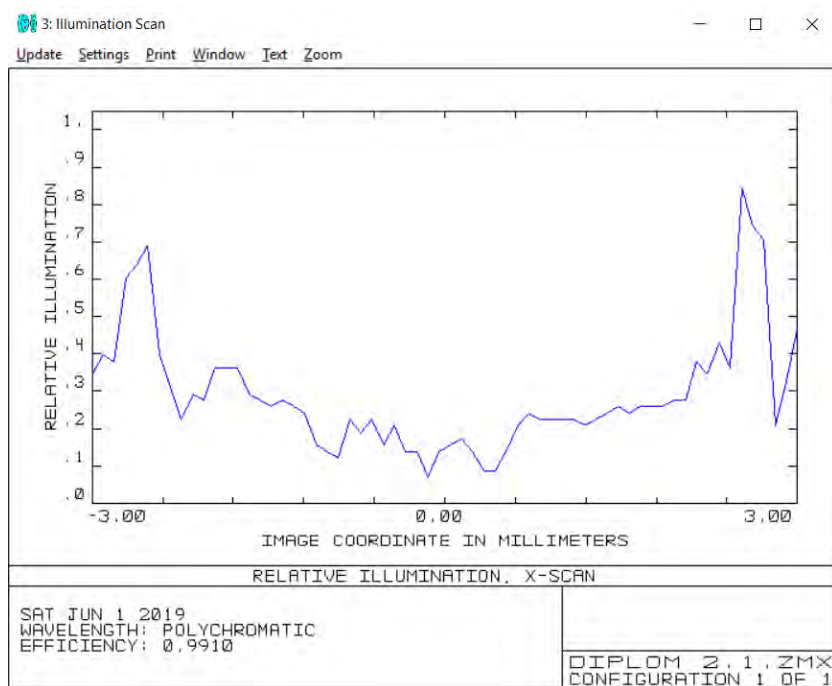


Рисунок 2.17 – Діаграма освітленості на приймачі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

