

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
(повне найменування кафедри)

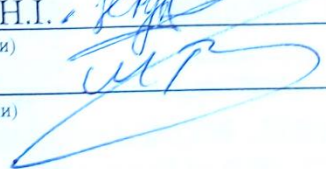
Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему «РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ОПТИЧНОГО ЛІЧИЛЬНИКА»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи РТ-517
Спеціальності 172 Радіотехніка та
телекомунікації
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки

Якушов О.С. 
(прізвище та ініціали)
Керівник Фурманова Н.І. 
(прізвище та ініціали)
Рецензент Мороз Г.В. 
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіoeлектроніки,
Факультет радіoeлектроніки та телекомунікацій
 Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
 Ступінь вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технології мікросистемної
радіoeлектронної техніки
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

 В.о. зав. каф. ІТЕЗ Огренич Є.В.,
 канд. техн. наук
 « 21 » 05 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Якушова Олександра Сергійовича
 (прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проєкту (роботи) Розробка конструкції та технологічного процесу складання оптичного лічильника
 керівник проєкту (роботи) Фурманова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій електронних засобів
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» квітня 2021 року №163
- Строк подання студентом проєкту (роботи) 7 червня 2021 року
- Вихідні дані до проєкту (роботи): схема електрична принципова, тип виробництва
– дрібносерійний, матеріал плати – склотекстоліт СФ 1-50-1,5 ГОСТ 10316-78,
кліматичне виконання УХЛ 4.2
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз технічного завдання до розробки оптичного лічильника.
2 Розробка конструкції оптичного лічильника. 3 Розробка технологічного процесу
складання оптичного лічильника
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
14 рисунків; 11 таблиць; презентація роботи; схема електрична принципова,
креслення плати, складальне креслення друкованого вузла, складальне креслення
основи, креслення кришки, складальне креслення оптичного лічильника

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
Розділи 1-3	Фурманова Н.І., доц.	05.04	
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., ст. викладач	28.05	

7. Дата видачі завдання «26» березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

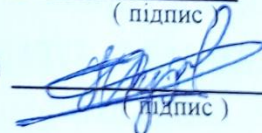
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Визначення тематики роботи	1 тиждень	Виконано
2	Аналіз схеми електричної та вибір ЕРЕ	2 тиждень	Виконано
3	Ескіз компонування виробу з урахування експлуатації	2 тиждень	Виконано
4	Розробка креслення плати та складального креслення друкованого вузла	3 тиждень	Виконано
6	Розробка складального креслення	4 тижні	Виконано
7	Аналіз конструкції, оцінка технологічності	5 тижні	Виконано
8	Розробка конструкторської схеми складання,	5 тиждень	Виконано
9	Розробка технологічної схеми складання	6 тиждень	Виконано
10	Розробка маршрутного технологічного процесу	6 тиждень	Виконано
11	Оформлення пояснювальної записки	7 тиждень	Виконано
12	Оформлення супровідної документації	7 тиждень	Виконано
13	Нормоконтроль та рецензування	8 тиждень	Виконано
14	Захист роботи	9 тиждень	Виконано

Студент



(підпис)

Керівник проєкту (роботи)



(підпис)

Якушов О.С.

(прізвище та ініціали)

Фурманова Н.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 62 с., 14 рис., 11 табл., 29 джерел, 2 додатка.

Об'єктом розробки в даній кваліфікаційній роботі є комплект конструкторської документації для оптичного лічильника.

Мета роботи – розробка конструкції та технології складання оптичного лічильника.

Завдання дипломного проєктування:

- придбання навичок системного аналізу базової та довідкової інформації, необхідної для розробки робочих технологічних процесів складання, монтажу та регулювання РЕА;

- практичне знайомство з основними етапами розробки робочих технологічних процесів відповідних єдиній системі технологічної підготовки виробництва;

- отримання практичних навичок самостійного вирішення завдань аналізу типового та синтезу робочого технологічного процесу;

- придбання і закріплення навичок оформлення комплекту технологічних документів відповідають вимогам стандартів ЄСТД;

- знайомство з методами економічної оцінки і оптимізації прийнятих технологічних рішень.

ОПТИЧНИЙ ЛІЧИЛЬНИК, ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ, КОНСТРУКТОРСЬКА СХЕМА СКЛАДАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА СКЛАДАННЯ, МАРШРУТ СКЛАДАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	7
Вступ.....	8
1 Аналіз технічного завдання до розробки оптичного лічильника.....	10
1.1 Призначення і принцип роботи оптичного лічильника	10
1.2 Технічні вимоги, що пред'являються до пристрою	13
1.2.1 Експлуатаційні вимоги	13
1.2.2 Вимоги технологічності	16
1.2.3 Вимоги ергономіки та естетики	17
1.2.4 Вимоги ремонтпридатності.....	18
1.2.5 Вимоги техніки безпеки	19
2 Розробка конструкції оптичного лічильника	21
2.1 Забезпечення технічних вимог	21
2.1.1 Забезпечення експлуатаційних вимог.....	21
2.1.2 Забезпечення вимог технологічності	21
2.1.3 Забезпечення естетики і ергономіки	22
2.1.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності	23
2.1.5 Забезпечення техніки безпеки	23
2.2 Обґрунтування вибору елементної бази	24
2.3 Обґрунтування вибору конструкції.....	34
3 Розробка технологічного процесу складання оптичного лічильника.....	36
3.1 Аналіз виробництва за технологічними вимогами.....	36
3.1.1 Вимоги до пристрою як до об'єкта виробництва.....	36
3.1.2 Характеристика типу виробництва	36
3.1.3 Характеристика умов виробництва.....	37
3.1.4 Вибір і обґрунтування вибору складального процесу виробу	38
3.2 Технологічний аналіз пристрою	38
3.2.1 Технологічний аналіз елементної бази	38
3.2.2 Аналіз оригінальних виробів	40
3.2.3 Розробка конструкторської схеми складання	41
3.2.4 Технологічний аналіз методів з'єднання	43

	6
3.3 Розробка технологічної схеми складання.....	44
3.4 Розробка технологічного маршруту складання оптичного лічильника	46
3.4.1 Вибір і обґрунтування вибору основних технологій	46
3.4.2 Планування і організація виробничого процесу.....	48
3.4.3 Розробка маршрутного ТП.....	50
Висновки	55
Перелік посилань.....	57
 Додаток А.....	 61
Додаток Б.....	62

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДП	друкована плата
ЕРЕ	електрорадіоелементи
ІМС	інтегральна мікросхема
ІЧ	Інфрачервоний
КД	конструкторська документація
КСС	конструкторська схема складання
лог. 0	логічний нуль
лог. 1	логічна одиниця
РЕА	радіоелектронна апаратура
ТД	технологічна документація
ТЗ	технічне завдання
ТП	технологічний процес
ТСС	технологічна схема складання

ВСТУП

У виробництві на конвеєрних лініях часто виникає задача підрахунку продукції або операцій обладнання. У багатьох випадках верстати вже мають комплекс апаратних і програмних засобів, що дозволяють отримати дану інформацію, але їх вартість може бути високою.

Метою дипломного проєктування є розробка конструкції та технологічного процесу оптичного лічильника, а також систематизація та закріплення теоретичних знань, отриманих під час навчання.

Виробничий процес – систематична і цілеспрямована зміна в часі і просторі кількісних і якісних характеристик засобів виробництва і робочої сили для отримання готової продукції з вихідної сировини згідно з цією програмою.

Технологічний процес (ТП) - частина виробничого процесу, поєднана зі зміною фізичного стану матеріалу, розмірів, форми, зовнішнього вигляду і взаємного розташування елементів при виготовленні і складанні виробу [1].

Проєктування ТП складання і монтажу радіоелектронної апаратури (РЕА) починається з ретельного вивчення вихідних даних на всіх виробничих рівнях, до яких відносяться: короткий опис функціонального призначення виробу, технічні умови і вимоги, комплект конструкторської документації (КД), програма і планові терміни випуску, керівний технічний, нормативний і довідковий матеріал.

Раціональна організація виробничого процесу неможлива без проведення ретельної технологічної підготовки виробництва, яка повинна забезпечувати повну технологічну готовність підприємства до виробництва виробів РЕА вищої категорії якості відповідно до даних техніко-економічних показників, які встановлюють високий технологічний рівень і мінімальні матеріальні та трудові витрати.

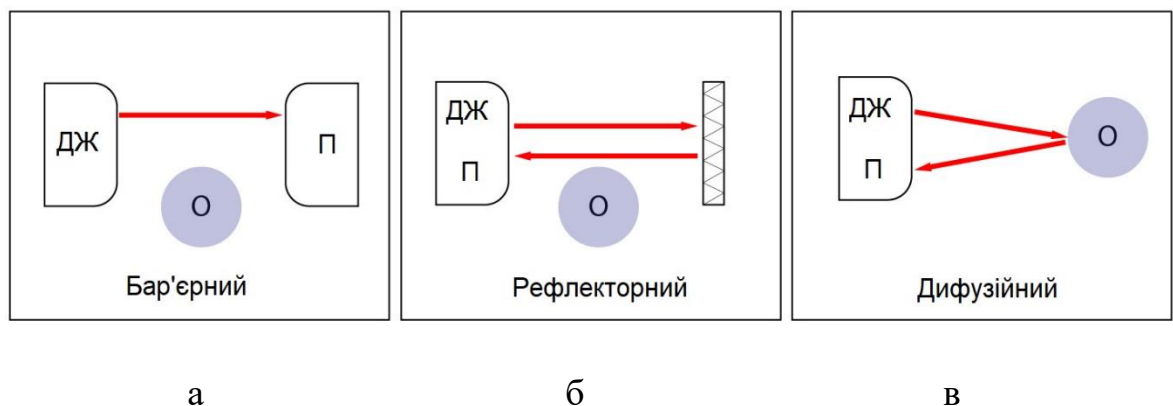
Проблему з підвищення технологічності РЕА вирішують за допомогою широкого впровадження в промисловість гнучких виробничих систем, які містять в собі обладнання з числовим програмним керуванням, конвеєрні

транспортні засоби, роботи і маніпулятори, автоматизовані склади заготовок, готових деталей і вузлів, систему управління гнучкими виробничими системами, що дозволяє швидко переходити від виробництва одного виду продукції до іншого, а отже до підвищення технологічності РЕА. Також це сприяє підвищенню технологічності РЕА, уніфікації та стандартизації виробів [2].

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ДО РОЗРОБКИ ОПТИЧНОГО ЛІЧИЛЬНИКА

1.1 Призначення і принцип роботи оптичного лічильника

Найчастіше при підрахунку продукції або відстеження механічного переміщення зовнішнім датчиком використовуються оптичні лічильники бар'єрного, рефлекторного або дифузійного типу (рис. 1.1) [3].



ДЖ – джерело випромінювання; П – приймач випромінювання;
О – об'єкт

Рисунок 1.1 – Види оптичних лічильників:

а – бар'єрний; б – рефлекторний; в – дифузійний

Принцип роботи бар'єрного оптичного лічильника наступний: між рознесеними в просторі джерелом світла і приймачем проходять об'єкти, тим самим закриваючи джерело світла від приймача. Отриманий сигнал з фотоприймача корелює з проходженням об'єкта і практично не вимагає обробки. Однак системи з таким датчиком не позбавлені недоліків - зазвичай це кілька модулів, потрібна прокладка кабелів і юстирування оптичної системи. У разі рефлекторного і дифузійного типу лічильників установка простіша, оскільки джерело і приймач знаходяться в одному корпусі. Рефлекторний датчик приймає відбите від об'єкта або спеціальної відбиває мітки світло, а дифузний - розсіяне, враховуючи при цьому його інтенсивність. Але для датчиків цих типів отриманий сигнал вимагає подальшої обробки. Незалежно від обраного типу

датчика, для рахунку зазвичай використовується незалежний мікрокомп'ютерний або мікропроцесорний блок як окремий пристрій.

В даній кваліфікаційній роботі пропонується розробка оптичного лічильника, що базується на бар'єрному принципі [4].

Лічильник призначений для автоматичного підрахунку контейнерів, коробок, пачок або інших аналогічних предметів при їхньому переміщенні по транспортерній смузі. Необхідна кількість предметів, які необхідно підрахувати, задається за допомогою дванадцяти тумблерів. Як тільки задана кількість предметів пройде через датчик, смуговий транспортер автоматично вимикається.

Характерні особливості даного лічильника:

- кількість предметів, що підраховуються за один раз, лежить у межах від 1 до 4096 штук;
- кількість предметів, які потрібно прийняти, задається тумблерами у двійковому коді;
- датчиком служить встановлена у приймальному або випускному отворі оптопара з ІЧ-світлодіода та ІЧ-фотоприймача.

