

---

---

---

**Інформаційна система контролю і керування  
функціями  
стоматологічної установки**

---

---

---

---

---

---

Олійник І. І.  
(  
Стрембіцький М.О.

## АНОТАЦІЯ

ТЕМА: Інформаційна система контролю і керування функціями стоматологічної установки.

МЕТА РОБОТИ: Розробити інформаційну систему контролю і керування функціями стоматологічної установки із використання інтерфейсу користувача у вигляді мембранного пульта із світлодіодними індикаторами та можливістю взаємодії з іншими вузлами стоматологічної установки.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (ФПТ), кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем (ПВ), група РІм-61.  
ТНТУ: Тернопіль - 2023.

Сторінок	97,
рисуноків	35,
таблиць	11,
креслень	6,
джерел	55,
додатків	10.

Найбільш вживані слова: мікроконтролер, пульт керування, стоматологічна установка, CAN-інтерфейс, 3D-друк.

У кваліфікаційній роботі магістра проведено побудову структурної, функціональної схеми, схеми електричної принципової інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки. Розроблено вузол пульта керування стоматологічною установкою, який включає мембранний пульт, плату керування та елементи кріплення вузла до стоматологічної установки. Розглянуто вибір елементної бази для плати пульта керування стоматологічною установкою та розраховано експлуатаційну надійність. Виконано розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1 Загальний опис функцій стоматологічної установки.....	6
1.2 Види пультів керування стоматологічною установкою.....	8
1.2.1 Механічні пульти керування функціями стоматологічної установки.....	8
1.2.2 Сенсорні пульти керування функціями стоматологічної установки.....	10
1.3 Методи реалізації зв'язку між вузлами стоматологічної установки.....	12
1.4 Визначення основних ергономічних параметрів пульта керування стоматологічною установкою.....	15
1.5 Висновки до розділу 1.....	17
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Опис структурної схеми блоку пульта керування стоматологічної установки.....	18
2.2 Опис функціональної схеми блоку пульта керування стоматологічної установки.....	19
2.3 Аналіз конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою.....	21
2.4 Проектування елементів конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою.....	26
2.4.1 Проектування зварного вузла.....	26
2.4.2 Проектування кришки пульта із використанням технології 3D-друку.....	28
2.4.3 Компоновка блоку пульта керування стоматологічною установкою.....	30
2.5 Висновок до розділу 2.....	34
3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	35

3.1	Оцінки надійності роботи пристрою за характеристиками надійності його окремих вузлів.....	35
3.2	Висновок до розділу 3.....	40
4.	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	41
4.1	Постановка задачі.....	41
4.2	Опис електричної принципової схеми плати пульта керування стоматологічної установки.....	42
4.3	Вибір елементної бази.....	52
4.4	Вибір мікроконтролера.....	59
4.5	Розробка компановки та монтажу друкованої плати.....	62
4.6	Розрахунок надійності та електромагнітна сумісність плати.....	66
4.7	Алгоритм робот.....	69
4.7.1	Опис вхідних налаштувань мікроконтролера.....	69
4.7.2	Опис алгоритмів роботи окремих вузлів плати.....	74
4.7.3	Опис структури даних для передачі по CAN-шині.....	78
4.8	Висновки до розділу 4.....	80
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...81	
5.1	Кольори, знаки безпеки та сигнальна розмітка на виробництві.....	81
5.2	Вимоги до виробничого освітлення та його нормування.....	85
5.3	Висновок до розділу 5.....	88
	ВИСНОВКИ.....	89
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
	ДОДАТКИ.....	97

## ВСТУП

Стоматологічна установка – це комплекс з декількох видів обладнання, що дозволяє фахівцеві проводити повний набір лікувальних, підготовчих та профілактичних маніпуляцій. Комплекс складається з кількох взаємозалежних підсистем гідравлічного, механічного, електричного та пневматичного принципу дії. Підключені до інженерних комунікацій компоненти стоматологічної установки створюють оптимальні умови для комфортного, безпечного та ефективного лікування [1].

Залежно від особливостей застосування компоненти стоматологічної установки можна розділити на:

- блок лікаря - центральний елемент системи призначений для роботи провідного спеціаліста;

- гідроблок - так називається система, що призначена для роботи з водою та повітрям у стоматологічній установці. Також гідроблок призначений для розміщення основних керуючих елементів та з'єднання вузлів стоматологічної установки між собою;

- блок асистента - може використовуватися як фахівцем-помічником, так і лікарем, який здійснює основні діагностичні та лікувальні маніпуляції.

Важливим завданням при конструюванні стоматологічної установки є забезпечення ергономіки обладнання. З метою досягнення максимальної ефективності роботи лікаря з блоком лікаря на ньому передбачено пульт, який здійснює керування роботою стоматологічних інструментів.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки із використання інтерфейсу користувача у вигляді мембранного пульта із світлодіодними індикаторами та можливістю взаємодії з іншими вузлами стоматологічної установки. Така система забезпечує ефективну роботу лікаря при проведенні стоматологічних маніпуляцій, а також дозволяє покращити технологічність та ремонтпридатність стоматологічної установки в процесі її виготовлення та експлуатації.

# 1. АНАЛАТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Загальний опис функцій стоматологічної установки

Стоматологічна установка є основним функціональним обладнанням стоматологічного кабінету, яке призначене для проведення терапевтичних, ортодонтичних та хірургічних маніпуляцій [2, 3, 4].

Існує велика кількість виробників стоматологічних установок, що зумовлює значну різницю в зовнішньому вигляді стоматологічних установок. Проте для забезпечення роботи лікаря-стоматолога стоматологічна установка має включати такі основні вузли:

- блок лікаря із стоматологічними інструментами (турбіна, мікромотор, скелер, пістолет, тощо);
- гідроблок;
- плювальниця із змивом води та можливістю наповнення склянки;
- блок асистента (слиновідсмоктувач, пиловідсмоктувач, фотополімерна лампа, пістолет, тощо);
- стоматологічний безтіньовий світильник;
- панель керування (на блоці лікаря, на блоці асистента, тощо);
- педаль (пусковий пристрій);
- стоматологічне крісло.

Загальний вигляд стоматологічної установки із позначенням основних вузлів показано на Рисунку 1.1.

Для забезпечення функціонування стоматологічної установки необхідна наявність стиснутого повітря, системи відсмоктування, системи водопостачання, каналізації та наявність підключення до електромережі. В залежності від конструктивних особливостей обладнання, окремі системи можуть бути вмонтовані в саму стоматологічну установку (наприклад, відсмоктувальний агрегат та компресор у автономних стоматологічних установках).



№	Найменування вузла
1	Блок лікаря з верхньою подачею інструментів
2	Гідроблок
3	Плювальниця з функцією змиву та наповнення склянки
4	Блок асистента
5	Стоматологічний безтіньовий світильник
6	Педаль
7	Стоматологічне крісло

Рисунок 1.1 – Основні вузли стоматологічної установки

Стоматологічні установки належать до виробів медичного призначення, тому при їх виготовленні повинні враховуватися вимоги стандартів ІЕС 60601-1 та ІЕС 60601-1-1 [5, 6, 7]. Вказані стандарти використовуються на етапі конструювання обладнання і перевіряються спеціальними контролюючими органами.

Невід’ємною складовою стоматологічної установки є пульт керування (див. Додатки), який служить основою для забезпечення інтерфейсу машина-людина. Складність пульта залежить від класу стоматологічної установки та функціонального призначення. Пульт керування є інформаційною системою

контролю та керування функціями стоматологічної установки. Оскільки від можливостей пульта в більшості випадків залежить технічна реалізація функцій стоматологічної установки, то розробка пульта, який забезпечує не тільки ергономіку для лікаря, але і є технологічним та ремонтпридатним у процесі виготовлення та обслуговування стоматологічної установки є важливим завданням. Реалізація такого завдання передбачає конструювання пульта, який складається з механічних вузлів (елементи кріплення) та електронних вузлів (плата керування, пульт). При реалізації завдання важливе значення має вибір пульта керування за критеріями технологічності, ремонтпридатності та його ціни у відношенні до ціни інших вузлів стоматологічної установки.

## 1.2 Види пультів керування стоматологічною установкою

Управління стоматологічною установкою передбачає використання пульта керування. Розрізняють такі основні типи пультів, які використовуються у стоматологічному обладнанні:

- механічні:
  - кнопкові;
  - мембранні;
- сенсорні:
  - резистивні;
  - ємнісні.

### 1.2.1 Механічні пульти керування функціями стоматологічної установки

Пульт керування – це елемент робочого місця лікаря стоматолога, де розміщені органи керування та засоби відображення інформації. Пульт керування повинен у своїй конструкції враховувати антропометричні характеристики і фізичні можливості оператора, адже від цього залежить ефективність роботи останнього [8].

Для забезпечення роботи стоматологічної установки використовують 2 види механічних пультів керування – кнопкові та мембранні. Порівняльна характеристика вказаних видів пультів наведена у Таблиці 1.1.



Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика кнопкових та мембранних пультів керування

Параметр	Види механічних пультів	
	Кнопковий пульт	Мембранний пульт
<b>Конструкція</b>	Велика кількість деталей	Одна деталь
<b>Процес виготовлення</b>	Автоматичне, напівавтоматичне або ручне виготовлення	Автоматичне виготовлення
<b>Ремонтопридатність</b>	Заміна окремих деталей	Заміна пульта
<b>Довговічність</b>	Довговічні, тривала експлуатація	Довговічні, тривала експлуатація
<b>Ергономіка</b>	Відповідає вимогам оператора	Відповідає вимогам оператора
<b>Ціна</b>	При дрібносерійному виробництві ціна висока	Ціна не змінюється значно при масштабуванні виробництва

З Таблиці 1.1 видно, що для дрібносерійного виробництва найбільш ефективним є використання мембранних пультів. Це зумовлено тим, що при низькій собівартості, можна налагодити виробництво пультів, які відповідають вимогам конкретного пристрою. Зміна конструкції пульта не тягне за собою значних капіталовкладень, оскільки не потребує виготовлення додаткової дороговартісної оснастки. Одним з головних переваг мембранних пультів керування є плоский дизайн, який дозволяє створити тонкі та компактні пристрої. Мембранні пульти можуть бути водонепроникними або стійкими до пилу, що робить їх ідеальними для використання в умовах, де є ризик забруднення [9].

Мембранні пульти керування в залежності від вимог та технології виготовлення можуть бути з плоскими та об'ємними кнопками. Перевагою об'ємних кнопок є тактильні відчуття при їх натисканні, тоді як плоскі кнопки мають сенсорний характер, вони естетичніші та дешевші у виготовленні. В процесі виготовлення таких пультів використовуються матеріали, які відзначаються зносостійкістю та призначені для активної експлуатації. Технологія виготовлення мембранних пультів дозволяє передбачити вікна та вирізи під світлодіоди та інші елементи індикації.

Технологія виготовлення мембранних пультів включає такі етапи [10]:

1. Виготовлення мембрани з тонкого шару поліестру або поліуретану.
2. Друкування символів та зображень на мембрані. Друк проводиться на зворотній стороні мембрани, щоб уникнути стирання графічних позначок в процесі експлуатації.
3. Комбінування шарів, яке включає створення контактних площадок, які реагують на натискання кнопок.
4. Різка та формування.
5. Збірка.

Важливо відзначити, що точні кроки та технології виготовлення мембранних пультів можуть варіюватися залежно від виробника та його внутрішніх процесів.

Довговічність, низька собівартість та конструктивні особливості мембранних пультів є важливою перевагою їх використання у стоматологічних установках.

#### 1.2.2 Сенсорні пульти керування функціями стоматологічної установки

У стоматологічних установках на сучасному етапі розвитку галузі також використовуються сенсорні пульти управління. Використання сенсорних пультів керування забезпечує зручне та точне управління різними системами та дає можливість відображати значні обсяги інформації, яка необхідна в процесі проведення стоматологічних маніпуляцій.

Існують кілька видів сенсорних пультів управління [11]:

- резистивні сенсорні екрани. Резистивні сенсорні екрани складаються з двох тонких гнучких металевих шарів, які розділені між собою невеликим зазором. Між шарами проходить електричний струм. При натисканні на такий екран переривається потік струму в певній точці екрану, що відповідає кнопці, яку намагався натиснути оператор. Перевагою резистивних екранів є те, що вони реагують на будь-який дотик (в тому числі і рукавичку, ручку, тощо). Недоліком вказаних сенсорних екранів є те, що вони не підтримують функції “мультитач” та через наявність додаткового скла дещо спотворюють зображення. Такий тип сенсорних екранів використовується у

стоматологічних установках середньої цінової категорії, проте його витісняють сенсорні екрани, на основі ємнісних дисплеїв;

- ємнісні сенсорні екрани. У ємнісних сенсорних екранах використано прозорий шар електроду. Коли палець торкається екрану, частина електричних зарядів передається від користувача. При цьому ємнісні сенсорні екрани реагують лише на дотик людини або стилуса. Ємнісні сенсорні екрани широко використовуються у стоматологічних установках преміум класу оскільки вони мають ряд переваг у порівнянні з резистивними сенсорними дисплеями. Серед них можна виділити високу чіткість зображення, стійкість до поверхневих забруднень та рідин, жиру, води;

- прогнозований ємнісний сенсорний екран. Принцип роботи прогнозованого ємнісного сенсорного екрану схожий на принцип роботи ємнісного сенсорного екрану. Особливістю вказаних сенсорних екранів є вбудовані прозорі плівки електродів та мікросхеми, які створюють електростатичне поле. Вони мають суттєві переваги для використання у стоматологічних установках, а саме: чутливість до хірургічних рукавичок та наявність функції “мультичач”. Ще однією важливою перевагою таких сенсорних дисплеїв є їх довговічність;

- інфрачервоні сенсорні екрани. Цей тип сенсорних екранів заснований на технології переривання світлового променя. У принципі роботи таких екранів лежить використання інфрачервоних випромінювачів, які створюють невидиму сітку інфрачервоних променів на екрані. Основними перевагами інфрачервоних сенсорних екранів є висока якість та чіткість зображення, “мультичач”, не вимагає тиску при реєстрації дотику, екран працює навіть при наявності механічних пошкоджень, таких як подряпини, реагує на дотики будь-якими предметами. Недоліком цієї технології є те, що сонячне проміння, яке містить інфрачервону складову, може впливати на функціонування екрану;

- поверхневі акустичні хвилі (SAW). Такі сенсорні екрани використовують перетворювачі, встановлені на краю скляної пластини. Вони створюють сітку ультразвукових хвиль на поверхні, які приймаються давачами.