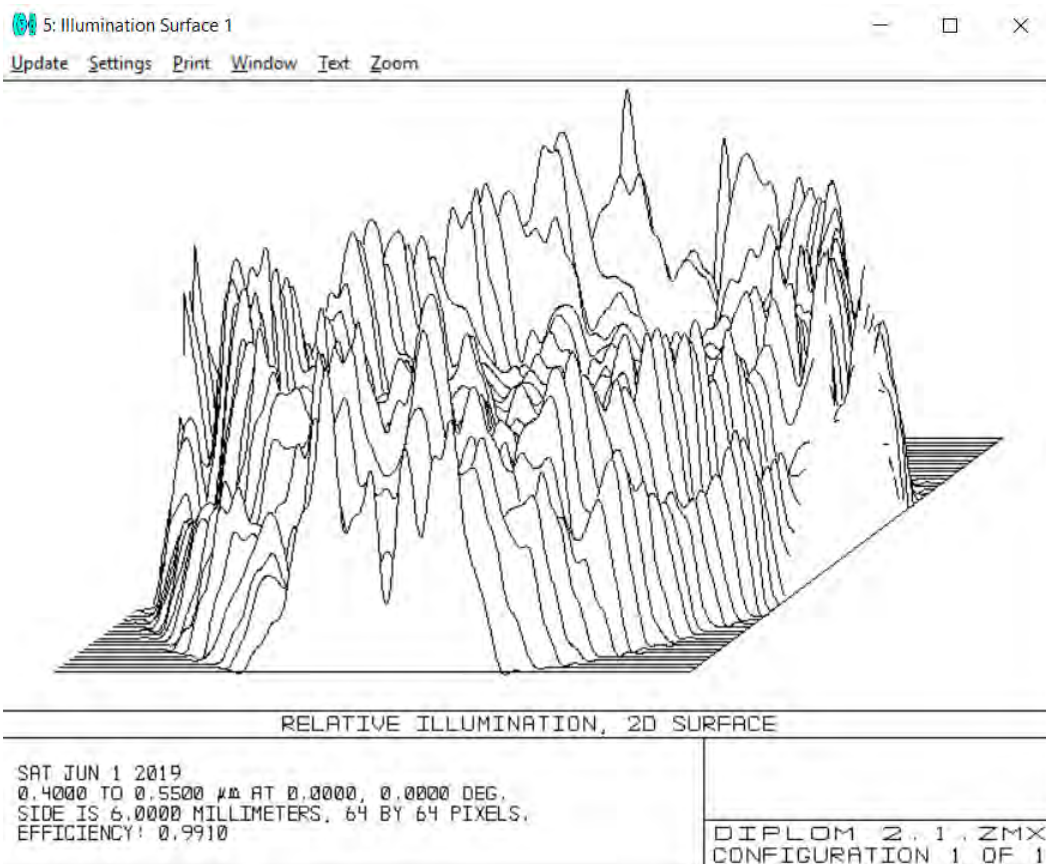


Рисунок 2.18 – Тривимірна діаграма освітленості на приймачі

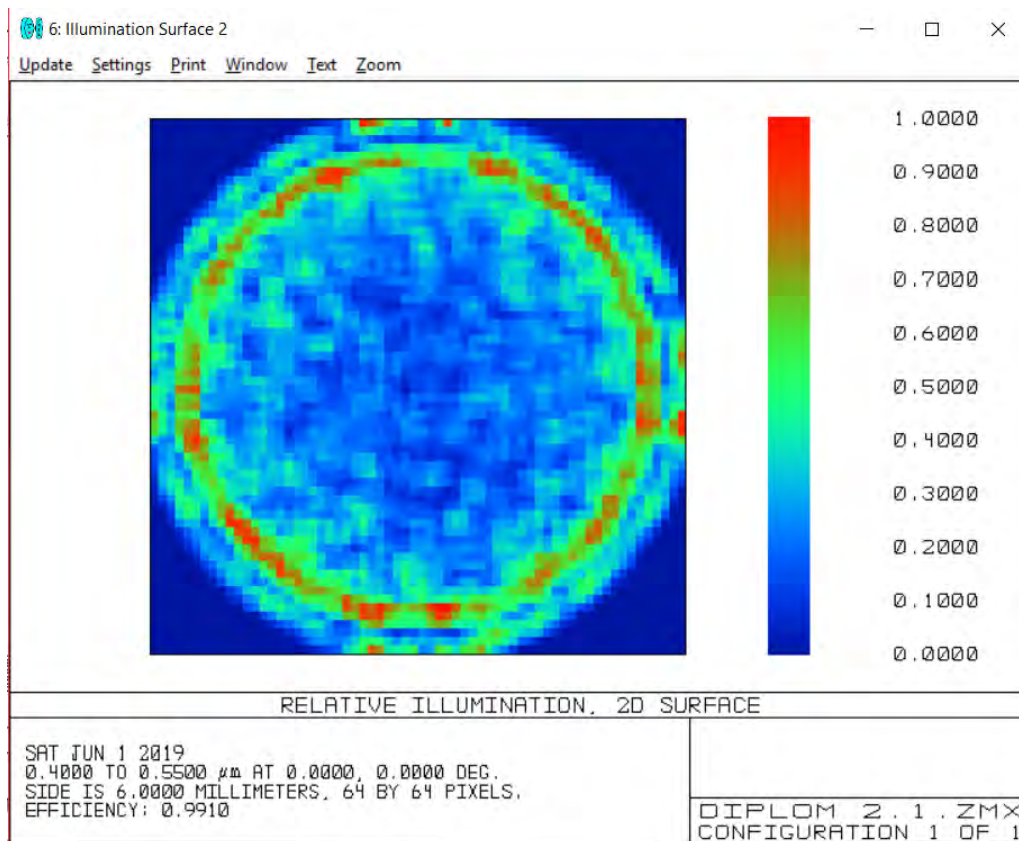


Рисунок 2.19 – Кольорова діаграма освітленості на приймачі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