Для того, щоб задавати у двійковому коді кількість предметів, біля кожного із дванадцяти тумблерів підписане одне із чисел: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, як показано на схемі. Задача оператора – розкласти необхідну кількість предметів на суму чисел із ряду вищеперерахованих, і ввімкнути необхідні тумблери, усі інші мають бути у вимкненому стані.

Датчик складається із фотоприймача SF1 та ІЧ-світлодіода HL1, які є елементами системи дистанційного керування теле-, відео- та іншої домашньої електроніки.

Фотоприймач типу SFH506-32 розрахований на прийом ІК-сигналів, модульованих імпульсами частотою 32 кГц. Над створенням таких імпульсів працює мультивібратор на мікросхемі D2, потужність якого збільшена за допомогою паралельного з'єднання двох елементів. Такий мультивібратор підключений через резистор R1 до ІЧ-світлодіода HL1. При такому включенні струм через світлодіод буде у багато разів нижчий, ніж у схемі пульта

дистанційного керування, в якому має працювати цей світлодіод. Яскравість ІЧ-випромінювання буде невисока, проте це і не вимагається, оскільки відстань між HL1 та HF1 не більше 0,5 м, на відміну від 8-12 м дальності дії звичайного пульта дистанційного керування. При відлагодженні можна підібрати опір R1 таким, щоб забезпечити оптимальну чутливість датчика HL1 та HF1, між якими переміщуються об'єкти, що підраховуються.

Поки між HL1 та HF1 нічого немає, ІЧ-випромінювання від HL1 потрапляє на HF1, і на виході HF1 логічний нуль (далі – «лог. 0»). При переміщенні об'єкта між HL1 та HF1 предмет спочатку закриває HL1, і на виході HF1 встановлюється логічна одиниця (далі – «лог. 1»). Потім предмет переміщується далі, перестає закривати HL1, і ІЧ-випромінювання від нього потрапляє знову на HF1, на виході якого знову встановлюється лог. 0. Так формується по одному імпульсу при переміщенні одного предмета. Ці імпульси надходять на вхід лічильника D2, який їх фіксує.

Установка числа предметів, які необхідно порахувати, виконується тумблерами S2-S13 та діодами VD1-VD12. Лічильник завжди перед початком відліку скидують в нуль за допомогою кнопки S1, тому він починає рахувати з нуля. Діоди VD1-VD12 через тумблери S2-S13 з'єднуються із відповідними виходами двійкового лічильника D2. Коли задана кількість ще не досягнута, хоча б один із цих діодів відкритий логічним нулем з відповідного йому виходу лічильника, відповідно, транзистор VT1 відкритий, також відкритий і транзистор VT1.

Обмотка реле K1 під струмом, і його контакти тримають транспортер ввімкненим. Як тільки задана кількість предметів досягнута, всі виходи лічильника, з'єднані із включеними тумблерами із числа S2-S13, переходять у стан лог. 1. Діоди закриваються, також закриваються і транзистори VT1 і VT2, а реле K2 виключає транспортер.

Фотоприймач HF1 розташовується на платі, а ІЧ-світлодіод НК1 є виносним, він зв'язаний із платою дводротовим кабелем і розташовується на

протилежній стороні отвору, в якому виконується підрахунок предметів, що переміщуються.

1.2 Технічні вимоги, що пред'являються до пристрою

1.2.1 Експлуатаційні вимоги

Виріб повинен зберігати свої параметри в межах норм, установлених технічними завданнями, стандартами або технічними умовами протягом термінів служби і термінів зберігання, зазначених у технічному завданні, стандартах або технічних умовах, після і (або) в процесі впливу кліматичних факторів.

Розроблений прилад повинен експлуатуватися в приміщеннях (І група апаратури за ГОСТ 11478 – 88 [5], категорія виконання - УХЛ 4.2 за ГОСТ 15150-69 [6], для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових та інших приміщеннях подібного типу.

Значення температури повітря при експлуатації, °С:

а) робочі:

верхнє значення.....+ 35;

номер найнижчого.....+10;

б) граничні робочі:

верхнє.....+ 40;

нижня..... +1.

відносна вологість:

середньорічне значення.....60% при 20 °С;

верхнє значення.....80% при 25 °С.

абсолютна вологість, середньорічне значення:.....10 г * м⁻³.

Види випробувань і характеристика фактору:

а) випробування на міцність при впливі синусоїдальних вібрацій:

діапазон частот.....(10 – 150) Гц;

амплітуда віброприскорень.....19,6(2) м/с;
кількість циклів коливання частоти в кожному положенні апаратури.....20;

б) випробування на міцність при транспортуванні:

прискорення.....147 (15) м/с;
тривалість ударного імпульсу.....11 мс;
частота ударів.....(60-120) уд. / хв;
кількість ударів.....1000.

в) випробування на міцність при впливі механічних ударів багаторазової

дії:

прискорення.....98 (10) м/с;
тривалість ударного імпульсу.....16 мс;
частота ударів.....(60-120) уд./хв;
кількість ударів.....1000.

г) випробування на стійкість при впливі механічних ударів багаторазової

дії:

прискорення.....98 (10) м/с;
тривалість ударного імпульсу.....16 мс;
частота ударів.....(60-120) уд./хв;
кількість ударів в кожному експлуатаційному положенні.....не менше 20;

д) випробування на вплив підвищеної температури середовища:

робоча підвищена температура.....40°C;
тривалість.....2 год;
гранична підвищена температура.....55°C;
тривалість.....2 год;

е) випробування на вплив зниженої температури середовища:

гранична знижена температура.....-40°C;
тривалість.....2 год;

є) випробування на вплив зміни температури середовища:

робоча підвищена температура.....40°C;
робоча знижена температура.....-10°C;
кількість циклів.....2;

прискорення.....	98 (10) м/с;
тривалість ударного імпульсу.....	16 мс;
частота ударів.....	(60-120) уд./хв;
кількість ударів в кожному експлуатаційному положенні.....	не менше 20;
ж) випробування на вплив підвищеної температури середовища:	
робоча підвищена температура.....	40°C;
тривалість.....	2 год;
гранична підвищена температура.....	55°C;
тривалість.....	2 год;
і) випробування на вплив зниженої температури середовища:	
гранична знижена температура.....	-40°C;
тривалість.....	2 год;
к) випробування на вплив зміни температури середовища:	
робоча підвищена температура.....	40°C;
робоча знижена температура.....	-10°C;
кількість циклів.....	2;
л) випробування на вплив зниженого атмосферного тиску:	
атмосферний тиск.....	70кПа або 525 мм. рт. ст.;
температура.....	25±10°C;
тривалість.....	0,5 год;
м) випробування на вплив підвищеної вологості:	
відносна вологість.....	93%;
температура.....	25°C;
тривалість.....	96 год.

В процесі експлуатації основні параметри пристрою повинні зберігатися в межах допустимих значень.

1.2.2 Вимоги технологічності

Технологічність конструкції виробу - це пристосованість до обмеженого витрачання трудових, матеріальних і енергетичних ресурсів при підготовці виробництва та промислового випуску виробів в заданій кількості по вищій категорії якості (виробнича технологічність), а також при технічному обслуговуванні та ремонті (експлуатаційна технологічність).

Для оптимізації витрат при виробництві, експлуатації, ремонті з урахуванням заданих показників якості необхідно, щоб пристрій був високотехнологічним.

Можна виділити ряд рекомендацій по збільшенню технологічності:

- бажано не використовувати або обмежити використання оригінальних ЕРЕ;
- обмежити, а краще виключити застосування великогабаритних ЕРЕ, які неминуче призведуть до наявності об'ємного монтажу та ручної пайки і ручної установки на плату;
- вибір розмірів і форми компонентів, деталей і вузлів конструкції з урахуванням економічно доцільних для заданих умов виробництва способів формоутворення;
- використовувати типові або добре відпрацьовані на даному підприємстві технологічні процеси;
- використовувати двосторонній монтаж плати для підвищення автоматизації;
- використовувати автоматизовану установку і пайку ЕРЕ;
- зменшити використання дефіцитних або токсичних матеріалів, дорогих металів;
- зменшити номенклатуру використовуваних матеріалів і напівфабрикатів;
- використання обґрунтованих сортamentів і марок матеріалів, які дозволяють знизити матеріаломісткість виробу;

- максимальна надійність всіх елементів при збереженні прийнятної вартості.
- збільшення застосовуваності виробу і його складових частин за допомогою стандартизації та уніфікації [7].

1.2.3 Вимоги ергономіки та естетики

Ергономіка – науковий напрям, що вивчає людину (або групу людей) і її (їхню) діяльність в умовах сучасного виробництва або управління технікою з метою оптимізації знарядь, умов і процесу діяльності, а також забезпечення необхідних умов, що сприяють розвитку людини (оператора). Ергономічні властивості РЕА – це функціональні, фізичні, механічні, інформаційні, техніко-естетичні, екологічні та інші властивості РЕА, що визначають можливість виконання спеціалістом (оператором) професійної діяльності із потрібною якістю [8].

В результаті відпрацювання виробу на ергономічність повинна бути забезпечена ефективність взаємодії людини з виробом, знижена стомлюваність оператора, вжиті заходи до запобігання його помилкових дій, в тому числі і в аварійних ситуаціях.

При виготовленні РЕА спеціально обумовлюються наявність споживчих зручностей, стосовно кожного конкретного виробу. На пристрої повинні бути нанесені чіткі позначення і написи, що пояснюють призначення органів управління і пристроїв перемикання.

Естетичні вимоги включають наступну номенклатуру показників:

а) інформаційна виразність характеризує здатність виробу відображати в формі склалася в суспільстві естетичні уявлення;

б) раціональність форми характеризує відповідність форми об'єктом умов виготовлення та експлуатації виробу; проявляється у відповідності форми виробу його призначенню, особливостям технології;

в) цілісність композиції характеризує гармонійну єдність частин і цілого, взаємозв'язок елементів форми виробу і його узгодженість з ансамблем інших виробів;

г) досконалість виробничого виконання характеризується чистотою виконання контурів і сполучення елементів, ретельністю покриттів і обробки, чіткістю виконання фірмових знаків і експлуатаційної документації, стійкістю до пошкоджень [9].

1.2.4 Вимоги ремонтпридатності

Для забезпечення ремонтпридатності необхідно забезпечити наступне:

- легкість відкривання корпусу пристрою за необхідності ремонту;
- неможливість його випадкового відкриття під час транспортування або роботи;
- використання невинуватливих гвинтів, стандартного кріплення;
- використання, по можливості, стандартних деталей;
- легко доступність до елементів, які мають низьку надійність;
- легкість і швидкість заміни поламаних елементів;
- використання склотекстоліту для виготовлення друкованих плат, що дозволяє більшу кількість перепайок;
- необхідність невеликого числа контрольних приладів для ремонту, бажано - не більше 2..3;
- наявність ремонтної документації (схеми електричної принципової з розбивкою на плати за функціональною ознакою, карт робочих режимів і т.д.).

Багато, щоб всі ЕРЕ були приблизно рівними за надійністю, оскільки це дозволить звести кількість профілактичних оглядів або ремонтів до мінімуму [10].

1.2.5 Вимоги техніки безпеки

Безпека РЕА - властивість апаратури забезпечити відсутність небезпеки при виконанні заданих функцій в певних умовах протягом встановленого часу [11].

До РЕА пред'являються наступні вимоги техніки безпеки.

Прилади повинні бути сконструйовані і виготовлені таким чином, щоб при нормальній експлуатації, а також в умовах несправностей для споживача не створювалася небезпека навіть у разі недбалого поводження з приладом. При цьому має бути забезпечений захист від ураження електричним струмом, впливу високих температур, впливу іонізуючого випромінювання, наслідків механічної нестійкості приладу через наявність в ньому рухомих частин, а також захист від вогню.

На приладі повинна бути нанесена наступна інформація: вид живлення, номінальна напруга живлення, позначення контактних пристроїв, які застерігають написи.

Попередження небезпеки ураження електричним струмом включає ряд заходів:

- доступні частини приладу не повинні перебувати під небезпечною напругою. При цьому доступність частини приладу визначають як її доступність через зовнішню поверхню приладу при використанні «випробувального пальця». Напругу кваліфікують як небезпечну, якщо між досліджуваною частиною приладу і будь-якою іншою його частиною, або між досліджуваної частиною і будь-яким полюсом джерела живлення через резистор з опором 50 кОм (еквівалент опору тіла людини) протікає змінний струм більш 0,7 мА (пікове значення) або постійний струм більше 2 мА;

- ізоляція деталей, що знаходяться під небезпечною напругою, не повинна бути виготовлена гігроскопічних матеріалів;

- конструкція приладу повинна виключати небезпеку ураження електричним струмом з боку доступних деталей або тих деталей, які стають доступними при знятті кришки;

- конструкція приладу повинна виключати ураження електричним струмом в процесі регулювання;

- захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися і в умовах несправності - при цьому допустиме значення сили струму збільшують в чотири рази.