При натисканні на екран частина хвилі поглинається, на що реагують давачі, які надсилають дані для подальшої обробки. Сенсорні екрани SAW можна активувати за допомогою пальця, рукавички чи стилуса. Вони володіють високою видимістю, оптичною чіткістю та довговічністю. Однак такі дисплеї не можна активувати жорстким предметом, наприклад, ручками чи нігтями. Такі екрани реагують на каплі води, також тверді забруднення можуть створювати місця, які не чутливі до дотику. Тому використання сенсорні екрани SAW у стоматологічних установках є неефективним та створюватиме проблеми для оператора в процесі експлуатації обладнання.

Розвиток сучасних технологій сприяє впровадженню сенсорних екранів у стоматологічні установки. Це зумовлено в першу чергу додатковими можливостями для відображення інформації, яка потрібна в процесі роботи. Одним з суттєвих недоліків сенсорних екранів є їх значна ціна у порівнянні з механічними пультами управління. Оскільки сучасне стоматологічне обладнання розрахована на різних користувачів, тому використання механічних пультів керування (у тому числі і мембранних) досі залишається актуальним.

### 1.3 Методи реалізації зв'язку між вузлами стоматологічної установки

Взаємодія між вузлами стоматологічної установки відбувається із використанням електричних сигналів, які є електричною величиною (напруга, струм, потужність), що змінюється в часі [12].

Існує два види сигналів, які використовуються в сучасній електроніці – аналогові та цифрові. Аналоговий сигнал – це сигнал, який може приймати будь-яке значення із вказаного діапазону, в будь-який момент часу. Цифровий сигнал – визначається за допомогою двох станів: "1" і "0". Кожен стан може бути представлений фізичними величинами, наприклад, напругою або струмом.

Передача аналогового сигналу потребує використання значної кількості проводів. Це пов'язано насамперед з особливостями формування та опрацювання такого сигналу. У більшості випадків це призводить до того, що використання великої кількості проводів є причиною зменшення

технологічності та ремонтпридатності обладнання. Тому у сучасному обладнанні, у тому числі і стоматологічних установках, все частіше знаходиться використання передача цифрового сигналу, що значно спрощує апаратну частину та зменшує кількість необхідних проводів для передачі даних.

У сучасних електронних пристроях для зв'язку окремих плат між собою використовують стандартизовані протоколи передачі даних, такі як: CAN, RS-485, SPI, I2C, Ethernet, RS-232, USB, Bluetooth, Wi-Fi, тощо [13, 14, 15]. У стоматологічних установках, оскільки вони належать до медичного обладнання, вибір протоколу передачі даних має важливе значення.

Протоколи передачі даних Ethernet та Wi-Fi – це протоколи, які пов'язані з мережевими технологіями, тому їх використання вимагає проведення додаткових етапів випробувань обладнання при сертифікації. Однак їх використання є перспективним, оскільки сучасний етап розвитку технологій пов'язаний з “інтернетом речей” і можливість керування стоматологічною установкою із використанням віддалено доступу надає переваги для користувача.

У Таблиці 1.2 наведено порівняльну характеристику протоколів передачі даних, що не пов'язані з мережевими технологіями [16].

Аналіз протоколів передачі даних свідчить, що для забезпечення взаємодії вузлів стоматологічної установки доцільно використовувати CAN-протокол. Однією з головних його переваг є завадостійкість. Це пов'язано з тим, що у стоматологічних установках часто використовують високовольтні інструменти (діатермокоагулятори), які є значним джерелом завад. Саме тому використання протоколу передачі даних RS-232, I2C та SPI є недоцільним при встановленні зв'язку між вузлами стоматологічної установки. Вказані протоколи передачі даних доцільно використовувати лише в межах вузла.

Протокол передачі даних USB не придатний для використання у стоматологічних установках, оскільки обмежена довжина кабелю, яка є недостатньою для встановлення зв'язку між вузлами. Такий протокол передачі даних може використовуватися лише в межах вузла.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика протоколів передачі даних

Параметр	Протокол передачі даних					
	RS-232	RS-485	SPI	I2C	USB	CAN
Максимальна кількість підключених пристроїв	1	32	4	127	127	110
Кількість задіяних проводів (крім GND)	8	2 або 4	4	2	4	2
Максимальна швидкість передачі даних	115200 біт/с	10 Мбіт/с	50 Мбіт/с	1 Мбіт/с	5 Гбіт/с (USB 3.0)	1 Мбіт/с
Режим передачі даних	Синхронний / асинхронний	Асинхронний	Синхронний	Асинхронний	Синхронний	Асинхронний
Напруга	±3В до ±15В	±1,5В до ±6В	+3,3В до +5В	+3,3В до +5В	+5В	+3,3В до +24В
Дані	8 біт	до 32 кбайт	8 біт	8 байтів	до 625 Мбайт	8 байтів
Відстань, на яку можна передати дані	15 м при 9600 біт/с	1200 м при 9600 біт/с	до 2м	до 5м при 100 кбіт/с	до 5м (USB 3.0)	до 2500м при 125 кілобіт/с
Кабель	Неекранований	Вита пара	Екранований	Екранований	Екранований	Вита пара
Порт мікроконтролера	UART	UART	SPI	I2C	USB	CAN
Завадостійкість	Ні	Так	Ні	Ні	Так	Так

Лише два протоколи повністю придатні для використання у стоматологічних установках – RS-485 та CAN. Аналіз технічних характеристик вузлів, які можуть використовуватися в процесі виготовлення стоматологічної установки (стоматологічні інструменти, сепаратори, тощо), показує, що перспективним є використання саме CAN. Його інтеграція у стоматологічну установку дозволяє проектувати виріб, який відзначається не лише технологічністю та ремонтпридатністю, але і дає можливість користувачеві отримувати додаткові функції за рахунок під'єднання до мережі CAN вузлів, роботу яких в іншому випадку контролювати потрібно було додатково.

Протокол передачі даних CAN створює можливість автоматичного контролю функцій обладнання, що допомагає забезпечити високу якість, продуктивність і безпеку роботи, одночасно забезпечуючи зручність та ефективність у використанні стоматологічної установки.

#### 1.4 Визначення основних ергономічних параметрів пульта керування стоматологічною установкою

Ергономіка – це наука, яка базується на техніці, фізіології та психології людини, яка взаємодіє із робочим простором. Основним завданням цієї науки є надання відомостей, які сприяють підвищенню комфорту та ефективності робочого місця [17].

У стоматологічних установках для встановлення зв'язку “машина-людина” використовують пульти керування функціями стоматологічних інструментів, обладнання та стоматологічного крісла. Для того, щоб пульт був ергономічним необхідно врахувати такі аспекти [18]:

- фізична конструкція пульта, яка має враховувати форму, розміри та розташування кнопок та світлодіодів для забезпечення доступу та зручності використання;
- розміщення пульта, яке передбачає вибір місця розташування пульта та його відповідність анатомії руки та пальців задля мінімізації напружень та забезпечення комфорту використання;
- інтуїтивне управління, яке передбачає зрозуміле та логічне розташування кнопок і функцій;
- зручність використання, пульт повинен мати чітке маркування функцій кнопок, поверхню, яка приємна на дотик, а також тактильні відчуття при натисканні кнопок.

Робота лікаря стоматолога пов'язана із позицією сидючи, що потрібно враховувати при проектуванні пульта керування. При цьому мають виконуватися наступні умови:

- відстань від очей оператора до пульта – 690...710 мм;
- нахил корпусу вперед – на 5...10°;
- кут згинання між стегном і гомілкою – 95...135°;
- стопа на підлозі;
- стегно горизонтальне.

Оскільки пульт керування стоматологічною установкою містить не лише органи керування, але і засоби відображення інформації, то має бути забезпечена оптимальна зона інформаційного поля (Рисунок 1.2). Вона складає  $\pm 15^\circ$  у вертикальній площині від нормальної лінії погляду (Рисунок 1.3). Для пульта керування, така зона забезпечується розмірами пульта та його пропорціями.

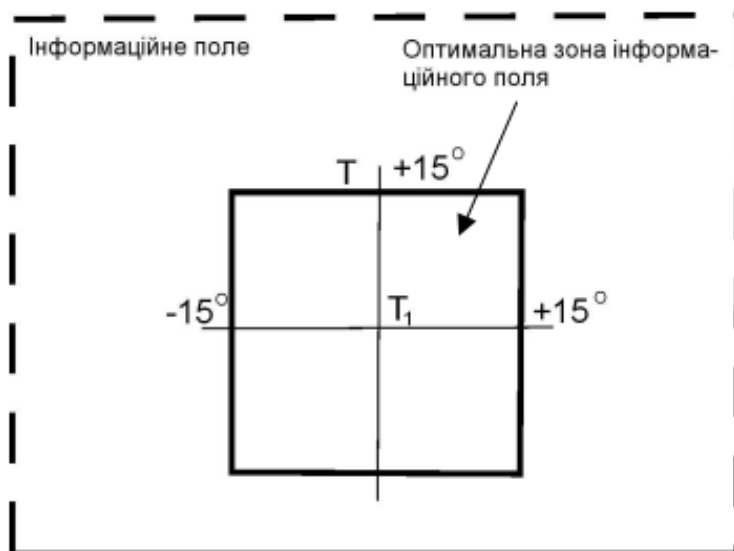


Рисунок 1.2 – Оптимальна зона інформаційного поля

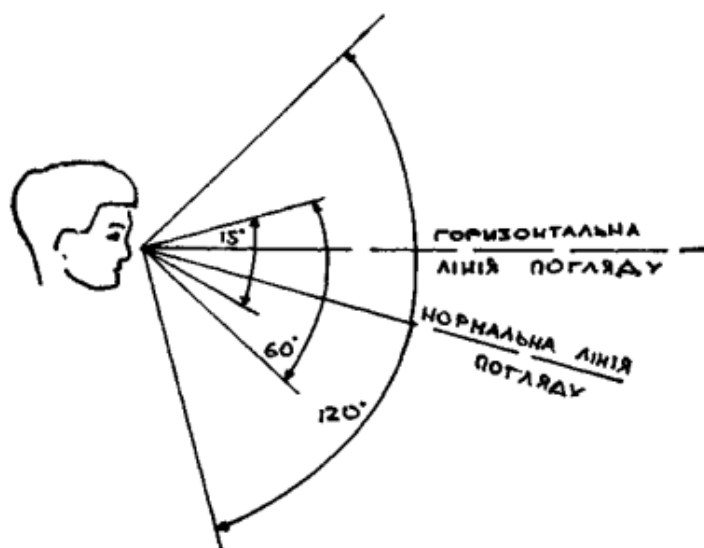


Рисунок 1.3 – Лінії погляду у вертикальній площині

Важливе значення при проектуванні вузла пульта керування має також нахил пульта відносно горизонтальної лінії. Оскільки при проведенні



стоматологічних маніпуляцій лікар звертається до органів відображення інформації часто (більше двох звернень за годину), то допускається розташування пульта під кутом  $\pm 30^\circ$  у вертикальній та горизонтальній площинах. Оптимальним вважається розташування, перпендикулярне до нормальної лінії погляду. Органи керування (у випадку стоматологічної установки кнопки) мають бути розташовані в зоні легкої досяжності моторного поля. При цьому відстань від переднього краю робочої поверхні має складати 400 мм [19].

Важливе значення при проектуванні пульта керування має використання контрастних кольорів для маркування призначення кнопок. Використання контрастної кольорової гами дозволяє чітко та однозначно сприймати відображену інформацію.

Ергономіка пульта є важливою складовою дизайну пультів керування, оскільки добре спроектований пульт забезпечує зручність та ефективність процесу роботи оператора. Тому при проектуванні пульта керування стоматологічною установкою має бути врахований кут огляду, функціональні можливості органів управління, ергономіка та зонування засобів керування та відображення інформації.

## 1.5 Висновки до розділу 1

У розділі 1 проведено огляд основних функцій та вузлів стоматологічної установки. Проведено огляд видів пультів керування стоматологічною установкою та аналіз їх переваг і недоліків при проектуванні, експлуатації, ремонті стоматологічної установки. Розглянуто протоколи передачі даних. Оскільки зв'язок між вузлами стоматологічної установки має бути стійким до завад та відповідати конструктивним вимогам щодо відстані між вузлами, то для проектування пульта керування стоматологічною установкою оптимальним є використання CAN. Проаналізовано основні вимоги до ергономіки пульта як інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки.

## 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Опис структурної схеми блоку пульту керування стоматологічної установки

Функції блоку пульту керування стоматологічною установкою відображаються у її структурній схемі, яка повинна показувати принцип роботи блоку в найзагальнішому вигляді. На схемі відображають всі основні функціональні частини блоку пульту керування стоматологічною установкою, а також основні взаємозв'язки між ними. Побудова схеми повинна давати наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин блоку. Напрямок проходження процесів, що відбуваються у блоці, позначаються стрілками на лініях взаємозв'язку. Враховуючи все вище сказане структурну схему блоку пульту керування стоматологічною установкою зображено на рисунку 2.1.