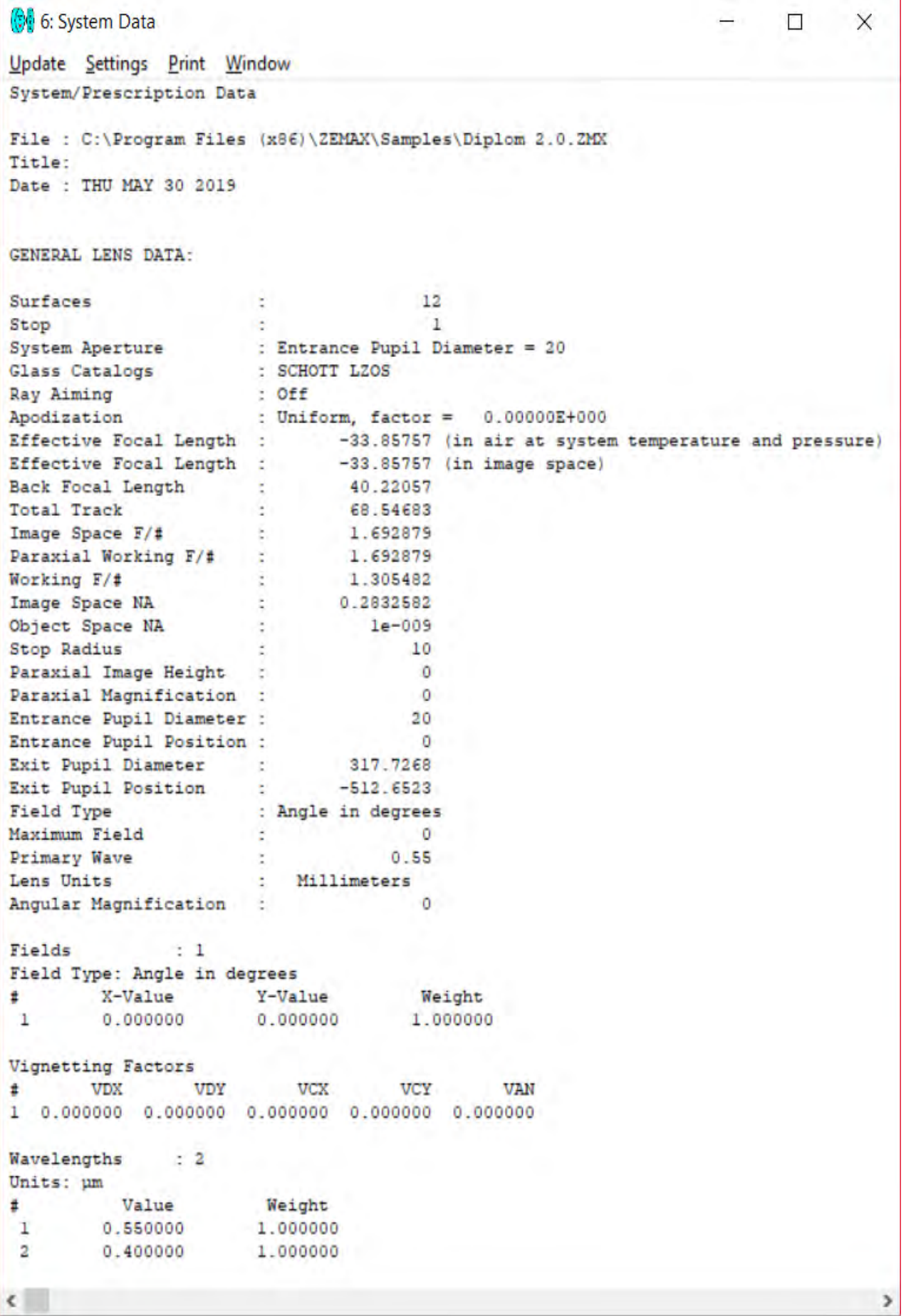


Рисунок 2.20 – Стислі характеристики оптичної системи

Коефіцієнт пропускання для кожного оптичного компонента системи наведена в таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Коефіцієнти пропускання оптичних компонентів системи

Оптичний компонент	Коефіцієнт пропускання
Коліматор	$\tau_k = 0,95$
Напівпрозора плоско-паралельна пластина	$\tau_{ппп} = 0,5$
Об'єктив каналу збудження	$\tau_{об.зб.} = 0,95$
Світлофільтр	$\tau_{св} = 0,96$
Об'єктив приймального каналу	$\tau_{об.пр.} = 0,95$