При нормальній експлуатації приладу жодна з його частин не повинна нагріватися до небезпечної температури. Коли прилад працює в умовах несправності, то жодна його частина не повинна нагріватися до такої температури, а займисті гази не повинні виділятися в такій кількості, щоб з'явилася небезпека виникнення пожежі [12].

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ОПТИЧНОГО ЛІЧИЛЬНИКА

2.1 Забезпечення технічних вимог

2.1.1 Забезпечення експлуатаційних вимог

Корпус приладу виконаний у формі паралелепіпеда. Розмір пристрою співрозмірний з його функціональним призначенням. Колір приладу сірий. Корпус виготовлений зі сталі 08кп, закривається кришкою.

Конструкція забезпечує зручність користування. Згідно з умовами ТЗ, розроблений прилад є апаратурою промислового призначення і належить до 1 групи експлуатації, тобто апаратура працює в приміщеннях.

В конструкції даного пристрою застосовується стандартна ЕРЕ, з низькою інтенсивністю відмов, яка забезпечує надійну працездатність пристрою протягом гарантованого терміну служби при впливі на нього несприятливих кліматичних факторів.

Плати виконані з склотекстоліту СФ-2-35-1.0, застосування якого в заданих умовах є прийнятним. Щоб уникнути коротких замикань друкованих провідників на платі, використовується запас відстані в максимально навантажених місцях плати.

Матеріал корпусу – сталь 08кп, що запобігає виходу з ладу приладу при падінні з невеликої висоти. Кришка з'єднується з корпусом за допомогою нарізного сполучення. Форма друкованої плати прямокутна, кріплення здійснюється різьбових з'єднань. ЕРЕ кріпляться на платі за допомогою паяння. Тумблери закріплюються на платі за допомогою гвинтів М3.

2.1.2 Забезпечення вимог технологічності

Оскільки розроблювальний виріб відноситься до апаратури спеціального призначення, з якою буде взаємодіяти оператор, для корпусу приладу у якості матеріалу було обрано сталь 08кп ДСТУ 7809:2015 [13]. Корпус виконується методом штампування, що є технологічним.

Конструкції вузлів спроектовані таким чином, що при знятті кришки є повний доступ до всіх елементів конструкції, це полегшує заміну елементів при виході їх з ладу. Це, в свою чергу, забезпечує високий рівень ремонтпридатності пристрою.

До оригінальних елементів конструкції відносяться плата, основа, кришка. Плата виготовляється за допомогою комбінованого методу, за типовим технологічним процесом.

Для з'єднання деталей і складальних одиниць використовуються з'єднання. Різьбові з'єднання характеризуються високою надійністю і підвищеною трудомісткістю, але їх використання виправдане можливістю розбирання виробу, тобто підвищує його ремонтпридатність.

У приладі застосована стандартна елементна база. Це дає можливість застосовувати типові технологічні процеси по установці і пайку ЕРЕ.

Формування виводів і установка елементів є стандартною і здійснюється відповідно до ГОСТ 29-137-91 [14]. Кількість типорозмірів елементів зведено до мінімуму.

Завдяки тому, що елементи встановлюються на одній стороні плати, і як було сказано раніше, застосована стандартна елементна база, для установки і пайки ЕРЕ використовуються автоматизовані системи. Таким чином, можна використовувати групову пайку, а установку елементів здійснювати шляхом використання спеціалізованих автоматів. Це зменшить витрати часу, фінансові та трудові ресурси на виробництво даного виробу.

2.1.3 Забезпечення естетики і ергономіки

Корпус має просту форму - форму паралелепіпеда, всі елементи конструкції гармонійно взаємопов'язані між собою, що забезпечує цілісність композиції. Перемикачі розміщені на верхній грані корпусу, для зручності встановлення кількості об'єктів. Світлодіод розміщений на кришці корпусу і направлений на фотоприймач, що винесений окремо і з'єднується із основною

частиною приладу за допомогою дводротового кабелю. Деталі корпусу покриті емаллю ЗИПСИЛ 950 АСК, що володіє хорошими естетичними властивостями.

На пристрої нанесені чіткі і витривалі умовні позначення і написи, що пояснюють призначення і орієнтацію при підключенні. Колір приладу сірий, що попереджає втомлюваність оператора під час роботи з обладнанням.

2.1.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності

Для доступу до всіх елементів конструкції достатньо зняти кришку з корпусу приладу. Всі елементи, встановлені на платі, легкодоступні, є необхідне стандартне маркування. Всі ЕРЕ в даній конструкції стандартні, широко поширені, що спрощує пошук компонентів.

У якості матеріалу для виготовлення друкованих плат використовується фольгований двосторонній склотекстоліт, що дозволяє здійснювати більшу кількість перепайок. Довжина дротів, що з'єднують елементи, розташовані на кришці, із платою, передбачає можливість 3-4 перепайок при необхідності.

При виході з ладу одного з ЕРЕ, потрібно локалізувати і замінити елемент, що вийшов з ладу. Після локалізації непридатного елемента його заміна здійснюється вручну шляхом випаювання і установки нового.

Всі елементи кріплення, застосовані в виробі, широко поширені, що виключає необхідність в нестандартному обслуговуючому інструменті.

Більшість елементів змонтовані на одній платі, що спрощує доступ до них.

2.1.5 Забезпечення техніки безпеки

Розроблений прилад сконструйований таким чином, що при нормальній експлуатації, а також в умовах несправностей, для споживача не створюється небезпека навіть у разі недбалого поводження з приладом. Електронавантажені і теплонавантажені елементи не виходять за межі корпусу.

Корпус виготовлений із сталі 08кп, що покритий професійною спеціалізованою емаллю зі струмопровідними, антистатичними властивостями. Ця емаль призначена для надання антистатичних, струморозсіючих

характеристик конструкціям, спорудам, пристроям, обладнанню, приладам і комплексам [15].

Маркування однозначно розуміється і легко помітне, незмивне і розбірливе.

Пристрій живиться від джерела 12 В, тому не представляє небезпеки для життєдіяльності людини.

Матеріали, що застосовуються в конструкції оптичного датчика, є нетоксичними і безпечними для навколишнього середовища.

2.2 Обґрунтування вибору елементної бази

Основою пристрою є мікросхема CD4040 (рис. 2.1) - це двійковий лічильник з 12-ступеневою пульсацією. Кількість імпульсів збільшується на один відлік щодо негативного переходу кожного тактового імпульсу. Лічильники повертаються до нульового стану за допомогою введеної на вході лог. 1.

Характеристики:

- широкий діапазон напруги живлення: від 1,0 В до 15 В;
- висока завадостійкість: 0,45 VDD (тип.);
- сумісність із низьким енергоспоживанням;
- робота на середній швидкості: 8 МГц тип. при VDD = 10 В;
- вхід на тригері Шмітта.

Лічильник реалізується у DIP-корпусі [16].

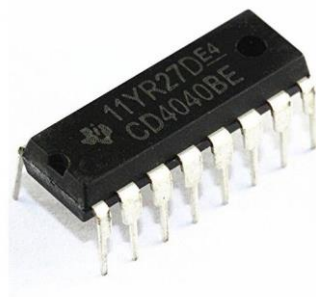


Рисунок 2.1 - Мікросхема CD4040

Також до складу пристрою входить мікросхема CD4011, що являє собою чотири логічних елемента 2І-НЕ (рис. 2.2).

Граничні значення параметрів мікросхеми 4011:

Напруга живлення, В.....+3 ... + 20;

Вхідна напруга, В.....+2,5 ... + 20,5;

Вхідний або вихідний струм через контакт, мА.....10;

Потужність розсіювання на один корпус, мВт.....500;

Робоча температура, °С.....-55 ... + 125.

Часові і частотні параметри мікросхеми 4011 при $U_{п} = + 5В$:

Час затримки фронту імпульсу, нс 250 (тип), 338 (макс);

Тривалість фронту імпульсу, нс 200 (тип), 270 (макс) [17].

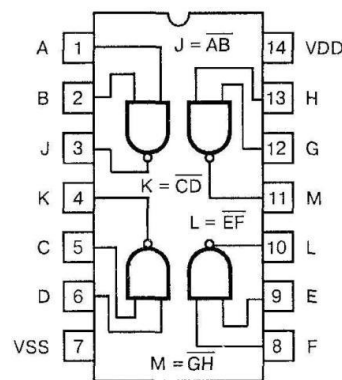


Рисунок 2.2 – Структурна схема і зовнішній вид мікросхеми CD4011

У якості приймача світла обрано фотоприймач SFH 506-32 виробництва фірми Siemens, що призначений для прийому команд дистанційного керування в інфрачервоному діапазоні. Він являє собою фотодіод, поєднаний з інтегральною мікросхемою. Мікросхема виконує функції автоматичного регулювання рівня, посилення прийнятих ІЧ фотодіодом команд, що забезпечує високу чутливість. Мікросхема забезпечує і приведення рівня вихідного сигналу до рівнів ТТЛ і КМОН мікросхем. Фотодіод і мікросхема мають внутрішній екран. Корпус фотоприймача виконаний з чорної пластмаси, яка представляє собою світлофільтр високої прозорості для ІЧ випромінювання з довжиною хвилі

950 нм, що забезпечує захист від зовнішніх засвічень інших спектральних діапазонів. Частота фотоприймача – 32 кГц.

Фотоприймач живиться від джерела живлення +5 В і має мале енергоспоживання.

Креслення фотоприймача та його зовнішній вигляд показані на рис. 2.3.

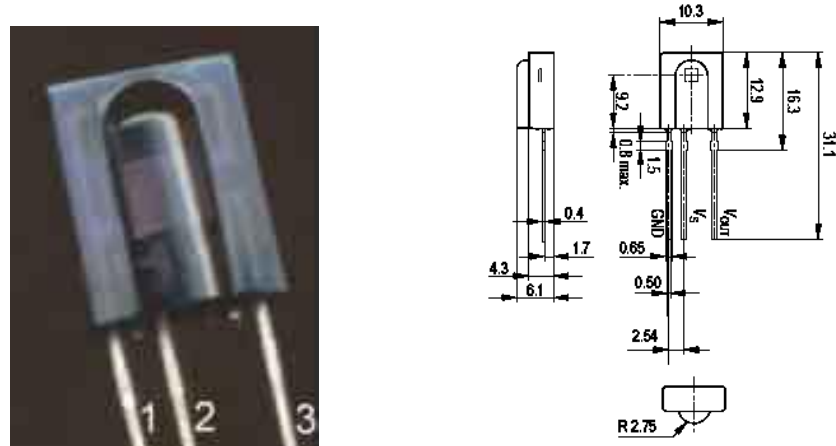


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд і креслення фотоприймача SFH 506-32

Як джерело випромінювання обрано АЛ147А – Світлодіод напівпровідниковий інжекційний інфрачервоного кольору випромінювання [18].

Параметри обраного світлодіода наведені у табл. 2.1.

Для стабілізації напруги використовують параметричний стабілізатор, що дозволяє тримати на виході блоку живлення стабільну напругу. Стабілізатор 7805 виконаний в корпусі, схожому на транзистор, і має три виводи. Також у корпусі є отвір для кріплення до радіатора охолодження.

Основні параметри стабілізатора 7805:

- вхідна напруга - від 7 до 25 В;
- потужність, що розсіюється - 15 Вт;
- вихідна напруга - 4,75 ... 5,25 В;
- вихідний струм - до 1,5 А [19].

Таблиця 2.1 – Параметри світлодіода АЛ147А

Енергетична сила світла (I_e), мВт / ср*	16
за наступної умови: постійний прямий струм ($I_{пр}$), А:	0,1
Постійна пряма напруга ($U_{пр}$), В*	1,8
за наступної умови: постійний прямий струм ($I_{пр}$), А	0,1
Максимум спектрального розподілу (λ_{max}), мкм*	0,85...0,89
Час наростання випромінювання ($t_{нар.випр}$), нс*	300
Час спаду випромінювання ($t_{сп.випр.}$), нс*	300
Кут розкриття діаграми спрямованості випромінювання (Θ), °*	40
Максимальний постійний прямий струм ($I_{прmax}$), А*	0,1
Максимальний імпульсний прямий струм ($I_{пріmax}$), А:	1,5
за наступних умов: Тривалість імпульсу струму ($t_{ні}$), мк	10
Середній прямий струм ($I_{прср}$), А	0,1
Температура, °С	25
Максимальна температура навколишнього середовища (T_{max}), °С	85

* при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

У схемі електричній принциповій вказано використання транзисторів різних типів.