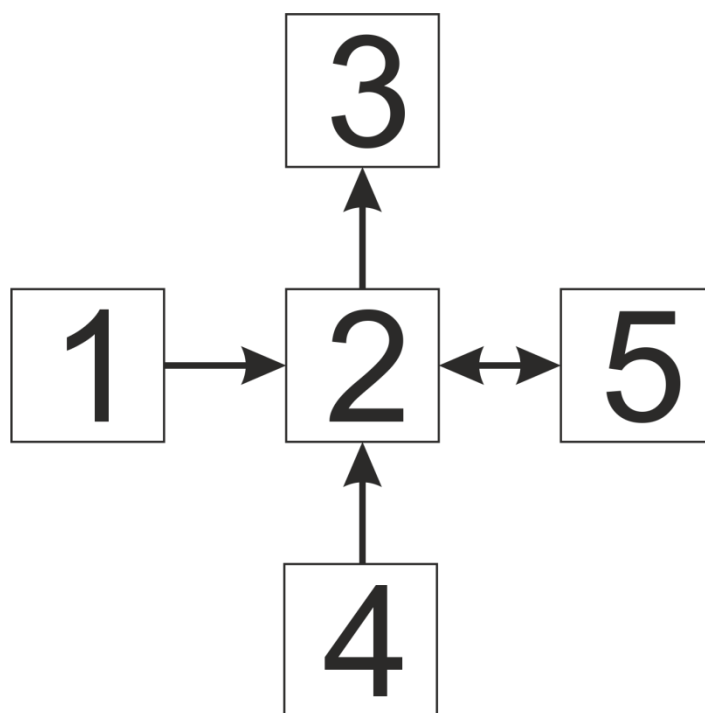


Рисунок 2.1 – Структурна схема блоку пульту керування стоматологічною установкою

Структурна схема складається з наступних блоків:

1 – блок живлення. Вхідна напруга для плати +5V. Блок живлення

призначений для забезпечення живлення +5V для CAN-драйвера, LED індикаторів і регістру зсуву; +3,3V для забезпечення живлення мікроконтролера;

2 – мікроконтролер. Призначений для опрацювання вхідних сигналів і формування вихідних даних;

3 – індикатори режимів роботи. Призначені для індикації режимів роботи пульта та стану прийому-передачі даних;

4 – кнопки. Призначені для вибору режимів роботи стоматологічних інструментів;

5 – інтерфейс прийому-передачі даних між вузлами. Призначений для формування вихідних послідовностей від мікроконтролера та передачу вхідних послідовностей на мікроконтролер.

Структурної схеми блоку пульта керування стоматологічної установки дає лише узагальнений опис. Детальнішу інформацію про призначення окремих блоків структурної схеми дає функціональна схема вузла пульта керування стоматологічною установкою.

## 2.2 Опис функціональної схеми блоку пульта керування стоматологічної установки

Структура блоку пульта керування стоматологічною установкою відображується у її функціональній схемі та призначена для пояснення процесів, що відбуваються у виробі при різних передбачених режимах. На схемі зображують функціональні частини виробу і зв'язки між ними. Функціональні частини і зв'язки між ними зображують у вигляді графічних позначень.

Враховуючи вище сказане, будемо на основі структурної схеми схему функціональну, що зображена на Рисунку 2.2.

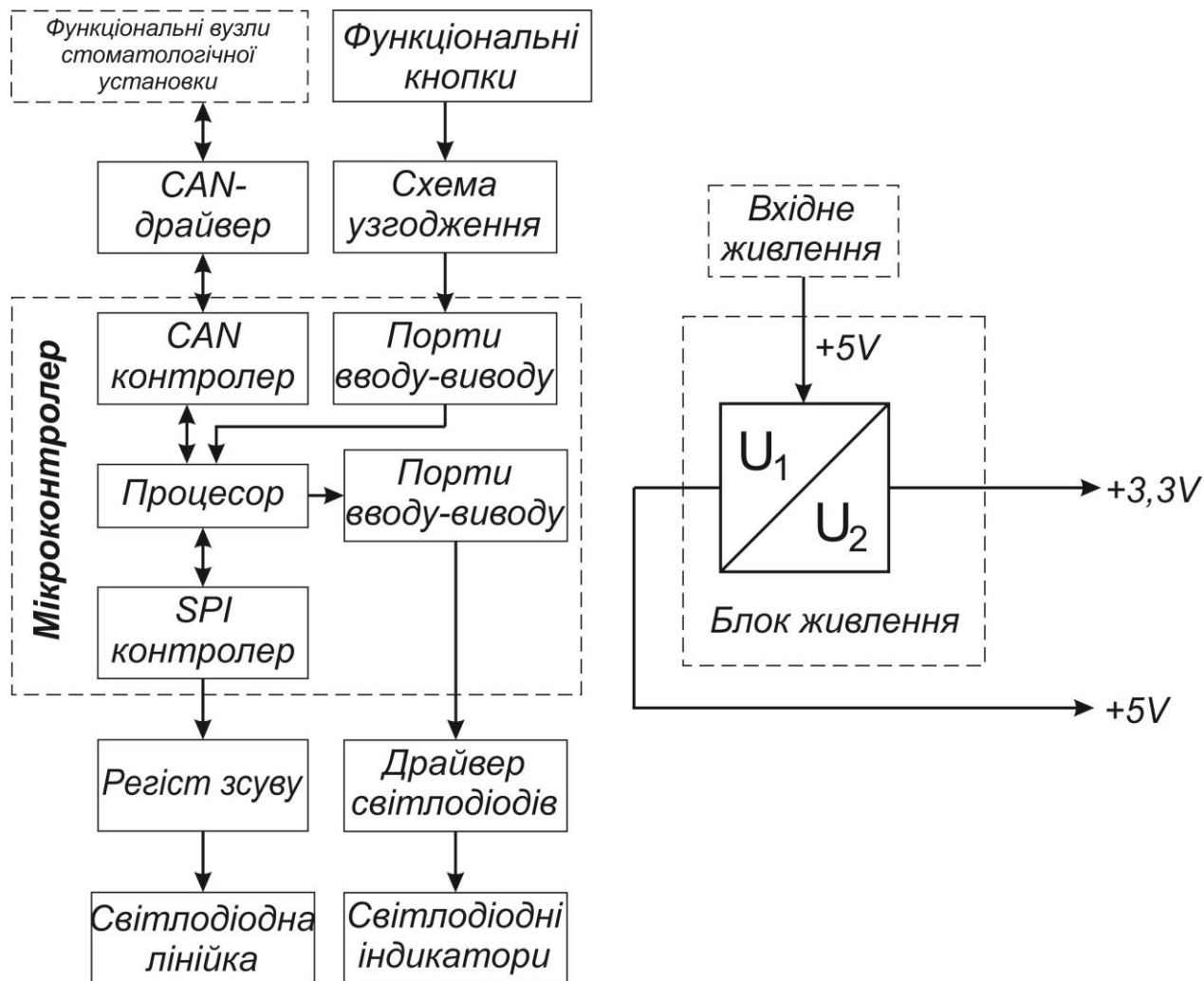


Рисунок 2.2 – Функціональна схема блоку пульта керування стоматологічною установкою

Блок пульта керування стоматологічною установкою складається з корпусу, пульта керування з механічними кнопками та світлодіодами і плати, яка виконує функції обробки даних та їх прийому-передачі між вузлами. Плата керування стоматологічною установкою складається з блоку живлення на основі лінійного регулятора напруги D1, який забезпечує живлення мікроконтролера +3,3В при вхідній напрузі +5В.

Обробка даних від пульта та індикацію режимів його роботи забезпечує мікроконтролер D4 із використання портів вводу-виводу даних. Мікроконтролер також містить вбудований CAN-контролер. Прийом-передачу даних забезпечує CAN-драйвер D3.

Для підключення кнопок до входу мікроконтролера використано RC-ланку і додаткові високоомні резистори для забезпечення високоімпедансного

стану сигналу при відсутності кнопки. Світлодіодні індикатори підключені до входу мікроконтролера через транзисторний ключ із відповідними розрахованими опорами. Керування світлодіодною лінійкою реалізовано із використанням мікросхеми D7, яка має послідовний вхід (SPI-інтерфейс) та паралельний вихід для підключення 8 окремих світлодіодів, які формують світлодіодну лінійку. Оскільки мікросхема D7 передбачає живлення +5В, то для узгодження логічних рівнів використано мікросхему D6 (див. Додатки).

Проектування блоку керування стоматологічною установкою, окрім проектування плати та пульта, включає проектування корпусу. При проектуванні блоку керування стоматологічною установкою повинні бути враховані вимоги щодо технологічності, ремонтпридатності, експлуатаційної надійності, ергономіки та дизайну. Для забезпечення вказаних вимог необхідно провести аналіз конструкції проектованої інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки.

### 2.3 Аналіз конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою

Конструювання – створення конструкції вузла згідно з проектом. Конструкція – це побудова, взаємне розміщення частин і елементів пристрою, яка передбачає взаємодію частин, спосіб з'єднання та матеріал, з якого виготовляються окремі елементи [20, 21].

Аналіз конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою включає аналіз компонентів вузла, їх взаємодії, функціональних вимог до вузла, властивості матеріалів, кріплення та з'єднання, а також аналіз безпеки та надійності [22, 23].

На Рисунку 2.3 показано основні конструкційні елементи блоку пульта керування стоматологічною установкою. Блок включає: 1 – кронштейн з елементами кріплення до блоку лікаря; 2 – кришку; 3 – плату пульта керування стоматологічною установкою; 4 – мембранний пульт. Складальне креслення з

детальним переліком елементів блоку пульта керування стоматологічною установкою показано у Додатках.

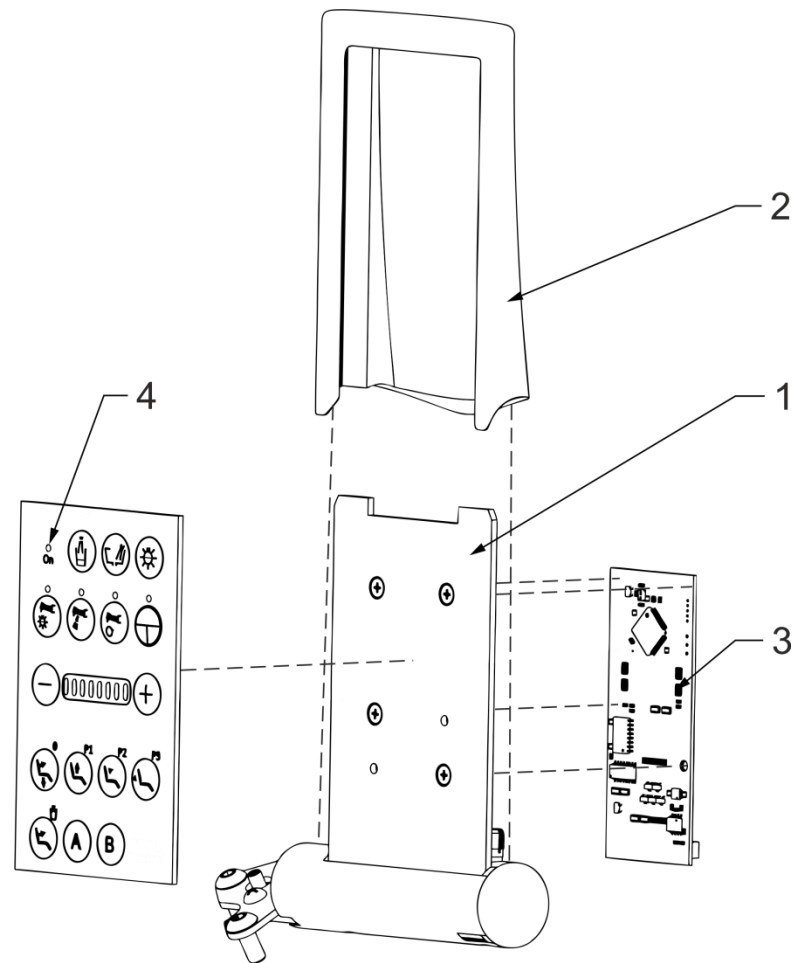


Рисунок 2.3 – Основні конструкційні елементи блоку пульта керування стоматологічною установкою

Основною функцією елементів вузла є кріплення пульта до стоматологічної установки, захист електричних з'єднань від потрапляння вологи та забезпечення зручності та надійності користування пультом в процесі експлуатації. Для забезпечення стійкості та міцності кріплення блоку керування стоматологічною установкою, кронштейн виготовлено із металу. Деталі, які несуть декоративний характер та призначенні для захисту від потрапляння вологи (кришка, заглушка) виготовлено із пластмаси.

Важливим елементом конструкції блоку керування стоматологічною установкою є плата пульта та мембранний пульт. Плата пульта є складним вузлом, основними елементами якого є друкована плата та радіоелементи.

Технологія виготовлення друкованої плати та монтажу радіоелементів є досить складною та трудомною, тому вимагає використання спеціалізованого обладнання. Мембранний пульт також належить до деталей, виготовлення яких вимагає використання спеціалізованого обладнання. Для кріплення елементів блоку між собою та до блоку лікаря використано стандартизовані гвинти, гайки та шайби.

Оскільки блок пульта керування стоматологічною установкою призначений для взаємодії оператора з обладнанням, то його конструкція має бути такою, що забезпечує надійну фіксацію пульта на блоці лікаря. Тому аналіз конструкції включає аналіз взаємодії елементів, а саме їх вплив одне на одного в процесі експлуатації. В процесі аналізу встановлено два важливих пункти, які стосуються взаємодії елементів, а саме – кріплення до блоку лікаря має забезпечувати нерухоме з'єднання, яке можна регулювати в процесі монтажу та пульт має кріпитися до поверхні, яка не деформується в процесі роботи з кнопками мембранного пульта.

До елементів блоку пульта керування стоматологічною установкою ставляться наступні функціональні вимоги – міцність конструкції має бути такою, що витримує навантаження при натисканні кнопок. Таку міцність можна отримати за рахунок використаних матеріалів та конструктивних рішень.