Коефіцієнт пропускання каналу збудження:

$$\tau_{зб.} = \tau_k * \tau_{ппп} * \tau_{об.зб.} = 0,95 * 0,5 * 0,95 = 0,45$$

Коефіцієнт пропускання приймального каналу:

$$\tau_{пр.} = \tau_{об.зб.} * \tau_{ппп} * \tau_{св} * \tau_{об.пр.} = 0,95 * 0,5 * 0,96 * 0,95 = 0,43$$

Якщо брати до уваги квантовий вихід речовини, наприклад для саліцилової кислоти квантовий вихід $q = 0.35$, то коефіцієнт пропускання всієї системи складе:

$$\tau_{сис.} = \tau_{пр.} * \tau_{зб.} * q = 0,43 * 0,45 * 0,35 = 0,07$$

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАКТУ

3.1 Розрахунок електричного тракту

Схема включення фотодіода представлена на рис.3.1. Для АЦП важливо, щоб вхідна напруга була не більшою за опорну напругу, але для більшої точності вона повинна наближатися до опорної напруги ($U_o = 5,12 \text{ В}$).

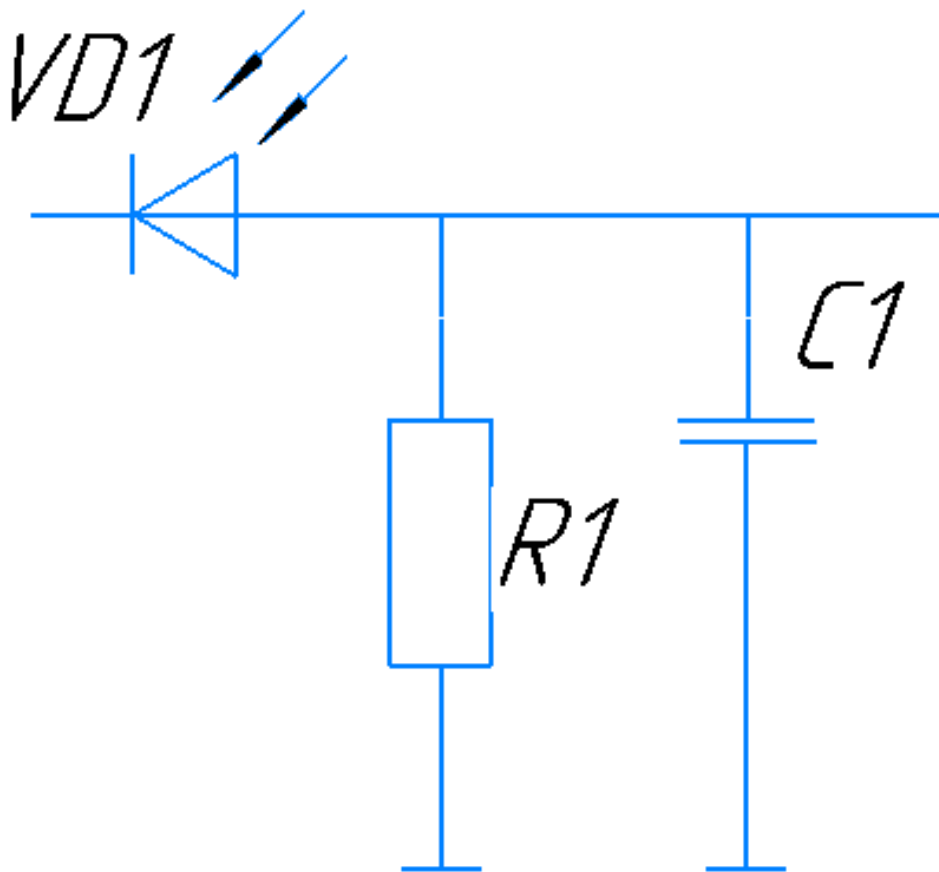


Рисунок 3.1 – Схема включення фотодіода

$I_{max} = 100 \text{ нА} = 10^{-7} \text{ А}$ – максимальний струм на виході з фотодіода.

$R1 = 10 \text{ кОм} = 10^7 \text{ Ом}$

$U_{вх} = I_{max} * R1 = 1 \text{ В}$ – напруга на вході в посилювач.