Транзистор КТ3107 - кремнієвий, біполярний транзистор, епітаксійно-планарний, що має структуру р-п-р. Цей транзистор використовується в основному в схемах підсилювачів низької частоти, в генераторах НЧ і ВЧ, в пристроях перемикання. Транзистор КТ3107 випускається в пластмасовому корпусі і має гнучкі виводи. Маса транзистора менше 0,4 г. Параметри наведені в табл. 2.2, зовнішній вигляд і креслення транзистора представлені на рис. 2.4.

Таблиця 2.2 – Параметри транзистора КТ3107

h_{21e}	$I_{kmax}, \text{мА}$	$U_{кв}, \text{В}$	$P_{кmax}, \text{В}$	$F_{гр}, \text{МГц}$
70...140	100	45	0,3	200

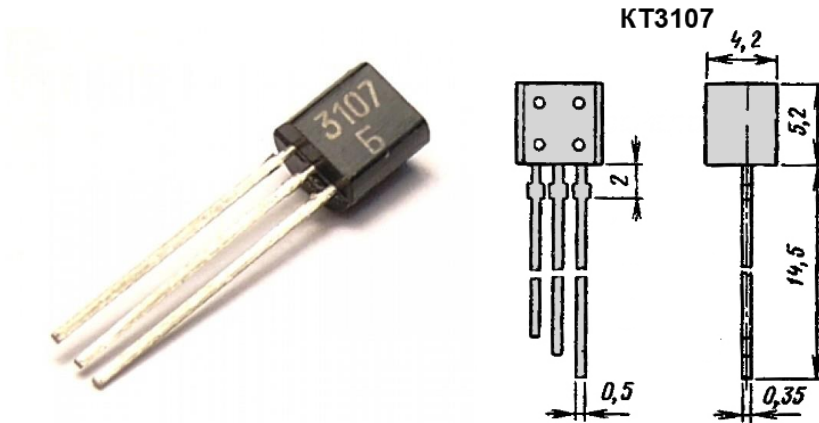


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд і креслення транзистора КТ3107

Транзистор КТ815 - біполярний, кремнієвий епітаксійно-планарний, що має структуру n-p-n. Даний транзистор застосовується в схемах підсилювачів низької частоти (УНЧ), в диференціальних та операційних підсилювачах, в імпульсних пристроях і різних перетворювачів. Транзистор КТ815 виконаний в пластмасовому корпусі і має жорсткі виводи. Параметри транзистора наведені в табл. 2.3, а зовнішній вигляд і креслення – на рис. 2.5.

Таблиця 2.3 – Параметри транзистора КТ815

Найменування	$U_{кб}, \text{В}$	$U_{ке}, \text{мА}$	$I_{кmax}, \text{ВТ}$	$P_{кmax}, \text{ВТ}$	h_{21e}	$I_{кб}, \text{мкА}$	$F_{гр}, \text{МГц}$	$U_{ке}, \text{В}$
КТ815А	40	30	1500(3000)	1(10)	40-275	≤ 50	≥ 3	< 0.6
КТ815Б	50	45	1500(3000)	1(10)	40-275	≤ 50	≥ 3	< 0.6
КТ815В	70	65	1500(3000)	1(10)	40-275	≤ 50	≥ 3	< 0.6
КТ815Г	100	85	1500(3000)	1(10)	30-275	≤ 50	≥ 3	< 0.6

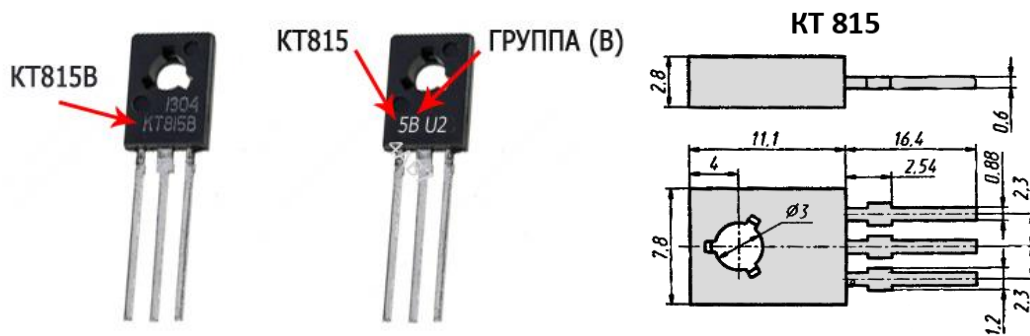


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд і креслення транзистора КТ3107

Діоди КД521А - кремнієві, епітаксійно-планарні, імпульсні (рис. 2.6).

Призначені для застосування в імпульсних пристроях. Використовуються для роботи в радіотехнічних та електронних пристроях загального призначення. Випускаються в скляному корпусі з гнучкими выводами. Для позначення типу та полярності діодів використовуються умовне маркування кольоровим кодом.

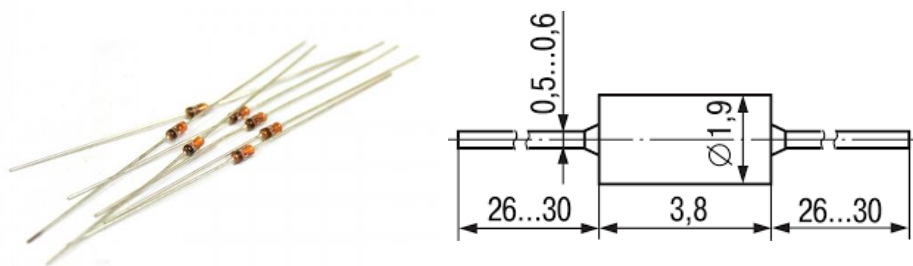


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд і креслення транзистора КД521А

Маса діода не більше 0,15 г.

Тип корпусу: КД-3.

Категорія якості: «ОТК».

Технічні умови: прийомка «1» дРЗ.362.035ТУ.

Основні технічні характеристики діода КД521А наведені в табл. 2.4, де:

$U_{зв\ max}$ – максимальна постійна зворотня напруга;

$I_{пр\ max}$ – максимальний прямий струм;

$U_{пр}$ – постійна пряма напруга;

$I_{зв}$ – постійний зворотний струм;

$t_{відн.\ зв}$ – час зворотного відновлення;

C_d – загальна ємність діода.

Таблиця 2.4 – Параметри діода КД521А

$U_{зв\ max}$, В	75
$U_{зв\ imp\ max}$, В	80
$I_{пр\ max}$, мА	50
$I_{пр\ imp\ max}$, мА	500
$U_{пр/I_{пр}}$, В/мА	1/50
$I_{зв}$, мкА	1
$F_d\ max$, МГц	-
$T_{відн\ зв}$, нс	4
C_d (при $U_{зв}$ В), пФ	4(0)
T , °C	-60...+125

Комутація здійснюється за допомогою реле TRH-12VDC-D-A-R- 240VAC-30A. Реле даної серії мають одну групу контактів з трьома типами перемикачів: нормально-відкриті, нормально-закриті і перемикальні. Максимальні габаритні розміри складають по довжині 32.2 мм, по ширині 27.5 мм, по висоті 28 мм. Також ці реле випускаються з кріпильними фланцями в основі корпусу, в цьому випадку, габаритні розміри складають по довжині 50.3 мм, по ширині 27.5 мм, по висоті 28 мм (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд реле TRH-12VDC-D-A

Реле цієї серії призначені для управління виконавчими органами силових елементів і знаходять широке застосування в промисловості, автомобільному та побутовому обладнанні.

Параметри реле наведені у табл. 2.5 [20].

Таблиця 2.5 – Параметри реле TRH-12VDC-D-A-R- 240VAC-30A

Корпус	негерметичний
Робоча температура, °C	-40
Струм живлення обмотки	постійний
Класифікація реле за початковим станом	моностабільне
Кількість обмоток	1
Струм спрацювання, не більше, мА	77
Опір обмотки, Ом	155
Номінальна робоча напруга, В	12
Контактний набір	1
Максимальний комутований постійний струм, А	30
Максимальна комутована змінна напруга ($\cos\phi=1$), В	240
Час спрацювання, мс	20
Час відпускання, мс	5
Напрацювання на відмову, не менше, циклів*10 ⁻⁶	5000000
Опір ізоляції, МОм	1000
Максимальний опір електричних контактів, Ом	0.1

Також в схемі присутні конденсатори К50-35 (різних номіналів), К73-17, НРО.

Конденсатори К50-35 – оксидно-електролітичні конденсатори постійної ємності в ущільненому алюмінієвому циліндричному корпусі, накопичують заряд від 2,2мкф до 4700мкФ при напрузі від 6,3 В до 350В. Допустиме відхилення ємності складає $\pm 20\%$. Застосування - коло постійного або пульсуючого струму, імпульсні режими. Виготовляють конденсатори у всекліматичному виконання (В) і для помірного або холодного клімату (УХЛ). Дротові виводи конденсаторів К50-35, радіальні, односпрямовані, полярні. На бічній поверхні корпусу електролітичного накопичувача наведені технічні характеристики із зазначенням полярності (знак "+"). Довжина негативного

виводу не менше 15 мм, довжина позитивного висновку перевищує довжину негативного не менше ніж на 5 мм. Кріплення конденсаторів - за висновки за допомогою групової пайки або за корпус. При вигині висновків мінімальна відстань від корпусу складає 1,5 мм. Основною перевагою електролітичних конденсаторів К50-35 є високі показники ємності і номінальної напруги при невеликих габаритах. Застосовуються електролітичні конденсатори К50-35 для неавтоматизованого та автоматизованого складання апаратури, при згладжуванні випрямлячами пульсуючого струму в колах зі змінним струмом, а також широко використовуються в звуковій техніці [21].

Плівкові конденсатори К73-17 (CL21, X2) - поліетілентерефталатні металізовані конденсатори постійної ємності, що накопичують заряд від 0,001 мкФ до 4,7 мкФ при напрузі від 63 В до 630 В. Допустиме відхилення ємності складає $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$. Призначені для експлуатації в колах постійного, змінного або ж пульсуючого струму. Конденсатор є безкорпусним прямокутником, що залитий ізоляційною і термоактивною епоксидною оболонкою - компаундом. Гнучкі дріт'яні виводи односпрямовані і знаходяться в протилежних сторонах нижньої частини прямокутника. Кріплення конденсаторів на друкованій платі здійснюється за виводи за допомогою групової пайки або паяльника. Підвищена робоча температура середовища становить не більше $+125^{\circ}\text{C}$, робоча знижена температура - не нижче -60°C . Максимальний тангенс кута втрат $\text{tg}\delta$ не перевищує 0,008, граничний струм витоку - 3мкА. Напрацювання при цьому становить не менше 10000 год. Плівкові конденсатори К73-17 стійкі до вібраційних навантажень в діапазоні частот (1-80) Гц при прискоренні до 5g і механічним ударах одноразової (прискорення до 1000g) або багаторазової (прискорення до 40g) дії. Застосовуються низьковольтні конденсатори К73-17 в пристроях фільтрації низьких частот, автоматизованих системах з підвищеним температурним діапазоном, в комунікаційному устаткуванні і в різній РЕА [22].

Конденсатори керамічні багатошарові із серії NPO – температурно-незалежна група конденсаторів, що застосовується в радіочастотних генераторах, точних таймерах, ультрастабільних пристроях [23].

Зовнішній вигляд застосованих конденсаторів наведено на рис. 2.8.

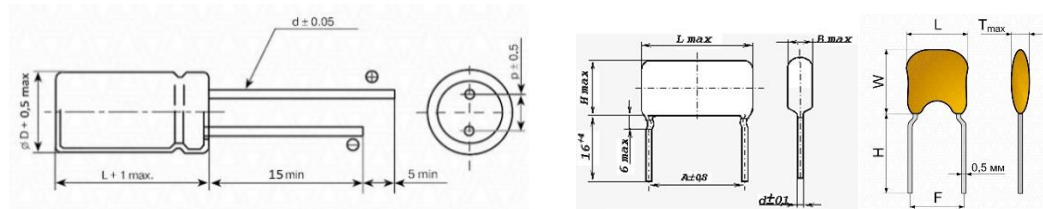


Рисунок 2.8 – Креслення конденсаторів K50-35, K73-17 та NPO

В якості резисторів усіх номіналів було обрано CF-25.

Ці резистори з вуглецевим провідним шаром призначені для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струму. Є заміною вітчизняних резисторів С1-4.

Номінальна потужність: 0.25 Вт, 0.5 Вт, 1 Вт, 2 Вт.

Діапазон номінальних опорів: 1 Ом - 10 МОм; ряд E24.

Точність: 5% (J).

Діапазон робочих температур: (-55 ... + 125) °С.