Важливим етапом конструювання блоку пульта керування стоматологічною установкою є оцінка властивостей матеріалів, які використовуються при виготовленні окремих елементів вузла їх міцності, жорсткості, тривалості служби та механічної стійкості. Тому для кронштейна блоку пульта керування стоматологічною установкою вибрано сталь, оскільки основними вимогами до вказаного елемента є його міцність і жорсткість. Вимогами до кришки та мембранного пульта у свою чергу тривалість служби та механічна стійкість. Такі вимоги пов'язані із тим, що пульт та кришка піддаються механічним впливам – натискання, очистка із використанням дезінфікуючих засобів, тощо. Забезпечити виконання вказаних вимог дозволяє використання при конструюванні пластмас та полімерів.

Забезпечити стійкість та довговічність конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою дозволяє використання різьбових з'єднань із застосуванням гвинтів, гайок та шайб. Використання вказаних уніфікованих елементів також є одним із факторів технологічності та ремонтпридатності вузла пульта керування стоматологічною установкою.

Аналіз конструкції включає також оцінку безпеки та надійності конструкції, включаючи аналіз можливих небезпек та визначення запобіжних заходів. Оскільки у вузлі пульта керування стоматологічною установкою не використовується висока напруга та струм, а також немає рухомих частин, то ризики при експлуатації виникають лише при помилковому натисканні кнопок. Уникнути таких небезпек можна шляхом використання блокування пульта при певних умовах, що реалізовано в програмному файлі.

Аналіз компонентів вузла, їх взаємодії, функціональних вимог до вузла, властивості матеріалів, кріплення та з'єднання, а також аналіз безпеки та надійності допомагають зрозуміти функціональність та працездатність механічного вузла, а також в процесі конструювання визначити можливі недоліки та способи їх покращення.

Конструювання блоку пульта керування стоматологічною установкою виконано у системі автоматичного проектування SolidWorks. Використання вказаного програмного комплексу дозволяє провести аналіз конструкції вузла на етапі моделювання без виготовлення макетів окремих деталей. Результати моделювання блоку пульта керування стоматологічною установкою показано на Рисунку 2.4.

При проектуванні блоку пульта керування стоматологічною установкою проведено проектування окремих деталей, нероз'ємних з'єднань та виконано компоновку всього вузла, яка включає уніфіковані деталі та куповані вироби. У програмному комплексі SolidWorks побудовано 3D-модель та отримано вигляди для складального креслення та креслень окремих деталей. Оформлення креслень та специфікацій виконано із використанням системи автоматизованого проектування та креслення AutoCAD.



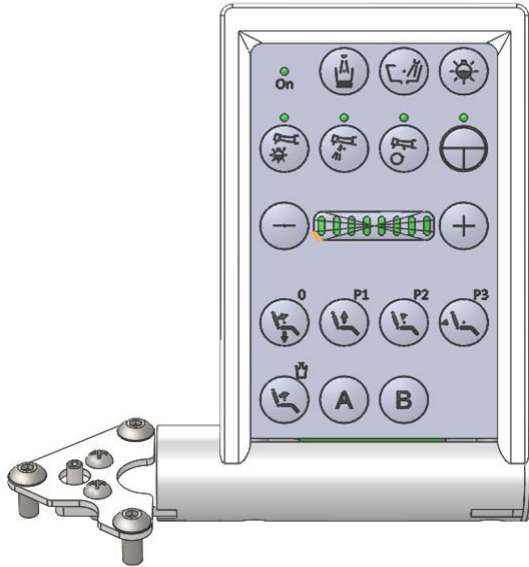


Рисунок 2.4 – 3D-модель блоку пульта керування стоматологічною установкою

Як показує аналіз конструкції вузла складність відтворюваного виробу залежить від таких факторів:

- кількість деталей;
- розподіл деталей за групами – оригінальні, уніфіковані, стандартизовані;
- вимоги до точності деталей;
- вимоги до точності спряжень деталей у вузлі;
- кількість матеріалів та їх характеристики;
- кількість видів обробки деталей;
- габаритні розміри виробу;
- маса виробу.

У блоці керування стоматологічною установкою можна виділити вузли, які вимагають використання різних технологій – зварювання, 3D друк, лазерна різка, фрезерування, сверловка, нарізання різьб, тощо. Зварний вузол, який виконує функції кронштейна, та кришка, яка має складну геометрію, є найбільш складними у проектуванні та виготовленні. Збірка вузла також вимагає виконання великої кількості технологічних операцій. Тому проектування блоку пульта керування стоматологічною установкою поділено на кілька етапів в залежності від використовуваних технологій.

## 2.4 Проектування елементів конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою

Проектування елементів конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою передбачає врахування при проектуванні технологій виготовлення вузлів та деталей. Сучасний розвиток технологій дозволяє враховувати при проектуванні такі технології - зварювання, 3D друк, лазерна різка, фрезерування, сверловка, нарізання різьб, пайка, тощо. У пункті 2.4 розглянуто проектування зварного вузла, проектування кришки пульта та монтаж вузла пульта керування стоматологічною установкою.

### 2.4.1 Проектування зварного вузла

Зварювання – це технологія, яка призначена для створення нероз’ємного з’єднання за допомогою спеціалізованого обладнання, яке працює з високими температурами. Перевагою зварювання є висока надійність з’єднань [24].

Технологія зварювання у блоці пульта керування стоматологічною установкою використовується при проектуванні та виготовленні кронштейна, який призначений для кріплення до блоку лікаря. Також вказаний кронштейн призначений для кріплення до нього мембранного пульта, плати пульта і кришки.

Кронштейн складається з 3 деталей (див. Рисунок 2.5), які з’єднуються між собою із використанням дугової зварки в захисному газі. Процес зварювання відбувається за рахунок електричного струму та дуги, яка утворюється між електродом та виробом. Для захисту місця зварювання від впливу повітряних компонентів використовується спеціальний газ, такий як аргон.

На Рисунку 2.5 показано деталі кронштейна, які зварюються між собою. Позначення №1 показує місця зварки. Для виконання зварних з’єднань запропоновано використовувати 2 типи зварних з’єднань, які регламентуються ДСТУ ГОСТ 14771:2019 "Зварювання дугове в захисному газі. З’єднання зварювані" [25]. Складальне креслення зварного вузла із специфікацією наведено у Додатках.

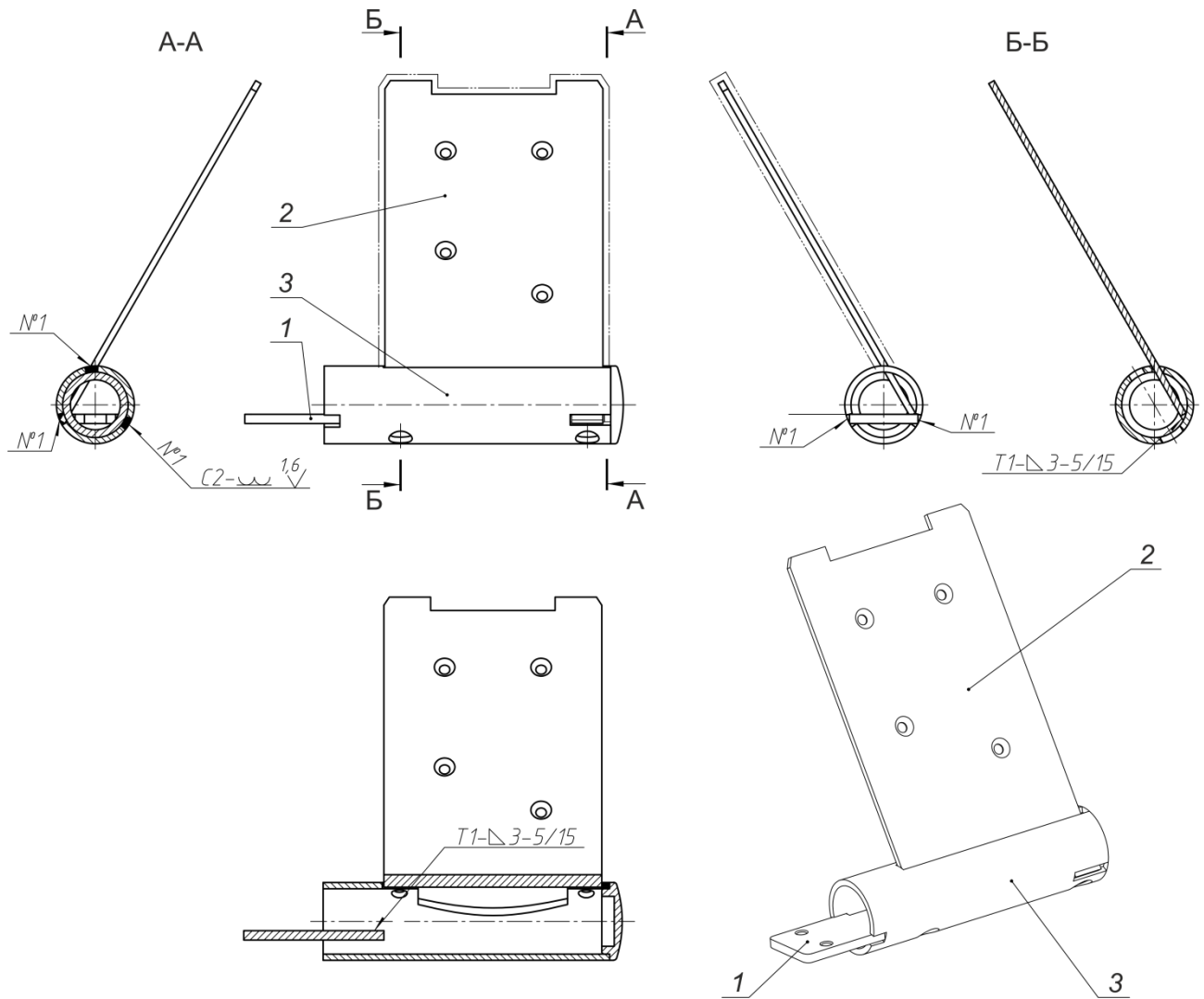


Рисунок 2.5 – Зварний вузол - кронштейн

Використання типів зварювання T1 та C2 пов'язано із особливостями доступу до місця зварювання:

- T1 – таврове з'єднання, без скосу кромки, одностороннє;
- C2 – стикове з'єднання, без скосу кромки, одностороннє.

Після проведення зварного з'єднання деталей (див. Рисунок 2.5) проводиться оцінка зовнішнього вигляду зварного з'єднання. Оскільки зварний шов на окремих ділянках кронштейну залишається видимим після монтажу вузла, то обов'язковим етапом його контролю є перевірка на відповідність до вимог зазначеного розміру та форми зварювального з'єднання. Також на етапі прийому кронштейна проводиться оцінка якості зварного шва, яка включає оцінку його рівномірності та плавності, відсутність тріщин, пор, дефектів та

заломів. Після виготовлення дослідного взірця кронштейна, проводиться оцінка його міцності та зносостійкості – випробування на згин, розтяг, тощо.

При проектуванні кронштейна блоку пульта керування стоматологічною установкою враховано технологічні можливості виготовлення, наявні стандарти в галузі та передбачено основні пункти контролю якості для дослідного взірця та його контроль при серійному виробництві.

#### 2.4.2 Проектування кришки пульта із використанням технології 3D-друку

3D друк – це технологія виготовлення тривимірного об’єкту, яка передбачає послідовне нанесення матеріалу на основу. Створення моделі відбувається із використанням спеціалізованого програмного забезпечення, яке розбиває модель на шари потрібної товщини та визначає шляхи нанесення матеріалу на основу [26].

Для 3D друку використовуються різні типи матеріалів – пластик, метал, кераміка, тощо. Існує три технології друку – матеріал може нагріватися, твердіти за рахунок застійних реакцій або використання лазерного променя. Використання технології 3D друку має наступні переваги:

- дозволяє виготовляти складні геометричні форми;
- економічно ефективна технологія для індивідуального виготовлення або невеликих серій [27];
- дозволяє швидко виготовлення прототипів та макетів;
- зменшує відходи матеріалу.

Однак технологія 3D друку має ряд обмежень, серед яких можна виділити: обмежені розміри виробу, обмежений перелік матеріалів та обмеження щодо міцності та точності виготовлених деталей.

За останні роки технологія 3D друку стала значно доступнішою, що пов’язано насамперед із зниженням вартості обладнання та збільшенням переліку матеріалів, які можна використовувати.

Аналіз конструкції блоку пульта керування показав, що для виготовлення кришки пульта доцільно використати 3D друк. Зовнішній вигляд кришки блоку керування стоматологічною установкою показано на Рисунку 2.6.