$R_G = 13 \text{ кОм}$ – опір для налаштування коефіцієнта підсилення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК51.5114.00.00.00 ПЗ

Арк.

50

АТmega8А 8-бітним мікроконтролер на основі AVR(Рис.3.3)[17].
 Мікроконтролер – це комп'ютер на одному кристалі, який використовують для керування електричних приладів та систем. Стислі характеристики:

- вбудовані сегменти енергонезалежної пам'яті;
- два 8-бітові таймери(лічильники);
- один 16-розрядний таймер(лічильник);
- 10-розрядний 8-канальний АЦП;
- кількість контактів 32;
- робоча напруга – 2.7 - 5.5В;
- Максимальна робоча частота – 16 МГц;
- Температурний діапазон – від -40°С до + 105°С

14	PB0/ICP1	PC0/ADCO	23
15	PB1/OC1A	PC1/ADC1	24
16	PB2/SS/OS1B	PC2/ADC2	25
17	PB3/MOSI/OC2	PC3/ADC3	26
18	PB4/MISO	PC4/ADC4/SDA	27
19	PB5/SCK	PC5/ADC5/SCL	28
9	PB6/TOSC1/XTAL1	PC6/RESET	1
10	PB7/TOSC2/XTAL2		
		PD0/RXD	2
		PD1/TXD	3
		PD2/INT0	4
		PD3/INT1	5
		PD4/TO/XCK	6
		PD5/T1	11
21	AREF	PD6/AINO	12
20	AVCC	PD7/AIN1	13

Рисунок 3.3 – 8-бітний мікроконтролер АТmega8А

Дисплей LCD-016M002B 16 x 2 Character LCD(Рис.3.4).

Характеристики:

- Робоча напруга – 5В;
- 5 x 8 точок з курсором;
- робочий цикл 1/16.