Зовнішній вигляд резисторів CF-25 наведено на рис. 2.9, а параметри – у табл. 2.6.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд резисторів CF-25

Таблиця 2.6 – Параметри резисторів CF-25

Номинальний опір	1
Одиниця вимірювання	ком
Точність, %	5
Номинальна потужність, Вт	0.25
Максимальна робоча напруга, В	250
Робоча температура, С	-55...125
Монтаж	в отв.
Довжина корпусу L, мм	6.3
Ширина (діаметр) корпусу W(D), мм	2.3
Маса, г	0.13

2.3 Обґрунтування вибору конструкції

Пошук варіантів конструкції виробу виконують, відштовхуючись від аналога (аналогів) та рухаючись в напрямку їх доопрацювання і поліпшення з тим, щоб забезпечити виконання поставленого завдання. Крім аналогів, що застосовуються в зазначеному вище розумінні, широко використовують окремі аналоги - апробовані конструкції різних структурних рівнів, які не є закінченими виробами. Слід чітко уявляти собі, що використання аналога не тільки полегшує працю конструктора, а й забезпечує також спадковість і підвищує обсяг вживаності з усіма наслідками та перевагами, що впливають звідси.

Опрацювання варіанту конструкторського рішення виробу включає:

- вибір типу конструкції виробу;
- вибір типу несучої конструкції;
- вибір і обґрунтування засобів забезпечення надійності та малогабаритності;
- вибір і обґрунтування засобів захисту від зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів, електромагнітної сумісності.

При цьому повинні бути розглянуті і забезпечені вимоги ТЗ за технологічними показниками, ергономіки та технічної естетики і техніці безпеки. Глибина опрацювання повинна бути достатньою для зіставлення аналізованих варіантів.

В процесі розробки оптичного лічильника мережі було досліджено кілька типів корпусів, які показані на рис. 2.10 [24, 25, 26].



Рисунок 2.10 – Приклади реалізації оптичних лічильників прохідних об'єктів

При виборі конструкції необхідно прагнути до компактності, зручності експлуатації та презентабельного вигляду приладу.

В результаті аналізу конструкцій корпусу була обрана конструкція, близька до наведеної на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Кришка, основа та корпус у зборі

Прилад скомпонований таким чином, що забезпечується гарна ремонтпридатність приладу завдяки кришці, що легко знімається. Крім того, форма корпусу відповідає вимогам ергономіки та естетики для об'єктів промислового призначення.

На корпусі виконані отвори для світлодіоду та тумблерів. Загальний вид корпусу та кришки наведені у графічній частині.

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ОПТИЧНОГО ЛІЧИЛЬНИКА

3.1 Аналіз виробництва за технологічними вимогами

3.1.1 Вимоги до пристрою як до об'єкта виробництва

Тип виробництва - дрібносерійне, так як на даний пристрій невисокий попит через наявність на ринку аналогів. З огляду на невисоку трудомісткість виготовлення пристрою, а також попит на виріб, слід вибрати річну програму випуску - 500 виробів, що відповідає кількості продукції, що випускається при дрібносерійному виробництві.

До виробу пред'являються вимоги щодо уніфікації та стандартизації. Конструктивно було досягнуто достатнього рівня уніфікації завдяки використанню покупних базових несучих конструкцій. У виробі є оригінальна деталь – друкована плата. З огляду на вимоги щодо стандартизації, була використана стандартна елементна база.

Формування виводів і установка елементів стандартна відповідно до ГОСТ 29-137-91. Існує можливість автоматизованої установки деяких елементів.

Плата виготовляється за допомогою комбінованого методу, за типовим технологічним процесом.

Складання виробу не вимагає додаткових витрат на спеціальний інструмент та спецобладнання, оскільки всі кріпильні місця легко доступні.

3.1.2 Характеристика типу виробництва

Дрібносерійне виробництво характеризується досить широкою номенклатурою виробів, що випускаються невеликими, рідко повторюваними групами, зазвичай за спеціальними замовленнями конкретних споживачів. Як правило, воно зосереджене на неспеціалізованих підприємствах, де окремі підрозділи орієнтовані на виконання різних видів робіт. Застосовувані тут технології припускають, що не всі одиниці продукції проходять через однакові

операції. Це вимагає високої переналагодження обладнання та застосування праці різної кваліфікації.

Вищою формою організації складального процесу є автоматичні та автоматизовані лінії. Застосування їх в масовому виробництві забезпечує значний економічний ефект. Однак оскільки виробництво РЕА в основному дрібносерійне і середньосерійне широкої номенклатури, то найбільший ефект дає використання ліній і ділянок гнучкого переналагоджуваної виробництва, що дозволяє швидко перебудувати обладнання при змінах номенклатури випуску, підвищити якість виробів і забезпечити ритмічність виконання заданої програми. Однак конструктивно-технологічні вимоги до друкованих плат, на яких здійснюється автоматизоване складання РЕА та ІМС, посилюються в порівнянні з ручним складанням [27].

Для організації лінії автоматизованої побудови необхідно вирішити наступні проблеми:

- забезпечити конструктивно-технологічні вимоги до друкованих плат під автоматизовану складання;
- вибрати елементи, що підлягають автоматичній установці на плати, і варіанти їх закріплення;
- вибрати автоматизоване або автоматичне технологічне обладнання для складання і монтажу елементів на платах і скомпонувати технологічну лінію;
- вибрати транспортний засіб, що забезпечує подачу елементів і деталей на складання, переміщення об'єкта по позиціях збірки, видалення і складування готової продукції.

3.1.3 Характеристика умов виробництва

Даний прилад виготовляється на підприємстві, орієнтованому на виробництво радіотехнічної продукції побутового призначення, що означає наявність на підприємстві обладнання та оснащення необхідного для виготовлення широкої номенклатури РЕА. На підприємстві використовуються відпрацьовані типові ТП виготовлення.

3.1.4 Вибір і обґрунтування вибору складального процесу виробу

Складання виробу являє собою сукупність технологічних операцій механічного та електричного з'єднання деталей і ЕРЕ у виробі або його частині, які створюються в певній послідовності для забезпечення заданого їх розміщення і взаємодії. Вибір послідовності операцій складального процесу залежить від конструкції виробу і організації процесу складання.

Для виготовлення даного пристрою пропонується комбінований метод складання, який включає в себе стаціонарний і потоковий методи. Стаціонарний метод - метод, при якому збирається об'єкт нерухомий, а до нього в певні проміжки часу подаються необхідні складальні елементи. Поточковий метод - метод, при якому складальна одиниця переміщається по конвеєру уздовж робочих місць, за кожним з яких закріплена певна частина роботи. Стаціонарний метод буде використовуватися для складання плат, а поточковий для складання виробу в цілому.

3.2 Технологічний аналіз пристрою

3.2.1 Технологічний аналіз елементної бази

Оптичний лічильник містить наступну елементну базу: конденсатори, лічильник, мікросхему, світлодіод, фотоприймач, резистори, діоди, транзистори, стабілізатор. Перераховані елементи є уніфікованими, тобто для даного підприємства вони купованими, що збільшує технологічність пристрою.

Введення принципів стандартизації дозволяє отримати такі переваги [28]:

- значно скоротити терміни і вартість проектування;
- скоротити номенклатуру деталей і складальних одиниць, які використовуються на підприємстві;
- виключити розробку нового спеціального обладнання та спеціального оснащення для кожного нового варіанту РЕА, тобто спростити підготовку виробництва;

- створити спеціалізовані виробництва стандартизованих і уніфікованих складальних одиниць для централізованого забезпечення виробництва;
- здійснити поетапне впровадження складальних систем, які складаються з декількох РЕА, і їх поступове доукомплектування, а також модернізацію в період експлуатації;
- спростити обслуговування і ремонт РЕА, тобто поліпшити експлуатаційну технологічність конструкції.

Крім цього необхідно по можливості зменшити номенклатуру типів і типорозмірів ЕРЕ. Це пов'язано з тим, що для кожного типорозміру ЕРЕ існують свої прилади для формування виводів елементів, а також для захоплення елементів, якщо установка елементів на плату автоматизована. Тому всі види типорозмірів і види формування повинні бути узгоджені з наявністю на підприємстві обладнання та оснащення.

Технологічний аналіз елементної бази наведено в табл. 3.1, з якого видно, що більшість ЕРЕ, які встановлюються на плату, придатні для автоматичного формування, автоматичного захоплення. Крім того, вони не вимагають додаткового кріплення. Використання такої елементної бази дозволяє автоматизувати операції формування виводів елементів, що значно скорочує час операцій, спрощує технологічний процес складання виробу, а отже, збільшує його технологічність.

В табл. 3.1 не наведені світлодіод АЛ147А та тумблери, оскільки вони встановлюються на кришку корпусу, а не на друковану плату.

Таблиця 3.1 – Технологічний аналіз елементної бази

Назва, типорозмір	Характеристика виводів	Характеристика корпусу	Необхідність формування виводів	Можливість автоматичного формування	Можливість автоматичного захвату	Пристрій захвату	Характеристика встановлення елементів	Необхідність додаткового кріплення	Характеристика монтажу	Необхідність додаткового монтажного та технологічного матеріалу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мікросхема CD4011	А	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Мікросхема 4040	А	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Стабілізатор 7805	А	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Конденсатори К50-35	Р	Ц	П	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Конденсатор К73-17	Р	Ц	П	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Конденсатор NPO	Р	Ц	П	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Фотоприймач TSOP1733	Р	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Реле HT3F-12VDC-SHG	Р	Ц	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Діод КД521А	А	Ц	П	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Транзистор КТ3107	А	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Транзистор КТ815	А	Пр	НП	+	+	БО	ВО	-	Авт	-
Резистори CF-25	А	П	П	-	+	БО	ВО	-	Авт	-

Умовні скорочення до табл. 3.1:

А – аксіальні; Р – радіальні; Ц – циліндричні; Пр – прямокутні; П – потрібні; НП – непотрібні, БО – без обмежень; ВО – в отвори; НКМА – на контактний майданчик автоматично; А – автоматично; В – вручну.

3.2.2 Аналіз оригінальних виробів

Розроблений пристрій – оптичний датчик – містить наступні оригінальні вироби: плата та частини корпусу – кришку та основу.

Технологічний аналіз оригінальних виробів наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технологічний аналіз оригінальних виробів

Назва деталі / складальної одиниці	Матеріал	Метод виготовлення
Друкована плата	Склотекстоліт СФ-2-35-1 ГОСТ 10316-78	Штампуння, напилення, свердління
Кришка	Сталь 08кп ДСТУ 7809:2015	Штампуння
Основа	Сталь 08кп ДСТУ 7809:2015, бонки	Штампуння, рельєфне зварювання

З табл. 3.2 видно, що в даній конструкції відносно невелика кількість оригінальних виробів, що призводить до незначного зниження технологічності виробу, тому може бути розглянуто у якості використання корпусу купованої базової несучої конструкції.

3.2.3 Розробка конструкторської схеми складання

Конструкторська схема складання (КСС) – це графічне зображення складових частин конструкції, що відображає взаємозв'язок його елементів і показує їх конструктивно-технологічну ієрархію. Вона не залежить від типу виробництва і вимагає максимальної диференціації складових частин.

Така схема дозволяє побачити склад, ієрархічну структуру і зв'язок конструктивних складових технологічного об'єкта; перелік покупних виробів; перелік необхідних технологічних матеріалів; виявити можливість уніфікації складальних одиниць і деталей; збільшити рівень технологічності виробу. КСС – інформаційна основа для аналізу виробу на технологічність і розробки технологічної схеми складання.

Конструкція даного пристрою складається наступних частин:

- основа, на яку встановлюються друкована плата з ЕРЕ (за допомогою гвинтів) і батарея живлення (закріплюється компаундом);

- кришка, на яку встановлені тумблери та світлодіод;
- фотоприймач з дводротовим кабелем.

На друковану плату встановлені ЕРЕ, монтаж яких здійснюється за допомогою пайки хвилею. Друкована плата розміщується на бонках, що були приварені до основи корпусу. Електромонтаж елементів, що встановлені на кришці, та плати здійснюється за допомогою дротів. Технологічні матеріали - припій, флюс, компаунд.

З КСС (рис. 3.1) видно, що виріб має три складальних рівня, що дозволяє максимально диференціювати виріб на складові частини.

Наявність складальних одиниць (СО) дозволяє виконувати складання деяких СО паралельно.