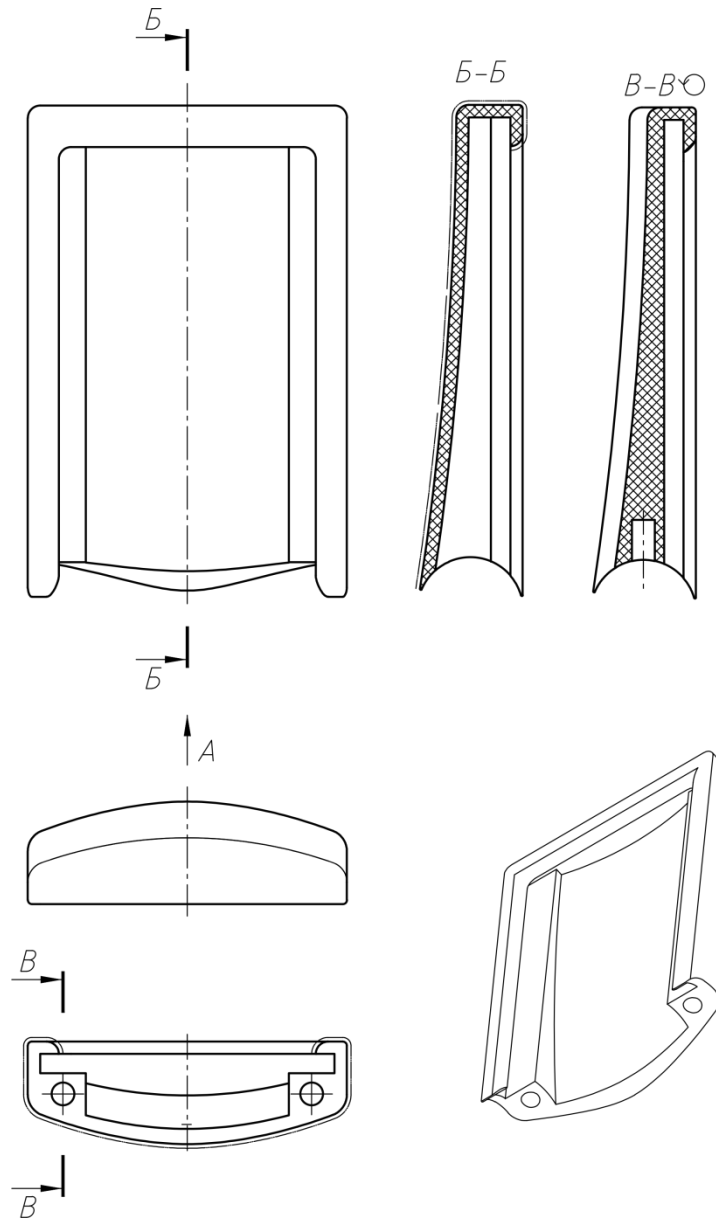


Рисунок 2.6 – Кришка блоку пульта керування стоматологічною установкою

Це пов'язано із необхідністю забезпечення наступних вимог до кришки:

- 1) складна геометрія, оскільки вузол пульта має відповідати вимогам щодо загального дизайнерського рішення стоматологічної установки;
- 2) невелика партія. Технологію 3D друку варто використати, оскільки не потрібно виготовляти дорогу оснастку;
- 3) матеріал. Кришка блоку пульта керування має бути стійкою до впливу вологи, прямого потрапляння води та впливу агресивних миючих засобів. Такі вимоги задовольняють полімери, які використовуються при 3D друці;

4) габаритні розміри. Розмір кришки блоку керування стоматологічною установкою 71x122x26мм. Такі розміри дозволяють виготовляти пульт із використанням 3D друку;

5) міцність та точність. До кришки блоку пульта керування не ставляться високі вимоги щодо міцності та точності виготовлення, оскільки після виготовлення передбачена підгонка деталі під інші елементи конструкції.

Вибір матеріалу для виготовлення кришки блоку пульта керування стоматологічною установкою опирається на доступність матеріалу та обладнання, яке працює з таким матеріалом. Найбільш популярними є такі види полімерів: PLA (полілактід); ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирен); PETG (поліетилентерефталат з модифікацією гліколем); Nylon (нейлон); TPU (термопластичний поліуретан) та інші.

Для виготовлення блоку пульта керування стоматологічною установкою передбачено ABS пластику. Такий матеріал є доступним, має високу міцність, добре піддається обробці.

Враховуючи перелічені вище переваги 3D друку, вказану технологію доцільно використати для виготовлення кришки блоку пульта керування стоматологічною установкою. Це дозволяє отримати деталь, яка за економічними та технологічними показниками придатна для виготовлення при дрібносерійному виробництві.

#### 2.4.3 Компоновка блоку пульта керування стоматологічною установкою

Компоновка складального вузла – це процес, який визначає розташування та пристосування компонентів вузла для створення функціонального та фізично стійкого обладнання [28]. Компонування складального вузла включає наступні етапи:

1. Визначення цілей та вимог до вузла. Вузол пульта керування стоматологічною установкою призначений для розміщення пульта керування та його кріплення до блоку лікаря. Габаритні розміри вузла складають 134x116x52мм, маса 0,55кг. В пульт вбудована плата пульта, яка споживає максимально 200мА при напрузі 5В. Тому максимальна потужність вузла 1Вт.

Вузол повинен відповідати по дизайну загальній концепції стоматологічної установки.

2. Аналіз та визначення компонентів. На цьому етапі визначаються елементи конструкції, які розробляються при проектуванні. Блок пульта керування стоматологічною установкою включає складальні одиниці, деталі та стандартні вироби. Серед складальних одиниць варто виділити друковану плату, процес виготовлення якої є складним та трудомістким процесом.

3. Проектування схеми з'єднань. Оскільки блок пульта керування стоматологічною установкою містить пульт та плату, тому важливим етапом компоновки є побудова схеми зв'язків між вказаними елементами та зовнішніми вузлами.

4. Визначення просторового розміщення елементів. На цьому етапі передбачено компонування критичних деталей таким способом, який би найбільш вдало забезпечував ефективність та зручність вузла.

5. Моделювання та перевірка. Після створення варіанту компоновки вузла застосовуються різні інженерні методи (комп'ютерне моделювання, прототипування), які дозволяють перевірити функціональність та ефективність компоновки. Якщо на цьому етапі виявляються недоліки конструкції, то їх усунення сприяє створенню більш досконалого вузла.

6. Розташування друкованих плат та інших базових деталей. Центральним елементом блоку керування стоматологічною установкою є друкована плата та пульт. Оскільки для забезпечення надійного і безвідмовного функціонування вузла потрібно забезпечити таке кріплення плати, яке б забезпечило максимальний захист від зовнішніх факторів, то для ізоляції плати від металевої основи кронштейна передбачено застосування пластмасових стійок, для надійної фіксації пульта використано клейове з'єднання.

7. Збірка та з'єднання. Передбачає створення документації, в тому числі і складальних креслень, які дозволяють провести збірку та монтаж вузла відповідно до певних вимог.

8. Тестування та перевірка. Останнім етапом компонування складального вузла є його тестування у складі стоматологічної установки. Це

робитися для того, щоб переконатися, що всі компоненти правильно працюють та вимоги документації виконано при монтажі вузла.

Компонування складального вузла є важливим етапом в процесі виготовлення обладнання і вимагає взаємодії інженера-конструктора, технолога, монтажника та контролера якості.

На Рисунку 2.7 показано компоновку блоку пульта керування стоматологічною установкою. Складальне креслення з переліком складальних одиниць, деталей та стандартизованих виробів показано у Додатках.

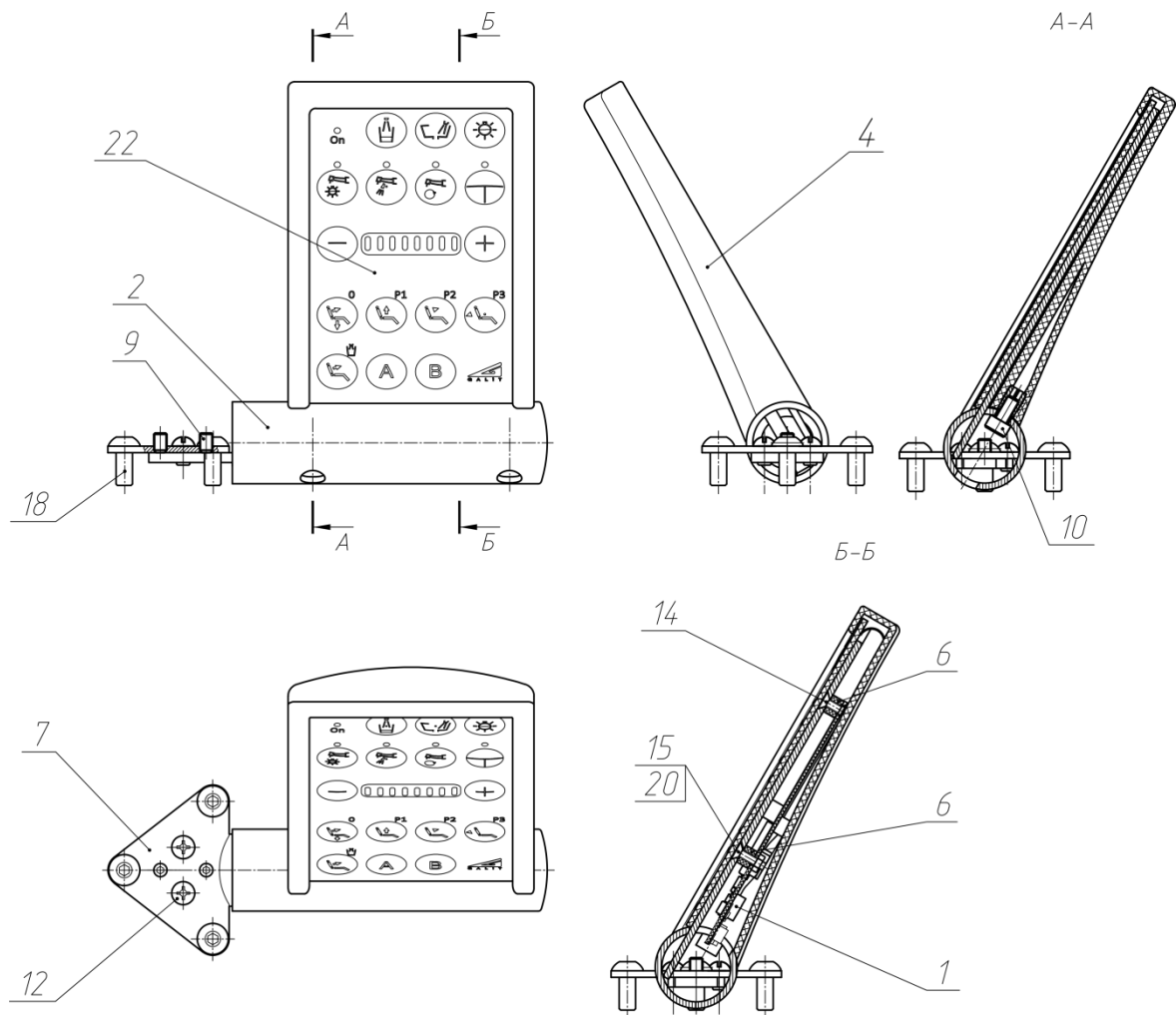


Рисунок 2.7 – Компоненти блоку пульта керування стоматологічною установкою

Блок пульта керування стоматологічною установкою побудовано таким чином, щоб забезпечити зручність при монтажі та збірці. Базовим елементом, відносно якого проводиться монтаж пульта, є кронштейн 2. До кронштейна 2



кріпиться плата пульта 1. Плата пульта 1 кріпиться до металевої поверхні кронштейна із використанням пластикових шайб з різьбою 6. При цьому у верхній частині вузла використано лише гвинти з потайною головкою 14, які вкручуються через плату у пластикові шайби. Таким чином формується стійка, яка дозволяє уникнути контакту плати пульта 1 з металевою частиною кронштейна 2. У нижній частині вузла використано гвинти з потайною головкою 15, які мають більшу довжину. Це зроблено для того, щоб зафіксувати плату у вузлі із використанням гайки 20.

Після монтажу плати 1 необхідно провести монтаж мембранного пульта 22. Він має клейову основу, тому безпосередньо приклеюється до поверхні кронштейна 2. Після завершення монтажу необхідно провести під'єднання пульта до плати 1.

Наступним етапом є встановлення кришки 4. Вона спроектована таким чином, що пази заходять безпосередньо на поверхню кронштейна 2, яка призначена для поклейки мембранного пульта 22. Далі кришка фіксується до кронштейна із використанням гвинтів з циліндричною головкою під шестигранний ключ 10.

Оскільки блок пульта керування стоматологічною установкою кріпиться до блоку лікаря, то для забезпечення надійності кріплення, а також його вирівнювання у вертикальній площині передбачено пластину 7. Вона кріпиться до кронштейна 2 із використанням двох гвинтів з напівкруглою головкою 12. Для регулювання вертикальності вузла використано гвинт установочний з внутрішнім шестигранником 9. Безпосередньо для фіксації блоку пульта керування стоматологічною установкою до блоку лікаря використано три гвинти з напівкруглою головкою під шестигранний ключ 18.

При монтажі вузла пульта керування стоматологічною установкою потрібно виконати наступну послідовність дій:

- прикрутити пластину 7 до кронштейна 2 із використанням двох гвинтів з напівкруглою головкою 12;
- вкрутити два гвинти установочних з внутрішнім шестигранником 9 в пластину 7;

- прикрутити блок керування стоматологічною установкою до блоку лікаря із використанням трьох гвинтів з напівкруглою головкою під шестигранний ключ 18;
- протягнути кабель для електричного з'єднання плати пульта з іншими вузлами стоматологічної установки;
- відпустити два гвинти з напівкруглою головкою 12;
- вирівняти вертикальність вузла із використанням гвинтів установочний з внутрішнім шестигранником 9. Для вирівнювання горизонтальності вузла пульта керування стоматологічною установкою використати водяний рівень;
- дотягнути два гвинти з напівкруглою головкою 12.

Після завершення монтажу важливо провести контроль якості вузла, шляхом перевірки його зовнішнього вигляду та функціонування в комплексі з іншими вузлами стоматологічної установки.

Вдала компоновка блоку пульта керування стоматологічною установкою покращує його продуктивність, надійність та ергономіку. Це, у свою чергу, є однією із ознак функціонального обладнання високої якості.

## 2.5 Висновок до розділу 2

У розділі 2 проведено побудову структурної та функціональної схеми блоку пульта керування стоматологічною установкою. Проаналізовано конструкцію блоку пульта керування стоматологічною установкою, а саме проведено аналіз компонентів вузла, їх взаємодії, функціональних вимог до вузла, властивості матеріалів, кріплення та з'єднання, а також аналіз безпеки та надійності. Розглянуто проектування елементів конструкції блоку пульта керування стоматологічною установкою – зварного вузла та кришки із використанням технології 3D друку. Проведено огляд компоновки та особливостей монтажу блоку пульта керування стоматологічною установкою.

### 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінки надійності роботи пристрою за характеристиками надійності його окремих вузлів

Від моніторингу рівня надійності як окремих вузлів стоматологічної установки, так і пристрою в цілому, залежатиме ефективність його експлуатації та обслуговування. Тому важливо покладатися на ефективну систему діагностування. Математичним апаратом розрахунку надійності в даному випадку є метод диференціальних рівнянь, який можна застосовувати лише для експоненційного закону розподілу напрацювання до відмови та часу відновлення, що в більшості випадків характерно для періоду життєвого циклу апаратури [29, 30].