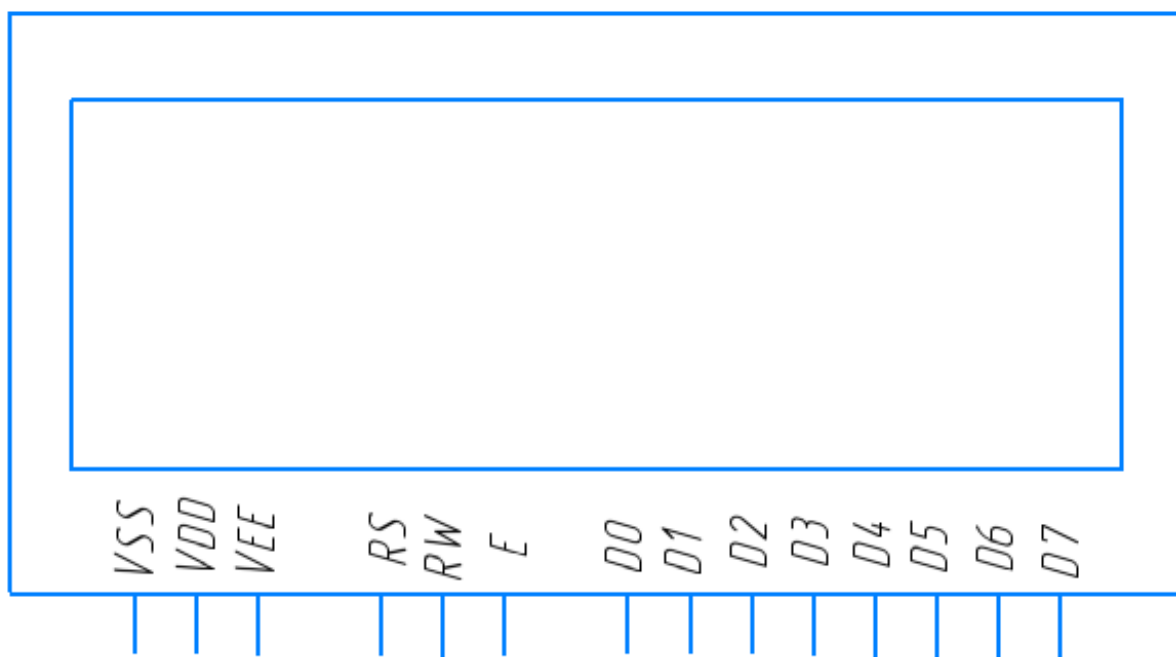


Рисунок 3.4 – Дисплей 16 x 2 Character LCD

3.2 Моделювання електричного тракту

Моделювання роботи мікроконтролера та дисплею проведено в програмі Proteus 8(Рис.3.5). Код програми для мікроконтролера дуже простий, більшу його частину генерує CodeVisionAVR на мові С. Але необхідно враховувати, що так як АЦП мікроконтролера 10 бітний то максимальне число яке нам поверне функція зчитування з АЦП буде дорівнювати 1024, це число еквівалентно напрузі на вході ADC0, а також залежить від опорної напруги на нозі AVCC. Тобто, якщо функція

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

зчитування з АЦП поверне 512, то це означає, що на вхід ADC0 подали напругу рівну половині опорної напруги на нозі AVCC.

Для того щоб отримати значення в вольтах. Необхідно розрахувати коефіцієнт пропорційності, який можна вирахувати за формулою:

$$K = \frac{U_o}{1024}, (3.1)$$

де: U_o – опорна напруга на нозі AVCC.

В нашому випадку опорна напруга $U_o = 5,12$ В, отже, $K = 0,005$. Для простоти розрахунків переведемо все в мілівольти помноживши все на 1000.