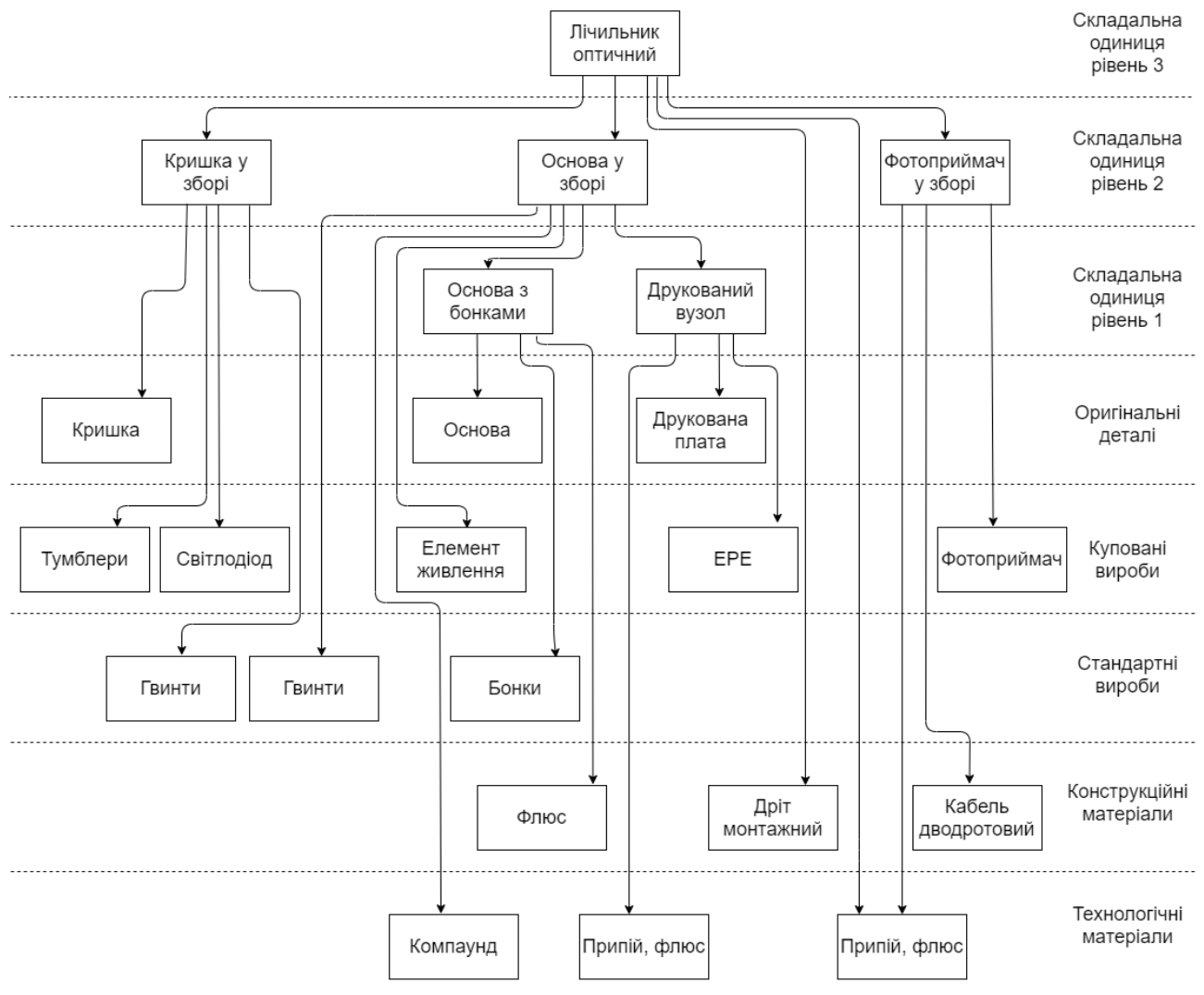


Рисунок 3.1 – Конструкторська схема складання оптичного лічильника

3.2.4 Технологічний аналіз методів з'єднання

В оптичному лічильнику використовуються роз'ємні гвинтові з'єднання та нероз'ємні з'єднання деталей – паяння, зварювання та заливка компаундом.

Різьбові з'єднання є основним видом роз'ємних з'єднань. Для його здійснення в даному випадку використовують напівавтоматичне або обладнання. Важливою умовою забезпечення якості таких з'єднань при роботі з використанням механічного і автоматичного оснащення є встановлення необхідного зусилля затяжки. Величина моменту, що додається до гвинта, залежить від того, який елемент лімітує міцність. При з'єднанні шурупом момент затяжки визначається міцністю на розтягнення. За допомогою гвинтів у пристрої кріпляться плата до основи корпусу, тумблери до кришки корпусу.

Паяння - це процес з'єднання металів у твердому стані за допомогою введення в зазор розплавленого припою, який взаємодіє з основним металом і утворює рідкий металевий шар, кристалізація якого проводиться до освіти паяльного шва. Паяні електричні з'єднання дуже широко використовуються під час монтажу електронної апаратури через стабільний електричний опір, універсальність, простоту автоматизації, контролю та ремонту. Але цей метод має значні недоліки: висока вартість використання кольорових металів і флюсів, тривалу дію високих температур, корозійна активність залишків флюсів, виділення небезпечних речовин.

Груповим методом пайки в даному виробі є пайка однією хвилею припою. Цей метод в момент свого виникнення завоював провідне становище в промисловості в основному в масовому і в великосерійному виробництві, однак може використовуватися і в дрібносерійному виробництві при використанні відповідної елементної бази. Цьому сприяють такі переваги, як висока продуктивність, відносно невеликий термічний вплив на друковану плату та ЕРЕ, наявність широкого вибору моделей обладнання, висока якість паяних з'єднань. Але при цьому необхідно виконувати металізацію отворів. Технологія пайки хвилею припою має можливість застосування комплексно-

автоматизованого обладнання, але головною умовою високої роздільної здатності є утворення тонкого і рівномірного шару припою на провідниках.

В розробленому пристрої деякі з'єднання паяються індивідуально за допомогою паяльника, зокрема, дроти до тумблерів, що встановлені на кришці, та до плати, що встановлена в основі корпусу. Така пайка ефективна під час монтажу друкованих вузлів в умовах одиничного виробництва. Так як даний прилад виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва, то індивідуальна пайка значно зменшує його технологічність, але є допустимою.

Рельєфне зварювання застосовується для створення складальної одиниці «Основа в зборі», яка містить стальну основу та бонки, що приварюються до неї.

Таким чином, виходячи з аналізу методів з'єднання, видно, що в процесі складання даного приладу відсутня потреба в розробці і виготовленні спеціального інструменту або пристосування, окрім обладнання для зварювання.

Технологічний аналіз методів з'єднання наведено в табл. 3.3.

Таким чином, в оптичному лічильнику присутні механічні та електричні з'єднання. Оскільки для виробництва даного виробу використовується ручна праця, то такий виріб має технологічність нижче середнього рівня.

3.3 Розробка технологічної схеми складання

Одиничний технологічний процес розробляється на основі існуючих типових технологічних процесів. Він повинен відповідати вимогам стандартів, інструкцій та інших нормативних документів з техніки безпеки і промислової санітарії.

Розробку технологічного маршруту складання і монтажу оптичного лічильника слід почати з розкладання виробу на складальні елементи шляхом побудови технологічної схеми складання. Найбільшого поширення набули схеми складання з базовою деталлю і схеми віялового типу. Перевагами схем віялового типу є простота і наочність, але така схема не відображає послідовності технологічного процесу. Цього недоліку позбавлена схема складання з базовою

деталлю. Побудова такої схеми дозволяє встановити послідовність складання, взаємний зв'язок між елементами і наочно представити проект технологічного процесу.

Таблиця 3.3 – Технологічний аналіз методів з'єднань

Конструктивні складові, що з'єднуються	Метод з'єднання	Характеристика з'єднання	Додаткові конструктивні елементи або матеріали	Механізація або автоматизація ТП	Спеціальні інструменти та пристосування	Вид витраченої енергії
ЕРЕ – плата	Паяння хвилею припою	Нероз'ємне	Припій, флюс	+	установка	Теплова
Кабель – плата	Індивідуальне паяння	Нероз'ємне	Припій, флюс	-	Паяльник	Теплова
Кабель – фото-приймач	Індивідуальне паяння	Нероз'ємне	Припій, флюс	-	Паяльник	Теплова
Дріт – тумблери	Індивідуальне паяння	Нероз'ємне	Припій, флюс	-	Паяльник	Теплова
Бонки – основа	Зварювання	Нероз'ємне	Флюс	-	Зварювальний апарат	Теплова
Плата - основа	Різьбове	Роз'ємне	гвинти	+	Викрутка	Механічна
ЕРЕ - кришка	Різьбове	Роз'ємне	гвинти	+	Викрутка	Механічна
Кришка - основа	Конструктивне	Роз'ємне	-	-	-	Механічна

Для розробки технологічної схеми складання (ТСС) основою служить КСС. У ТСС формується структура операцій складання, встановлюється їх оптимальна послідовність, вносяться вказівки щодо виконання операцій.

Для опису складального процесу оптичного лічильника використовується віялова схема, при якій окремо збираються:

- основа з друкованим вузлом;

- кришка з тумблерами і світлодіодом;
- фотоприймач з кабелем.

В першу чергу виконуються нероз'ємні з'єднання, які вимагають значних механічних зусиль. При розробці ТСС необхідно дотримуватися основного правила: кожна попередня складальна операція не повинно перешкоджати виконанню наступних операцій, а кожна наступна не повинна руйнувати попередні. На заключних етапах збираються рухомі частини приладу, роз'ємні з'єднання, встановлюються деталі, які можуть бути замінені під час налаштування.

Розроблена схема складання дозволяє проаналізувати технологічний процес з урахуванням техніко-економічних показників і вибрати оптимальний як з технічного, так і з організаційного погляду.

ТСС даного виробу наведено на рис. 3.2. Зі схеми видно, що в процесі складання приладу формується структура операцій складання, встановлюється їх раціональна послідовність, особливості виконання складання.

Таким чином, побудова наведеної схеми оптичного лічильника дозволила встановити взаємозв'язок між елементами конструкції, встановити оптимальну послідовність складання виробу і наочно уявити основну частину маршрутного процесу складання і монтажу.

3.4 Розробка технологічного маршруту складання оптичного лічильника

3.4.1 Вибір і обґрунтування вибору основних технологій

Складання оптичного лічильника проводиться в три етапи:

- механічний монтаж, який проводиться в такій послідовності:
 - а) установка ЕРЕ на плату і кришку;

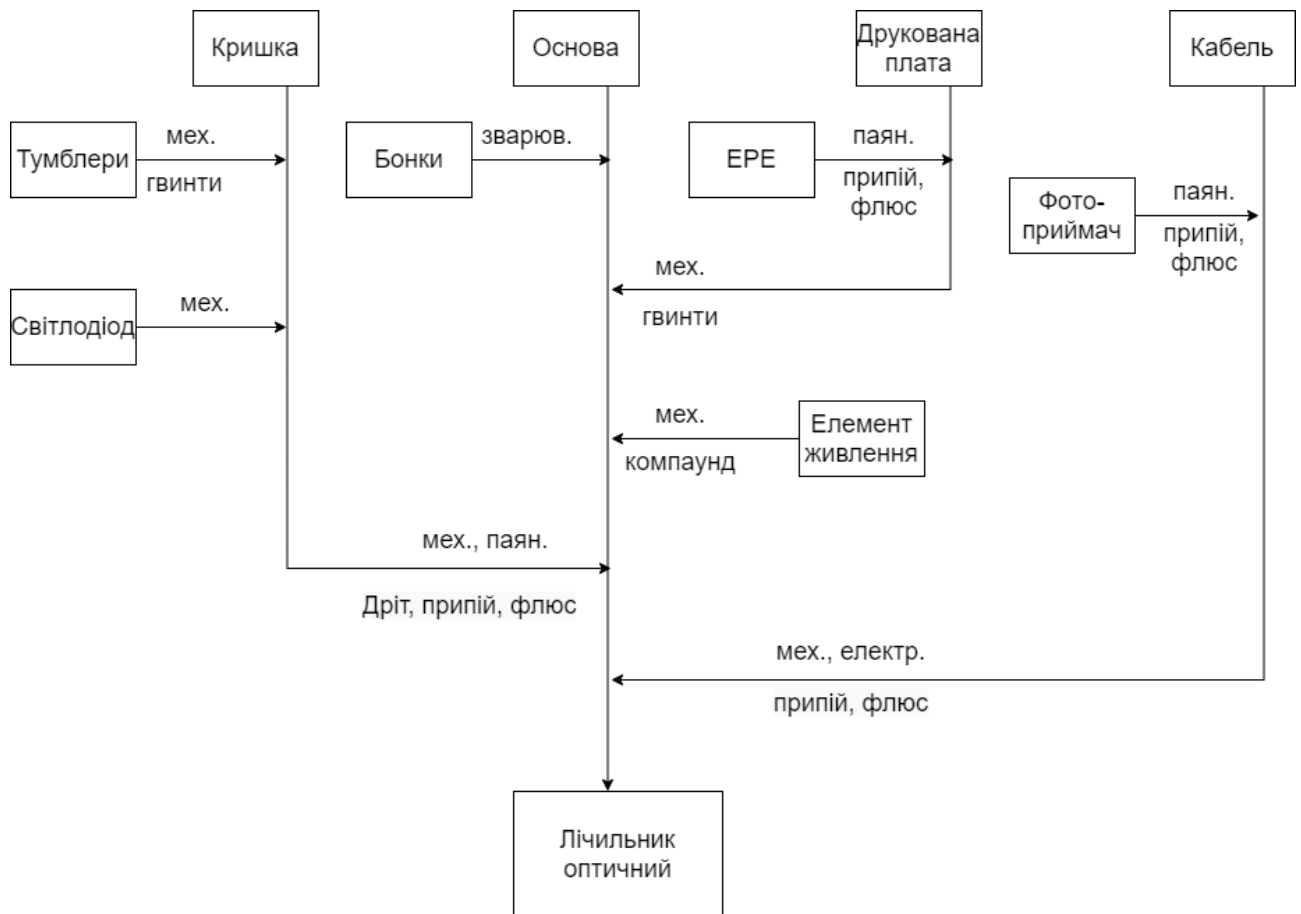


Рисунок 3.2 – Технологічна схема складання оптичного лічильника

б) контроль монтажу.