Диференціальні рівняння складаються на основі наступних правил: взаємодію між компонентами пристрою відображаємо у логічній моделі у вигляді схеми станів, що представляє собою орієнтований граф, кожна вершина якого відповідає певному стану системи, а ребра - можливим напрямкам переходів із стану в стан. Як, наприклад, показано на рис.3.1, для випадку, коли у функціонуванні складових пристрою можна виділити три різні стани взаємодії (перемикання).

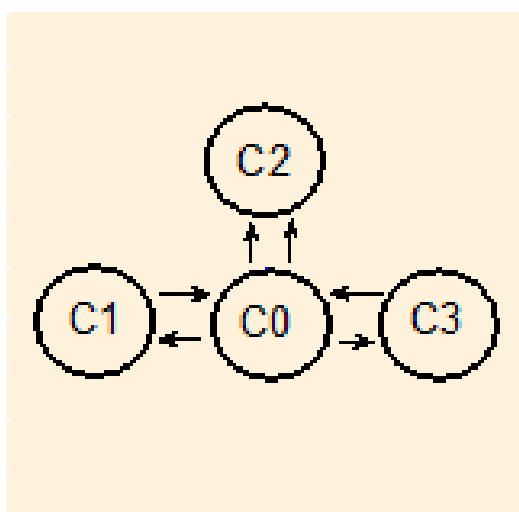


Рисунок 3.1 - Логічна схема взаємодій вузлів пристрою в процесі функціонування

Диференціальне рівняння формуємо за наступними правилами:

- в лівій частині кожного рівняння стоїть похідна по часу від ймовірності знаходження системи в  $j$ -му стані в момент часу  $t$ ;
- кількість доданків в правій частині дорівнює кількості зв'язків, що впливають на даний стан;
- кожний такий доданок рівний добутку інтенсивності переходу на ймовірність вихідного стану (того, з якого виходить стрілка у діаграмі зв'язків на рис. 3.1);
- знак добутку додатній, якщо стрілка входить в стан, що розглядається, і від'ємний, якщо виходить з нього;
- кількість рівнянь дорівнює кількості станів системи.

Диференціальне рівняння для довільної вершини логічної моделі, в яку пристрій може прийти із  $m$  вершин і із якої може пізніше переходити в одну із  $n$  вершин записується як:

$$\frac{dP_i(t)}{t} = \sum_{j=1}^m \Lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{z=1}^n \Lambda_{iz} \quad (3.1)$$

і доповнюється умовою:

$$\sum_{j=0}^m P_j(t) = 1 \quad (3.2)$$

де  $P_j(t)$  – ймовірність знаходження системи в  $j$ -му стані;  $(m+1)$  – кількість можливих станів системи.

В результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь отримаємо ймовірності знаходження пристрою в кожному із станів логічної схеми. Функція готовності, обчислюється як сума ймовірностей знаходження пристрою в усіх  $n$  роботоздатних станах:

$$K_{\Gamma}(t) = \sum_{j=1}^n P_j(t) \quad (3.3)$$

Функція простою визначається, як:

$$K_{\Pi}(t) = 1 - K_{\Gamma}(t). \quad (3.4)$$

Для знаходження коефіцієнта готовності або простою необхідно розглянути режим експлуатації при  $t \rightarrow \infty$ , в цьому випадку всі похідні будуть рівні нулю і система диференціальних рівнянь перетвориться в систему алгебраїчних рівнянь.

Так для пристрою, логічна схема спрацювання вузлів зображена на рис. 3.1, отримаємо:

$$\frac{dP_0}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_1}{dT} - m \frac{dP_2}{dt} - m \frac{dP_3}{dt} \quad (3.5)$$

$$\frac{dP_1}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_1}{dT} \quad (3.6)$$

$$\frac{dP_2}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_2}{dt} \quad (3.7)$$

$$\frac{dP_3}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_3}{dt} \quad (3.8)$$

Коефіцієнти безвідмовного напрацювання та інтенсивності відмови  $l$  і  $m$  в даній системі диференціальних рівнянь є величинами оберненими до середнього часу безвідмовної роботи роботи  $T_{v_{\text{сер}}}$  та середнього часу простою конкретної ланки  $T_{f_{\text{сер}}}$ :

$$l = \frac{1}{T_{v_{\text{сер}}}}, m = \frac{1}{T_{f_{\text{сер}}}} \quad (3.9)$$

Їх значення можемо оцінити у тестовому випробуванні за даними журналу спостережень.

На рис. 3.2 приведено динаміку зміни імовірності безвідмовного функціонування пристрою ( $P_0$ ), а на рис. 3.3 – зміни ймовірностей безвідмовного функціонування окремих вузлів ( $P_1, P_2, P_3$ ) в залежності від часу експлуатації за конкретних показників надійності і початкових станів підсистем [31, 32].

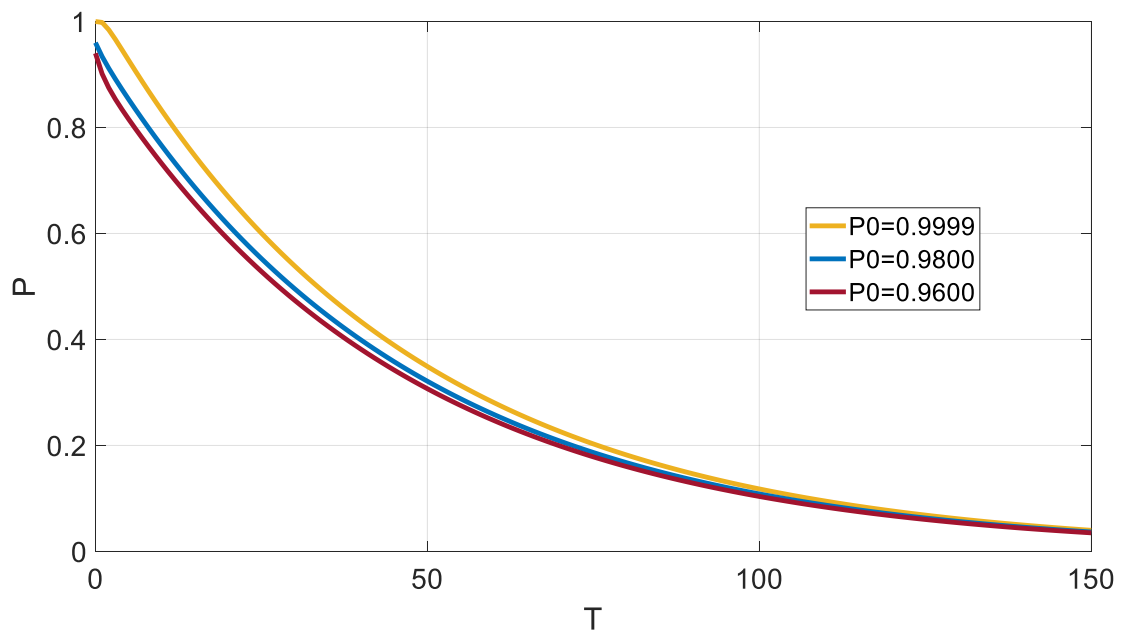


Рисунок 3.2 - Імовірності безвідмовної роботи пристрою за різних початкових оцінок  $P_{00}, P_{10}, P_{20}, P_{30}$

Програмне забезпечення для обчислення і візуалізації відносно  $P_0$  (розв'язування системи диференціальних рівнянь в середовищі MATLAB):

```
clear all
T=[0:1:150];
sys='Dp0=.0105*p0-.9895*p1-.9895*p2-.9895*p3,          Dp1=.0105*p0-.9895*p1,
Dp2=.0105*p0-.9895*p2, Dp3=.0105*p0-.9895*p3';
```

```
cnd={'p0(0)=.9999,p1(0)=.0002,                                p2(0)=.0005,
p3(0)=.0003','p0(0)=0.960,p1(0)=0.02,p2(0)=0.005,p3(0)=0.015','p0(0)=.9400,p1(0)=
.01, p2(0)=.02, p3(0)=.03'};
```

```
for k=1:3
```

```
[p0,p1,p2,p3]=dsolve(sys,char(cnd(k)))
```

```
P0=subs(p0,'t',0:1:150);
```

```
plot(T,P0),grid
```

```
hold on
```

```
end
```

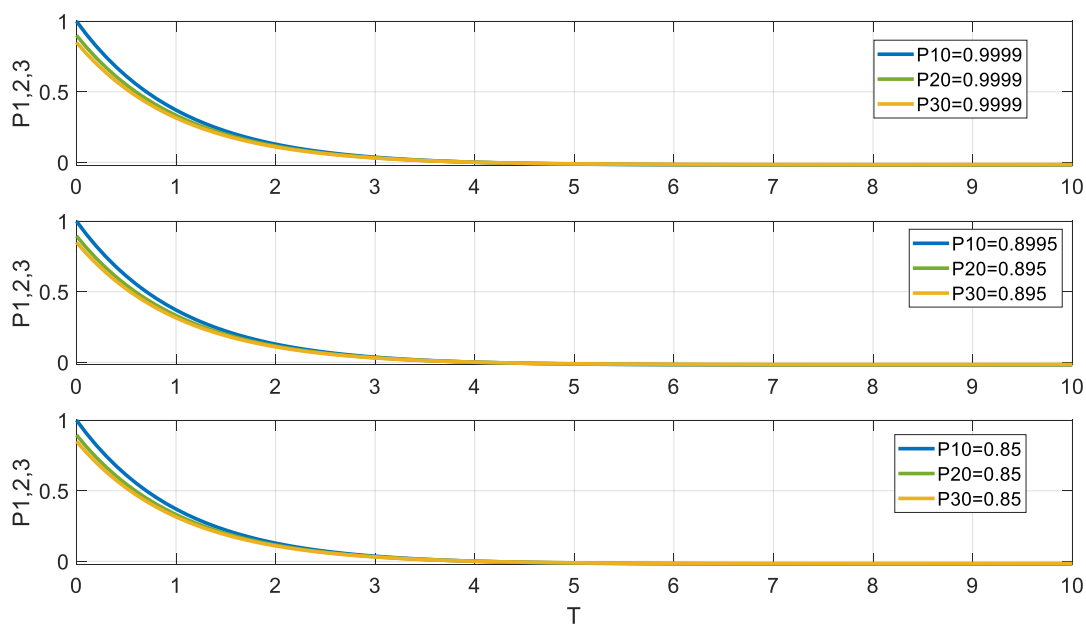


Рисунок 3.3 - Імовірності відмови в окремих вузлах за різних початкових оцінок P00, P10, P20, P30

Програмне забезпечення для обчислення і візуалізації відносно P1, P2, P3 (розв'язування системи диференційних рівнянь в середовищі MATLAB):

```
clear all
```

```
T=[0:.1:10];
```

```

sys='Dp0=.0105*p0-.9895*p1-.9895*p2-.9895*p3, Dp1=.0105*p0-.9895*p1,
Dp2=.0105*p0-.9895*p2, Dp3=.0105*p0-.9895*p3';
cnd={'p0(0)=.9999,p1(0)=.9999, p2(0)=.9999,
p3(0)=.9999','p0(0)=0.895,p1(0)=0.8995,p2(0)=0.895,p3(0)=0.895','p0(0)=.85,p1(0)=
.85, p2(0)=.85, p3(0)=.85'};

```

```

for k=1:3

```

```

[p0,p1,p2,p3]=dsolve(sys,char(cnd(k)))

```

```

%P0=subs(p0,'t',0:1:150);

```

```

P1=subs(p1,'t',0:.1:10)

```

```

P2=subs(p2,'t',0:.1:10);

```

```

P3=subs(p3,'t',0:.1:10);

```

```

subplot(3,1,1)

```

```

plot(T,P1),grid

```

```

hold on

```

```

subplot(3,1,2)

```

```

plot(T,P2),grid

```

```

hold on

```

```

subplot(3,1,3)

```

```

plot(T,P3),grid

```

```

hold on

```

```

end

```

```

grid

```

### 3.2 Висновок до розділу 3

У розділі 3 проведено побудову математичної моделі оцінки надійності роботи стоматологічної установки із врахуванням надійності окремих вузлів обладнання. Надійність стоматологічної установки передбачає оцінку сумарної надійності усіх вузлів у тому числі і блоку пульта керування функціями стоматологічної установки.



## 4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Постановка задачі

Пультот керування називають пристрій, на якому зосереджено устаткування для контролю над різними об'єктами і керування ними. Основне призначення пульта – перетворення команд керування, які вводить оператор, в електричний імпульс та передачу їх на керуючий пристрій.

Аналогова передача стану кнопок пульта керування стоматологічної установки до керуючої плати потребує використання значної кількості дротів (34 шт.), що ускладнює монтаж стоматологічної установки, оскільки дроти проходять через рухомі механічні вузли.

Метою розробки є створення схеми плати пульта керування стоматологічною установкою з CAN-інтерфейсом для забезпечення передачі даних по двопровідній шині, тобто спрощення конструкції шляхом зменшення кількості дротів.

Розроблювана схема має виконувати функції проміжної ланки між пультот керування стоматологічною установкою та керуючою платою.

Окрім того, для відображення стану кнопок пульта керування потрібно забезпечити роботу світлодіодної індикації стану кнопок відповідно до активних функцій плати керування.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики

<b>Параметр</b>	<b>Значення</b>
Напруга живлення	5V DC
Інтерфейс	CAN
Швидкість передачі даних	125 kbit/s
Частота передачі даних	100 мс
Індикація режимів роботи	LED

## 4.2 Опис електричної принципової схеми плати пульта керування стоматологічної установки

Схема електрична принципова є найбільш повним описом електричних взаємозв'язків плати пульта керування стоматологічною установкою. Основне призначення вказаної схеми – відображення всіх електричних елементів, які необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів.

Плата виконує такі основні функції:

- опрацювання стану кнопок пульта;
- індикація режимів роботи пульта;
- прийом передача даних між вузлами;
- індикація стану плати у системі стоматологічної установки [33, 34, 35].