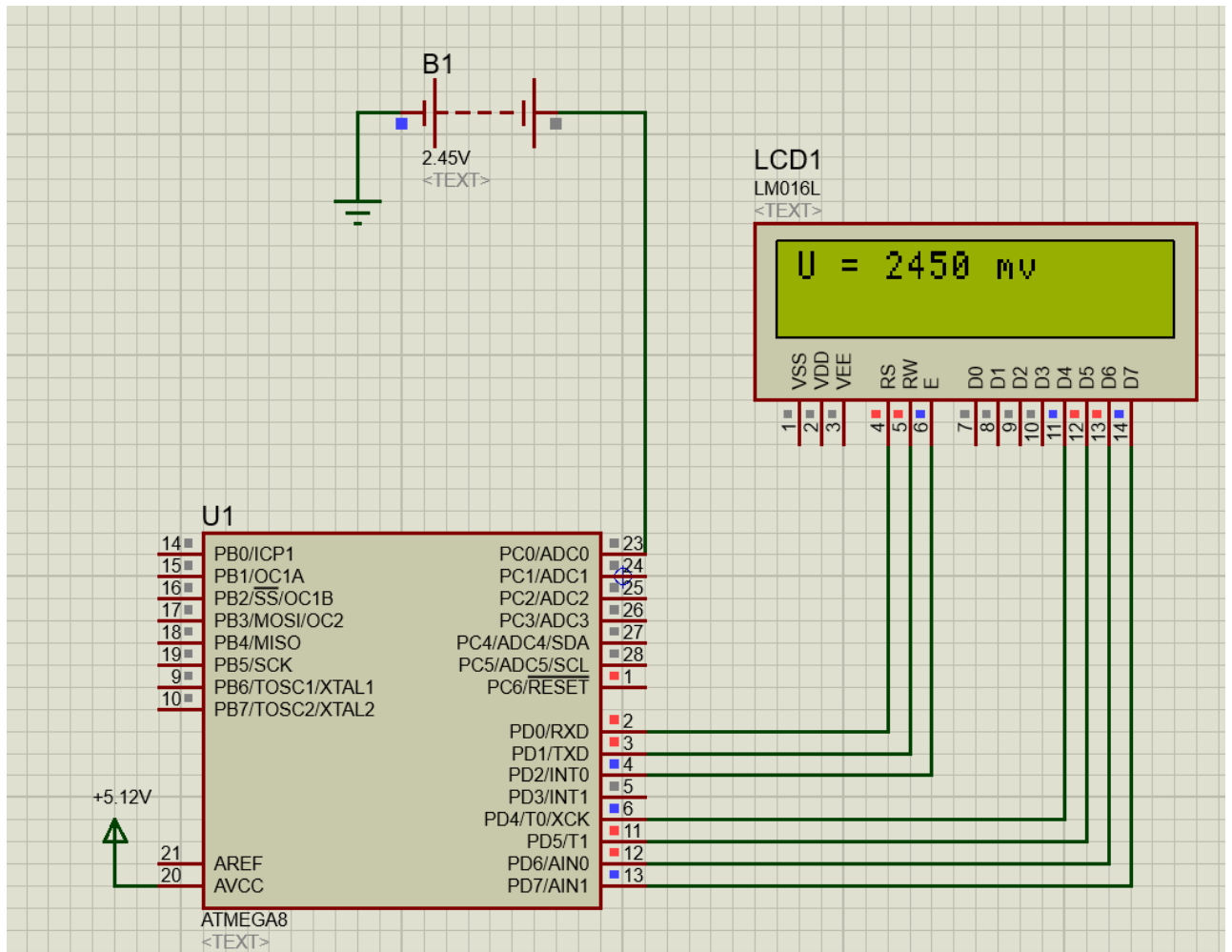


Рисунок 3.5 – Модель мікроконтролера та дисплея в Proteus 8

Тоді напруга в мілівольтах буде вираховуватися за такою формулою:

						ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			54

$$U_V = K * adc * 1000, (3.2)$$

де: K – коефіцієнт пропорційності, adc – число яке поверне функція зчитування з АЦП.

Моделювання в програмі Proteus 8 дає змогу впевнитися в правильності підключення електричних елементів та роботі складеного коду для мікроконтролера. Що значно заощаджує час під час розробки електричних систем.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Органічне забруднення є причиною деяких дефектів зварних та клейових з'єднань та декоративних та захисних покриттів, наприклад, якщо забруднена всього половина площі поверхні, яка підлягає покриттю, значно погіршується адгезія покриття. Проведені дослідження підтверджують доцільність розгляду цієї проблеми. Наприклад, з'єднання корпусів для газового обладнання піддають випробуванню на герметичність. Майже 50% деталей не пройшли випробування під тиском, а середня чистота склеюваної поверхні становила 31,6%. Після оптимізації процесу очищення середня чистота збільшилася до 86,5%, а очікуваний рівень браку значно знизився. Чистота поверхні зразків постійно контролюється за допомогою вимірювального пристрою для того, щоб зменшити кількість відходів ще більше і звести до мінімуму частоту випробувань на витік.

Органічне забруднення має безліч джерел та способів поширення. Наприклад, мастила, охолоджуючі мастила, консерванти, більшість косметичних засобів таких як креми, засоби для укладки волосся, антиперсперант і навіть вологі серветки. Людина є потенційним носієм цього забруднення та через легколетючість цих речовин забруднення може розповсюджуватись через вентиляцію. Через проблеми, що спричиненні органічними забрудненнями, необхідно створювати норми контролю та більше досліджувати це явище.

Найбільш складними для реєстрації є забруднення у вигляді тонкої плівки. Для контролю такого забруднення використовують метод кута контакту з водою. Однак, цей метод дуже суб'єктивний, а також шорсткість поверхні вносить занадто велику похибку. Метод, що не має цих недоліків, заснований на властивості речових органічного походження флуоресціювати, тобто, випромінювати холодне світло, при збудженні ультрафіолетовим випромінюванням.

					ГК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

На основі аналога, приладу виміру інтенсивності флуоресценції «CleanoSpector», було розроблено опричну систему. Ефективність цієї оптичної системи склала 99,1%. Також було розроблено схему електричну.

Впровадження перевірки поверхонь на органічне забруднення безпосередньо перед їх обробкою може значно зменшити кількість браку, що спричинені цим фактором. Також цей прилад може зменшити витрати на очистку поверхонь деталей, адже, очищення будуть потребувати лише деталі, що не пройшли пороговий рівень, а не усі без винятку.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

11. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 20-22 апреля. – Минск, Беларусь, 2016. – с. 38.
12. Крутоус, Е.Б. Техника мойки изделий в машиностроении /Е.Б. Крутоус, М.И. Некрич. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М: "Машиностроение", 1969. — 240с.
13. Fluorescence Quantum Yields of Natural Organic Matter and Organic Compounds: Implications for the Fluorescence-based Interpretation of Organic Matter Composition [Электронный ресурс] / Urban J. Wunsch, Kathleen R. Murphy, Colin A. Stedmon. — Электрон. журн. — *Frontiers in Marine Science*, 2015. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/283725103_Fluorescence_Quantum_Yields_of_Natural_Organic_Matter_and_Organic_Compounds_Implications_for_the_Fluorescence-based_Interpretation_of_Organic_Matter_Composition
14. Silicon PN Photodiode BPW21R. — Heilbronn, Germany: Vishay Semiconductor GmbH, 1999. — 5с.
15. Методические указания для выполнения компьютерного практикума по дисциплине «Основы оптического неразрушающего контроля» для студентов приборостроительного факультета направления подготовки 6.051003 «Приборостроение» /Муравьев Александр Владимирович. — Киев: НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», 2016. — 45с.
16. Precision Instrumentation Amplifier AD8221. — Norwood, MA 02062-9106, U.S.A: Analog Devices, Inc, 2011. — 24с.
17. Low-Power AVR 8-bit Microcontroller Data Sheet Summary ATmega8A. — Arizona: Microchip Technology Inc, 2018. — 27с.

					ПК51.5114.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Додатки

Технічне завдання

1. Найменування приладу.

„ Прилад для контролю чистоти поверхні ”.

2. Мета виконання дипломного проекту та призначення приладу.

Розробка приладу для аналізу ступеня плівкового органічного забруднення методом флуоресценції.

3. Передумови для розробки приладу.

Дана розробка виконується відповідно до тематики дипломного проектування, затвердженої кафедрою приладів та систем неруйнівного контролю приладобудівного факультету НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”.

4. Вимоги до технічних характеристик.

Основні параметри:

- Робочий спектральний діапазон каналу збудження $\Delta\lambda=395-400$ мкм;
- Робочий спектральний діапазон приймального каналу $\Delta\lambda= 400-830$ мкм;
- Кут поля зору оптичної системи не більше $2\omega'=0,1$;

5. Робочі умови експлуатації приладу.

Номінальне значення кліматичних факторів відповідно до ДСТУ 12.005-88:

- температура навколишнього середовища $-10...40^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість 65% при температурі навколишнього середовища $20\pm 5^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск 750 ± 30 мм.рт.ст.

6. Вимоги до конструкції приладу.

Прилад повинен зберігати працездатність та свої параметри відповідно до ДСТУ 17516-72.

6.1. Конструкція приладу повинна забезпечувати зручний доступ до всіх елементів, вузлів та блоків, які потребують замін в процесі експлуатації.

6.2. Прилад повинен мати мінімальну необхідну кількість органів управління, регулювання та керування:

6.2.1. органи багаторазового або частого використання повинні знаходитись на передній панелі керування приладом;

6.2.2. органи, які використовуються для одноразового налагодження приладу або зміна положення яких є небажаною, мають бути розташовані всередині загального корпусу приладу або на задній малодоступній панелі.

6.3. Використані покупні вироби та матеріали, під час випробування приладу повинні мати невикористаний ресурс, термін служби та термін схоронності яких не менше ресурсу й терміну служби приладу.

7. Техніко-економічні вимоги.

7.1. Передбачається виготовлення одного дослідного зразка приладу.

7.2. Орієнтовна ціна дослідного зразка приладу повинна бути розрахована до початку проведення робіт.

8. Вимоги до упаковки.

8.1. Транспортна упаковка повинна забезпечувати збереження приладу при транспортуванні та збереженні.

8.2. Коробку з приладом розміщують в транспортному ящику: простір між стінками ящика і коробки заповнюють пакувальним амортизаційним матеріалом.

9. Стандартизація та уніфікація.

До приладу повинна бути прикладена експлуатаційна документація відповідно ДСТУ 25565-94.

10. Вимоги до техніки безпеки.

10.1. Вимоги до безпеки конструкції, електробезпеки керування та обслуговування приладу повинні відповідати ДСТ 122007-75 та ДСТУ 123019-80.

10.2. Середній час без відмовлень роботи приладу повинен бути не менше 500 год.

11. Строк зберігання, служби та технічний ресурс.

11.1. Прилад повинен витримувати зберігання протягом 3 років.

11.2. Строк служби 5 років.

11.3. Технічний ресурс 1000 год.