- виконання електричного з'єднання, яке складається з наступних видів робіт:

- а) підготовчі операції;
- б) установка ЕРЕ плати;
- в) електричне з'єднання ЕРЕ з платою;
- г) електромонтаж всього пристрою;
- д) контроль приладу;
- загальне складання виробу.

Перед тим, як встановити ЕРЕ на друковану плату необхідно зробити формовку їх виводів. Вона виконується на спеціальних пристроях.

Електричні з'єднання - приєднання ЕРЕ до провідників друкованої плати, які виконуються груповим методом (однією хвилею припою). Він полягає в тому, що плата прямолінійно переміщається через гребінь хвилі припою. Її

перевагами є: висока продуктивність, можливість створення комплексно-автоматизованого обладнання, обмежений час взаємодії припою з платою, що знижує термоудар, викривлення діелектрика, перегрів елементів. Головною умовою високої роздільної здатності пайки хвилею припою, що дозволяє без перемичок, містків і бурульок припою паяти плати з малими зазорами між друкованими провідниками, є створення тонкого і рівномірного шару припою на провідниках.

Технологічний процес (ТП) складання РЕА складається з різних за характером операцій. Він вимагає застосування різноманітного обладнання, спеціального технічного оснащення та універсального інструменту. Крім того, під час складання даного виробу використовуються тільки типові технологічні процеси, які використовуються на даному підприємстві і вже відпрацьовані. Всі запропоновані операції складання для оптичного лічильника є типовими для підприємств-виробників РЕА широкого профілю.

3.4.2 Планування і організація виробничого процесу

За розробленою раніше ТСС визначаємо найбільш доцільну послідовність загального ТП складання виробу. Зміст операції складання встановлюється так, щоб на кожному робочому місці виконувалася однорідна за характером і технологічно закінчена робота. Це сприяє спеціалізації працівників і збільшує продуктивність праці. Оскільки складальні роботи неоднорідні, то їх необхідно розділити. Зазвичай механічні складальні роботи виконуються раніше.

Спираючись на дані, отримані в попередніх пунктах, відповідно до [29], проведемо розробку технологічного планування складально-монтажної дільниці.

При розробці ділянки необхідно враховувати наступні вимоги:

- забезпечення технологічної послідовності виконання операцій;
- забезпечення безпеки праці;
- ефективне використання виробничих площ.

На робочих місцях обов'язково повинно бути передбачено місцеве освітлення, а на операціях, де використовується пайка і склеювання - витяжна вентиляція. Крім того, всі робочі місця повинні бути заземлені. У приміщенні необхідно передбачити місце для складування деталей і зібраних приладів. Для надання першої медичної допомоги в приміщенні повинен знаходитися медична шафа. За технікою пожежної безпеки повинен бути передбачений вогнегасник.

Тип виробництва пристрою - дрібносерійне. Дана обставина має враховуватися при організації складально-монтажного цеху. Організовувати поточно-конвеєрну лінію є економічно невигідним, витрати на покупку і установку спеціального устаткування багаторазово перевищує вартість готової продукції. В розглянутому випадку вигідніше організувати один складально-монтажний цех. На кожному робочому місці проводиться одна або кілька операцій, що передбачає використання працівників широкопрофільної спеціальності і високої кваліфікації.

Для кожної технологічної операції необхідно підібрати склад обладнання.

Робочі місця розташовуються уздовж стін кімнати в порядку виконуваних операцій на невеликих відстанях один від одного, щоб забезпечити легкість послідовної передачі складальної одиниці між робочими місцями і вільний доступ до робочих місць.

Деякі операції за видами робіт можна об'єднати в дільниці, які будуть розташовані в цеху згідно техпроцесу складання виробу. Таким чином, цех повинен містити:

I - підготовчу дільницю (виконуються операції по підготовці складальних одиниць і елементів, які входять у виріб, до складання);

II - дільницю установки і паяння ЕРЕ;

III - ділянку контролю та дефектації;

IV - дільниця складання та індивідуальної пайки;

V - дільницю контролю та упаковки.

Установка бонок на основу корпусу здійснюється в окремому цеху, після чого поставляється на склад деталей.

Схема складально-монтажного цеху наведена в додатку А.

3.4.3 Розробка маршрутного ТП

У потоковому виробництві необхідний рівень диференціювання операцій в основному визначається ритмом складання. Оптимальна послідовність технологічних операцій залежить від їх змісту, обладнання, яке використовується, і економічної ефективності. В першу чергу виконуються нерухомі з'єднання, які вимагають значних механічних зусиль. Кожна наступна операція не повинна заважати виконанню наступної операції. На заключних етапах збираються рухомі частини виробу, роз'ємні з'єднання, встановлюють деталі, які будуть замінюватися під час налаштування.

Блок-схема ТП складання оптичного лічильника представлена в додатку Б. Зі схеми видно, що для складання даного виробу необхідно мати цех №46, який містить різноманітні дільниці, і цех №23, де здійснюється зварювання бонок та основи корпусу. Оскільки ця операція здійснюється заздалегідь, то її в табл. 3.3 не наведено.

В табл. 3.3 наведено перелік операцій, норма часу на їх виконання, номер дільниці та робочого місця.

Таблиця 3.3 – Планування виконання операцій

№ операції	Операція	Норма часу на виконання, хв	Кількість робочих місць	Номер дільниці	Номер робочого місця
1	2	3	4	5	6
005	Розпаковування	1.0	1	1	1
010	Комплектація	2.0	1	1	2
015	Вибірковий контроль	1.0	1	1	3
020	Формування виводів	1.0	1	1	4
035	Укладка в касети	1.0	1	1	7

1	2	3	4	5	6
040	Нанесення клею	0.5	1	2	8
045	Установка ЕРЕ на плату	1.0	1	2	9
050	Сушіння	1.0	1	2	10
055	Контроль установки ЕРЕ	0.5	1	2	11
060	Паяння хвидею припою	2.0	1	2	12
065	Промивання та сушіння	5.0	1	2	13
070	Контроль паяння	1.0	1	3	14
075	Дефектація	1.0	1	3	15
080	Укладка в тару	1.0	1	3	16
085	Установка плати в основу	1.5	1	4	17
090	Установка елемента живлення в основу	0.5	1	4	18
095	Установка тумблерів на кришку	1.0	1	5	19
100	Установка світлодіода на кришку	1.0	1	5	20
105	Електромонтаж фотоприймача і кабелю	1.0	1	5	22
110	Електромонтаж тумблерів, світлодіоду та плати	2.0	1	6	21
115	Монтаж кабелю з фотоприймачем та пристрою	2.0	1	6	23
120	Складання основи та кришки корпусу	1.0	1	6	24
125	Контроль	0.5	1	6	25

1	2	3	4	5	6
130	Контроль ОТК	2.0	1	7	26
135	Пломбування, пакування	2.0	1	7	27

З табл. 3.3 видно, що для виконання деяких операцій на одному робочому місці недостатньо штучного часу, тому що може бути вирішено двома шляхами:

- об'єднанням (за можливості) декількох операцій на одному робочому місці;
- введенням додаткових робочих місць.

Це необхідно, перш за все, для того, щоб запобігти простою виробництва, а отже забезпечити безперебійне виробництво запланованої партії виробів.

В нашому випадку, в умовах дрібносерійного виробництва, перший варіант є оптимальнішим у зв'язку із невеликою кількістю задіяних у складанні працівників.

Оптимізований план виконання операцій наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Оптимізоване планування виконання операцій

№ операції	Операція	Норма часу на виконання, хв	Кількість робочих місць	Номер дільниці	Номер робочого місця
1	2	3	4	5	6
005	Розпаковування	1.0	1	1	1
010	Комплектація	2.0	1	1	1
015	Вибірковий контроль	1.0	1	1	2
020	Формування виводів	1.0	1	1	2
025	Укладка в касети	1.0	1	1	2
030	Нанесення клею	0.5	1	2	3
035	Установка ЕРЕ на плату	1.0	1	2	3
040	Сушіння	1.0	1	2	3
045	Контроль установки ЕРЕ	0.5	1	2	3

1	2	3	4	5	6
050	Паяння хвилею припою	2.0	1	2	4
055	Промивання та сушіння	5.0	1	2	5
060	Контроль паяння	1.0	1	3	6
065	Дефектація	1.0	1	3	6
070	Укладка в тару	1.0	1	3	6
075	Установка плати в основу	1.5	1	4	7
080	Установка елемента живлення в основу	2.5	1	4	7
085	Установка тумблерів на кришку	1.0	1	5	8
090	Установка світлодіода на кришку	1.0	1	5	8
095	Електромонтаж фотоприймача і кабелю	1.0	1	5	9
100	Електромонтаж тумблерів, світлодіоду та плати	2.0	1	5	10
105	Монтаж кабелю з фотоприймачем та пристрою	2.0	1	6	11
110	Складання основи та кришки корпусу	1.0	1	6	12
115	Контроль	0.5	1	6	12
120	Контроль ОТК	2.0	1	7	13
125	Пломбування, пакування	2.0	1	7	14

Як видно із табл. 3.4, було об'єднано виконання на одному робочому місці таких операцій:

- розпаковування і комплектація (разом 3 хв);

- вибірковий контроль, формування виводів та укладка в касети (разом 3 хв);
- нанесення клею, установка ЕРЕ на плату, сушіння та контроль установки ЕРЕ (разом 3 хв);
- контроль паяння, дефектація та укладка в тару (разом 3 хв);
- установка плати в основу та установка елемента живлення в основу (разом 2 хв);
- складання основи та кришки корпусу і контроль (разом 1,5 хв).

Таким чином вдасться уникнути простоїв виробництва, наявності «вузьких місць», що позитивно позначиться на ритмічності виконання операцій зі складання розробленого пристрою – оптичного лічильника.

ВИСНОВКИ

Дана кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції електронного пристрою – оптичного лічильника – та аналізу технології його складання.

Оптичний лічильник призначений для контролю кількості об'єктів, що проходять по транспортерній смузі конвеєра. Його конструкція представляє собою основний блок – корпус з друкованою платою – та виносний елемент – фотоприймач на дводотовому кабелі. Ці частини електрично та механічно поєднані, а на виробництві встановлюються одна напроти одної по різні боки транспортерної смуги таким чином, щоб випромінювання світлодіода, встановленого на кришці, потрапляло на фотоприймач. Відсутність оптичного сигналу на фотоприймачі вважається наявністю об'єкта на конвеєрі, що призводить до збільшення числа на лічильнику.

До конструкції оптичного лічильника були висунуті вимоги (експлуатаційні, технологічні, ергономіки та естетики, ремонтпридатності та техніки безпеки), пов'язані із особливостями застосування пристрою на виробництві.

Відповідно до схеми електричної принципової було здійснено і обґрунтовано вибір елементної бази, розроблено конструкцію друкованої плати, виконано складальне креслення друкованого вузла. Враховуючи вимоги до пристрою, було запропоновано конструкцію корпусу приладу із сталі 08кп, покриття – антистатична емаль ЗИПСИЛ 950 АСК, що разом відповідає вимогам естетики, ергономіки та техніки безпеки, а також забезпечує захист плати всередині корпусу від зовнішніх механічних впливів.