В якості пульта керування стоматологічною установкою використано мембранний пульт, який містить 16 кнопок, 5 окремих світлодіодів та світлодіодну лінійку з 8 світлодіодів. Підключення пульта до плати керування забезпечено із використанням роз'ємів Х4, Х5 та Х6. При цьому вказані роз'єми забезпечують розділення функцій пульта в залежності від режимів роботи вузлів стоматологічної установки (див. Додаток).

Роз'єм Х4 – функції крісла, роз'єм Х5 – функції стоматологічних інструментів на блоці лікаря, роз'єм Х6 – світлодіодна лінійка та кнопки INC / DEC. Призначення вказаного блоку – відображення інтенсивності / потужності параметру в певних режимах функціонування стоматологічних інструментів (рис. 4.1, рис. 4.2 та рис. 4.3).

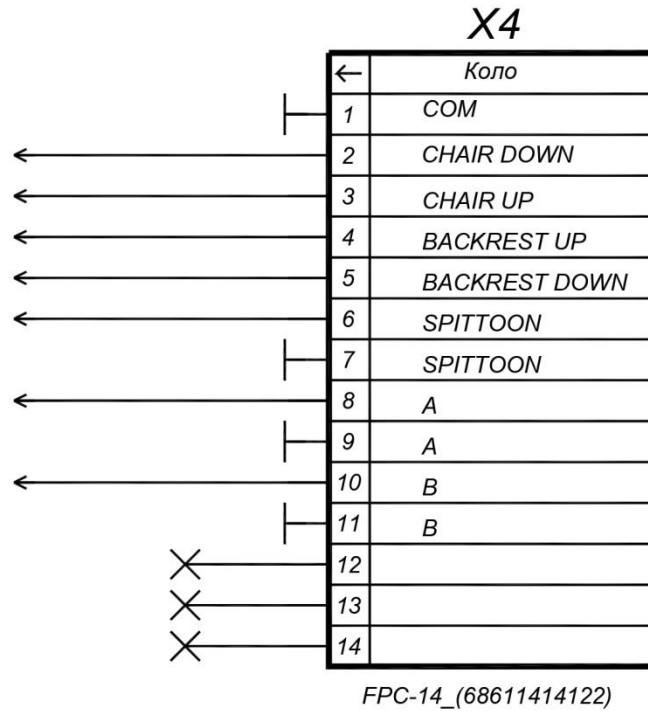


Рисунок 4.1 – Роз'єм для підключення функціональних кнопок для керування стоматологічним кріслом

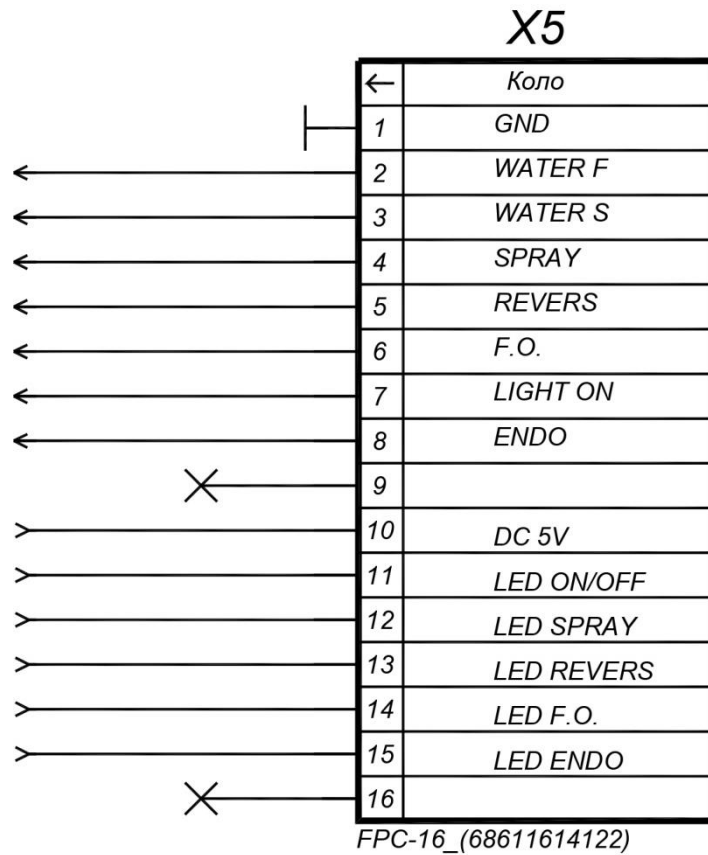


Рисунок 4.2 – Роз'єм для підключення функціональних кнопок для керування стоматологічними інструментами на блоці лікаря та відображення їх режимів роботи

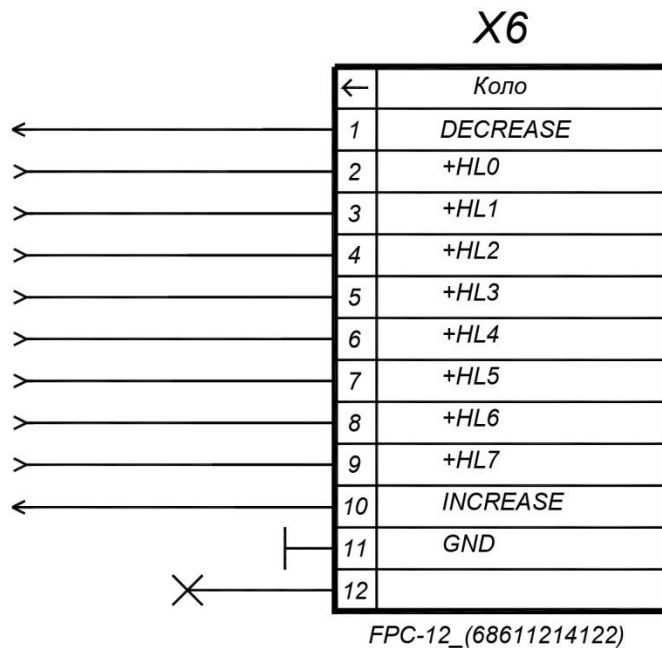


Рисунок 4.3 – Роз'єм для підключення функціональних кнопок INC / DEC та світлодіодної лінійки для відображення інтенсивності / потужності параметру в певних режимах функціонування стоматологічних інструментів

З роз'єму плати пульта керування стоматологічною установкою дані від кнопок (контакти замкнуті / контакти розімкнуті) через резисторні збірки R12.1..R12.4, R13.1...R13.4, R17.1...R17.4, R18.1...R18.4 та R31.1...R31.4-R34.1...R34.4 та конденсатори C14-C16, C18, C19, C22 та C25-C31 передаються на вхід мікроконтролера D4 (рис. 4.4).

Після опрацювання стану кнопок пульта керування стоматологічною установкою мікроконтролер D4 формує вихідні дані для відображення режимів роботи із використанням світлодіодів. Оскільки підключення світло діодів до входів мікроконтролера без використання додаткових компонентів може призвести до виходу з ладу окремих портів мікроконтролера, то для підключення світло діодів використано транзистори VT3-VT7 та відповідні резистори R19-R23, R28-R30, R35, R36 (рис. 4.5).

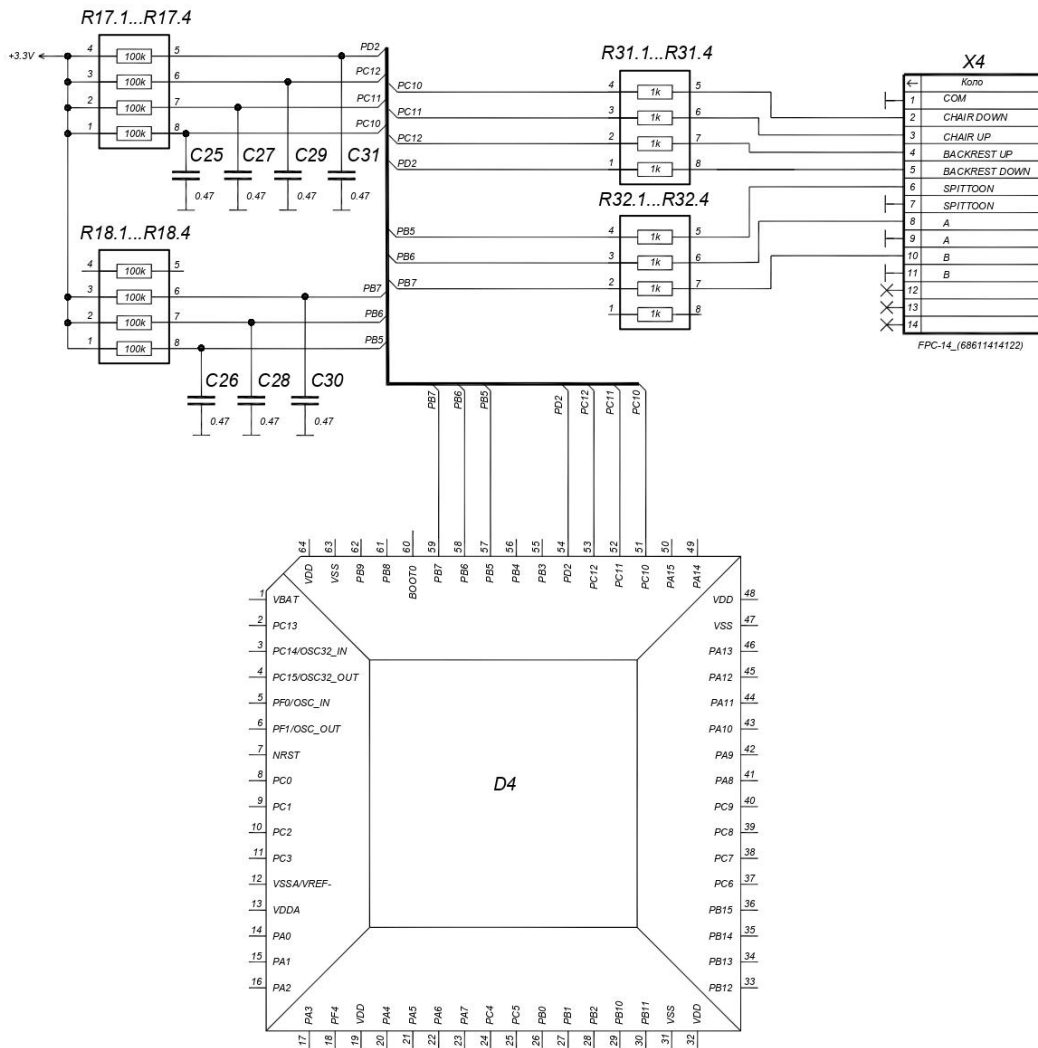


Рисунок 4.4 – Схема підключення кнопок пульта до входів мікроконтролера

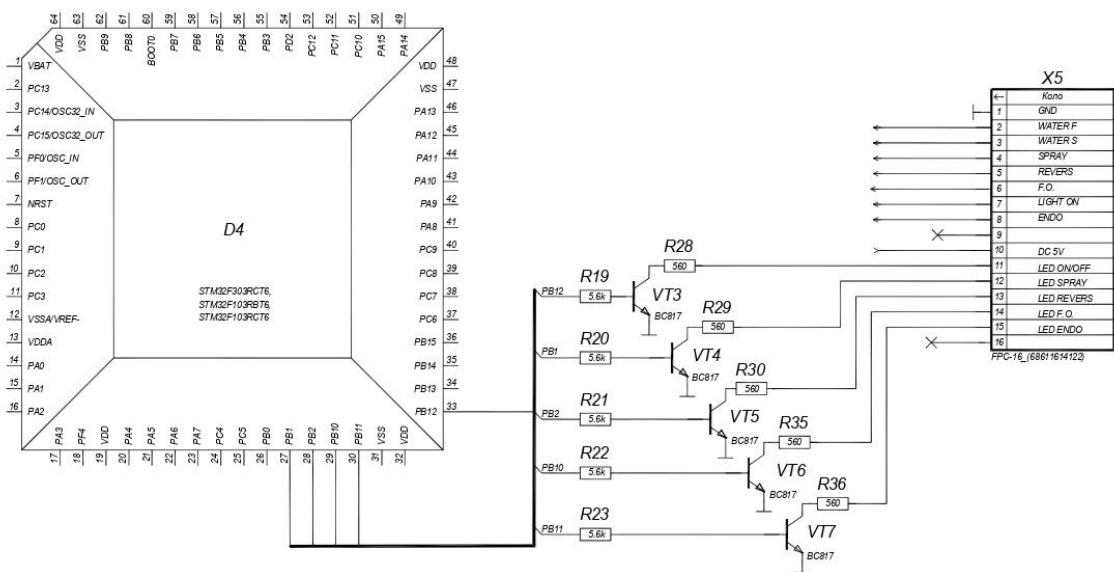


Рисунок 4.5 – Схема підключення світлодіодів пульта до входів мікроконтролера

Для того, щоб зменшити число виходів мікроконтролера для підключення світлодіодної лінійки використано регістр зсуву D7, який забезпечує керування світлодіодною лінійкою із використанням SPI-інтерфейсу. Мікросхема D7 потребує живлення +5В та амплітуда вхідного сигналу також складає +5В. Оскільки напруга на виході мікроконтролера +3,3В, то для узгодження сигналів по напрузі використано мікросхему D6. По живленню +3,3В та +5В встановлено конденсатори C32 та C33, які призначені для уникнення скачкоподібних змін напруги. Оскільки використання світлодіодної лінійки у деяких випадках не передбачено, то для забезпечення можливості оперативного відключення вказаного вузла передбачено резистори опором 0Ом R25-R27 (виходи мікроконтролера) та R24 (напруга +5В) (рис. 4.6). Кнопки INC/DEC, які призначені для керування світлодіодною лінійкою підключені аналогічно до інших кнопок пульта керування із використанням резисторів R14-R15, R39-R40 та конденсаторів C20-C21.