Корпус складається із двох частин: кришки, на яку встановлені світлодіод та тумблери, та основу, куди встановлюється друкований вузол та батарея живлення. Друкований вузол закріплюється гвинтами у бонках, що приварені до основи за допомогою рельєфного зварювання. Друкована плата виконана із двостороннього склотекстоліту, що підвищує ремнтопридатність приладу.

Електрорадіоелементи на друковану плату встановлюються за допомогою паяння хвилею. Електромонтаж із елементами, що встановлені на кришці, та з кабелем здійснюється індивідуальним паянням.

Таким чином, оптичний лічильник містить декілька оригінальних деталей та збірок (плата, кришка, основа корпусу) та уніфіковану елементну базу. Для складання пристрою використовуються типові технологічні процеси, що сприяє підвищенню технологічності виробу.

Були розроблені конструкторська та технологічна схеми пристрою, на основі яких було запропоновано маршрутний технологічний процес складання оптичного лічильника в заданих умовах виробництва. Таким чином, були враховані всі вимоги, що висувалися до розробленого пристрою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прохорова, В.В. Організація виробництва [Текст]: навч. посібник / В.В. Прохорова, О.Ю. Давидова. – Х. : Вид-во Іванченка І.С., 2018. – 275 с.
2. Ланин, В.Л.. Проектирование и оптимизация технологических процессов производства электронной аппаратуры [Текст]: Учеб. пособие / В.Л. Ланин, В.А. Емельянов, А.А. Хмыль. – Минск: БГУИР, 1998.– 196 с.
3. Разработка универсального счетчика импульсов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/540532/>
4. Лыжин, Р. Счетчик контейнеров или коробок [Текст] / Р. Лыжин // Радиоконструктор, №3. – 2005. – с.36-38.
5. ГОСТ 11478-88. Группа Э30. Государственный стандарт союза ССР. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Нормы и методы испытаний на воздействие внешних механических и климатических факторов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200016365>
6. ГОСТ 15150-69. Группа Г08. Межгосударственный стандарт. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320>
7. Конспект лекцій з дисципліни "Основи проектування електронної апаратури", частина перша для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / уклад.: І. Є. Поспеева, Н. І. Фурманова – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 78 с.
8. Энциклопедический словарь по радиоэлектронике, оптоэлектронике и гидроакустике. / В.Г.Дождиков, Ю.С.Лифанов, М.И.Салтан./ Электронная версия. Под ред. В.Г.Дождикова. Издание 3-е переработанное и дополненное.

- М.: Издательство ИАЦ Энергия, 2008. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bookvoed.ru/files/3515/75/46/3.pdf>
9. Гелль, П.П. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / П.П. Гелль, Н.К. Иванов-Есипович. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1984 — 536 с.
 10. Антонішина, М.А. Основи конструювання і технологія виробництва РЕА [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://library.kre.dp.ua/Books/NMM/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Антонішина М.А/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Конспект лекцій.pdf>
 11. Денисюк, А.Ю. Конструювання та технологія виготовлення радіоелектронної апаратури [Текст] / А.Ю. Денисюк. – Житомир: ЖВІ НАУ, 2007. с. 29-40.
 12. Національний стандарт України ДСТУ 60204-1:2015 Безпечність машин електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги (EN 60204-1:2006; A1:2009; AC:2010, IDT) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rts.ua/rus/forpro/613/0/31/>
 13. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64320
 14. ГОСТ 29137-91 Межгосударственный стандарт. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pdf.standartgost.ru/catalog/Data2/1/4294825/4294825518.pdf>
 15. Антистатическая краска – эмаль ЗИПСИЛ 950 АСК [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.zipsil.ru/electrically-conductive-grounding-paint-primer/>
 16. Микросхема 4040 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.microshemca.ru/4040/>

17. Микросхема 4041 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.microshemca.ru/4041/>
18. Полупроводниковые диоды АЛ147А [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.club155.ru/datasheet/AL147A>
19. Стабилизатор напряжения 7805 характеристики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://morflot.su/stabilizator-naprjazhenija-7805-harakteristiki/>
20. Реле электромагнитные TRH-12VDC-C-A реле 12V/30A, 250VAC [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.detaliradio.ru/catalog/MECHANICHESKIE_KOMPONENTI/RELE/rele_elektromagnitnie/good_24734.html
21. Электролитический алюминиевый конденсатор К50-35 – АС Энергия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://asenergi.com/catalog/kondensatory-elektroliticheskie/k50-35.html#more>
22. Конденсатор пленочный К73-17 (CL21, X2) – АС Энергия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://asenergi.com/catalog/kondensatory-plenochnye/k73-17-cl21-x2.html#more>
23. Конденсаторы керамические многослойные [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.symmetron.ru/suppliers/ceramiccap/ceram_vyvod.pdf
24. Оптический счетчик проходящих объектов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prom.ua/p636224573-opticheskij-schetchik-prohodyaschih.html>
25. Подсчёт изделий, деталей и срабатываний механизмов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://teko-com.ru/primery-reshenija-zadach-avtomatizacii/podschjot-izdelij-detalej-i-srabatyvanij-mehanizmov.html>
26. Инфракрасный счетчик проходящих объектов для конвейера [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://detectori.com.ua/shop/428/desc/infrakrasnyj-schetchik-dlja-konvejera>
27. Пирогова, Е.В. Проектирование и технология печатных плат [Текст] / Е.В. Пирогова – М.: Форум-инфра-м, 2005. – 560 с.
28. Вейцман, Э.В. Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Э.В. Вейцман, В.Д. Венбрин. – М.: Радио и связь, 1989.

29. Невлюдов, І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів [Текст]: Підручник / І.Ш. Невлюдов. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 592 с.

Додаток А

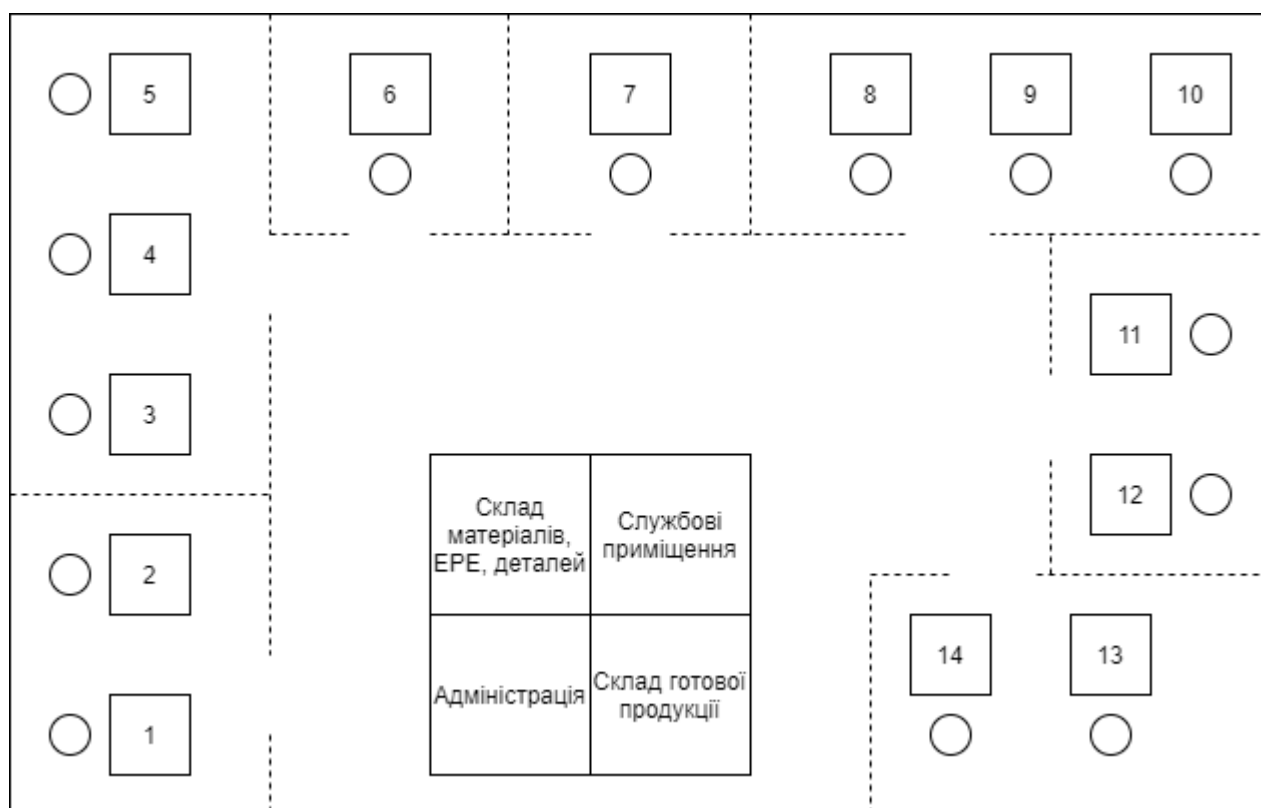


Рисунок А.1 – Схема цеху №46

Додаток Б

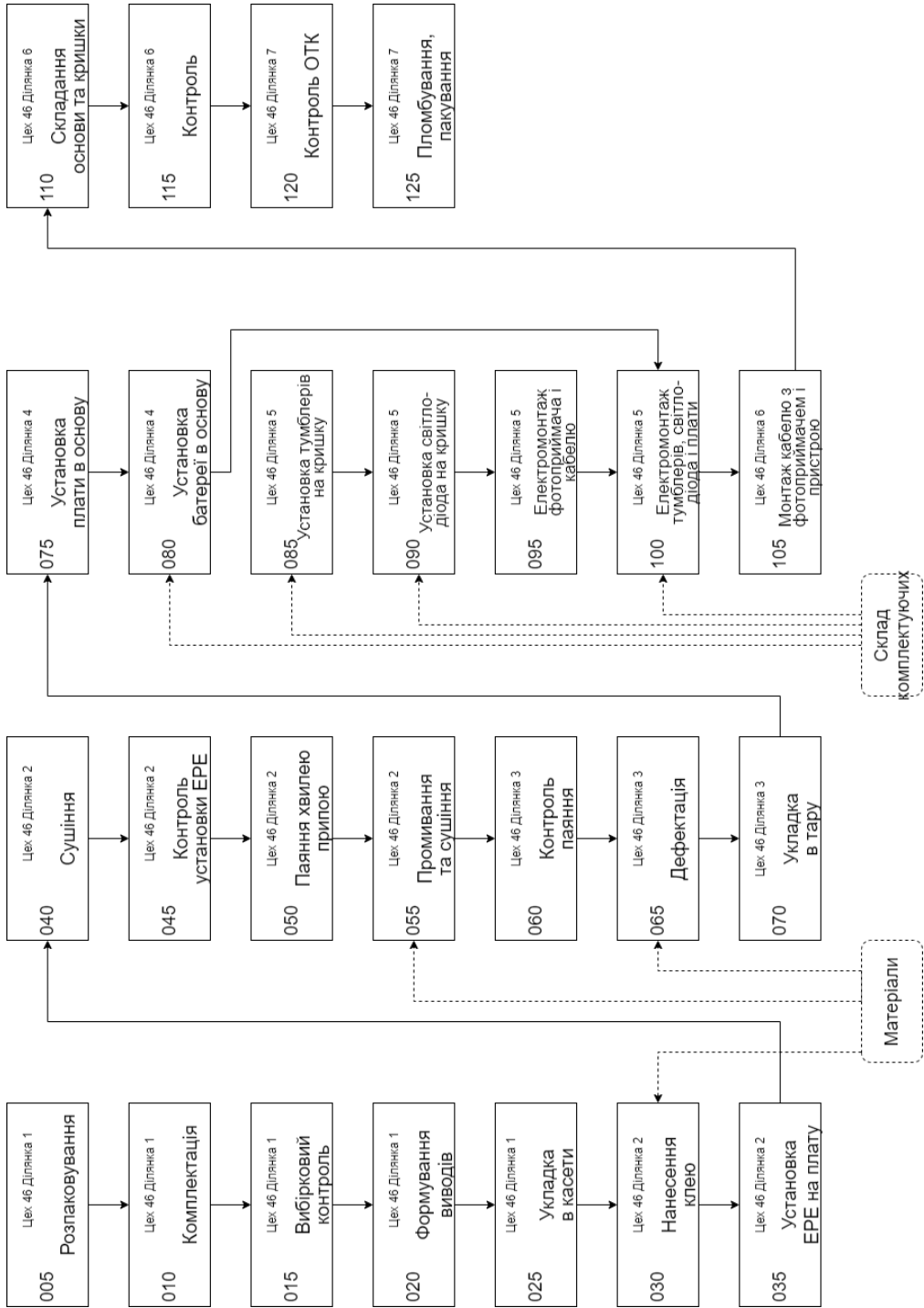


Рисунок Б.1 – Маршрутний технологічний процес складання оптичного лічильника