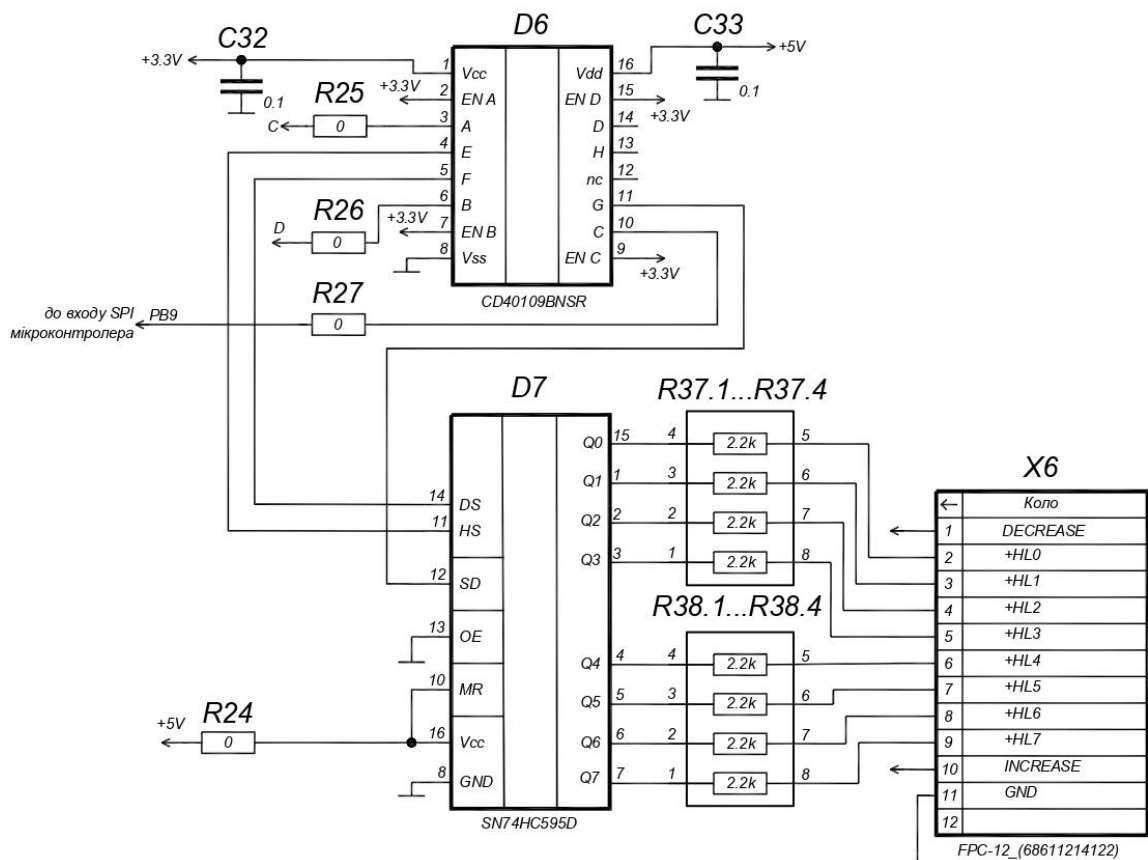


Рисунок 4.6 – Схема підключення світлодіодної лінійки пульта до виходу SPI мікроконтролера

Функцію обробки даних виконує мікроконтролер D4. Для забезпечення його функціонування потрібна напруга живлення +3,3В. Вхідна напруга +5В надходить на вхід плати через роз'єм X1. Індикацію наявності вхідної напруги забезпечує світлодіод HL3, який підключено до вхідної напруги +5В із використанням резистора R7 та стабілітрона VD1. Перетворення напруги +5В - +3,3В забезпечує мікросхема D1, вхід якої підключено через конденсатор C1, а вихідна напруга згладжується за рахунок конденсаторів C3, C4. По входу мікросхеми D1 передбачено самовідновлювальний запобіжник F1, який виконує функцію захисту плати у разі перенапруги (рис. 4.7).

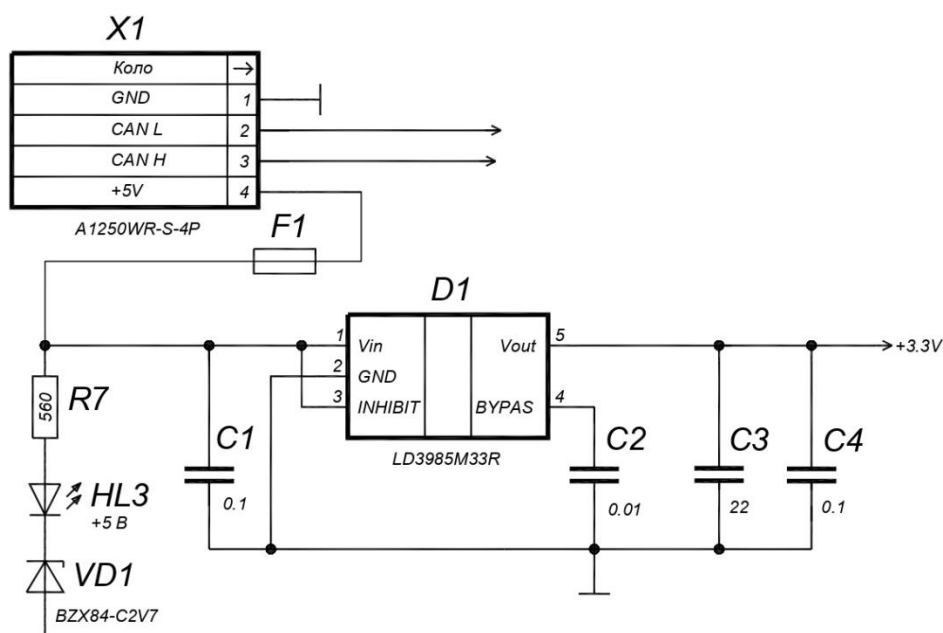


Рисунок 4.7 – Схема перетворювача напруги +5В / +3,3В та індикації напруги +5В на вході плати пульта керування стоматологічною установкою

Напруга +3,3В подається на вхід мікроконтролера через вхідні конденсатори C9, C10, C11, C17, C23, C24 та резистор R16. Дані елементи грають роль надійних якісних джерел гармонійних коливань. Стабільна робота мікроконтролера можлива завдяки використанню зовнішнього еталона частоти – кварцового генератора ZQ1. Багато сучасних мікроконтролерів мають вбудовані тактові генератори, які виконують всі необхідні функції без використання зовнішніх кварцових генераторів. Проте, оскільки для прийому-передачі даних використано CAN-інтерфейс, то використання зовнішнього

кварцового генератора служить для забезпечення стабільної роботи мікроконтролера. Важливе значення при роботі з кварцовим генератором має також підбір резисторів C5 та C6 (рис. 4.8).

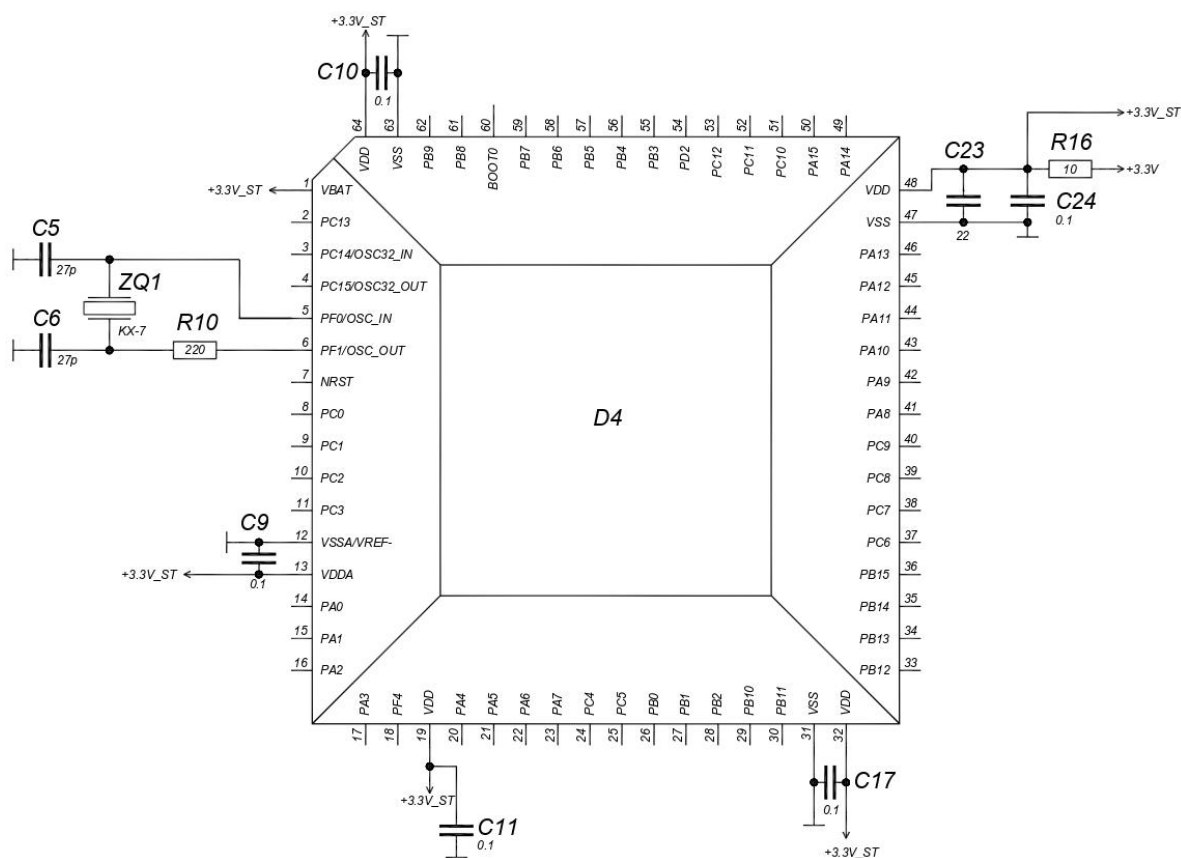


Рисунок 4.8 – Схема живлення мікроконтролера та підключення кварцового генератора

Обмін інформацією між окремими вузлами у стоматологічній установці відбувається із використанням CAN-інтерфейсу.

Controller Area Network, (CAN) (локальна мережа контролерів, він же CAN-Bus і CAN-інтерфейс) — стандарт, призначений для організації високонадійних та недорогих каналів зв'язку у розподілених системах керування [36].

CAN є послідовною шиною. Всі вузли всі можуть передавати дані і декілька вузлів одночасно можуть давати запит на шину. CAN-шина використовує для передачі даних двопровідну лінію. Для забезпечення завадостійкості для зв'язку між вузлами використовують екрановану виту пару.



Передача даних по CAN передбачає використання стандартних швидкостей передачі даних в залежності від довжини провідника між вузлами. У Таблиця 4.1 представлено основні швидкості передачі даних та максимальну довжину провідників, які можуть використовуватися для вказаних швидкостей передачі даних.

Таблиця 4.1 – Максимальна довжина мережі (ISO 11898)

Швидкість передачі даних, кбіт/с	Довжина мережі, м
1000 кбіт/с	40 м
500 кбіт/с	100 м
125 кбіт/с	500 м
10 кбіт/с	5000 м

У стоматологічній установці передбачено зв'язок між вузлами в мережі CAN на швидкості 125 кбіт/с.

Для зв'язку по шині CAN потрібні сумісні контролери та приймачі. Підключення двох мікроконтролерів до мережі CAN показано на Рисунку 4.9.

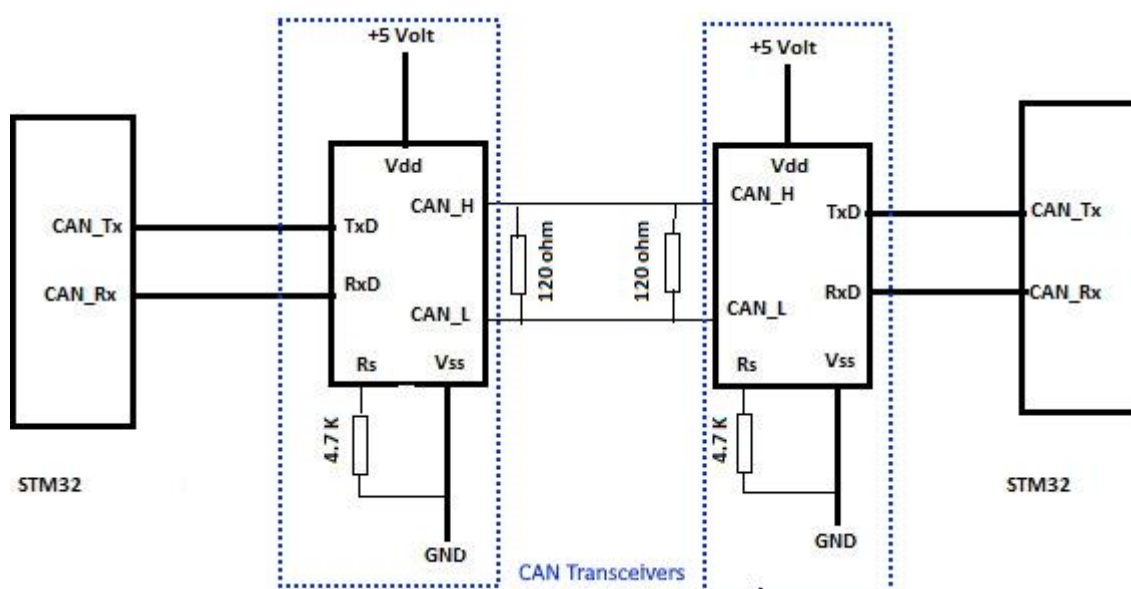


Рисунок 4.9 – Схема підключення двох пристроїв до мережі CAN

CAN-контролер має дві лінії CANH та CANL. За допомогою

диференціальної напруги ми визначимо, що передається по шині CAN – 0 чи 1. На Рисунку 4.10 показано процес формування логічних 1 та 0 в CAN-шині.

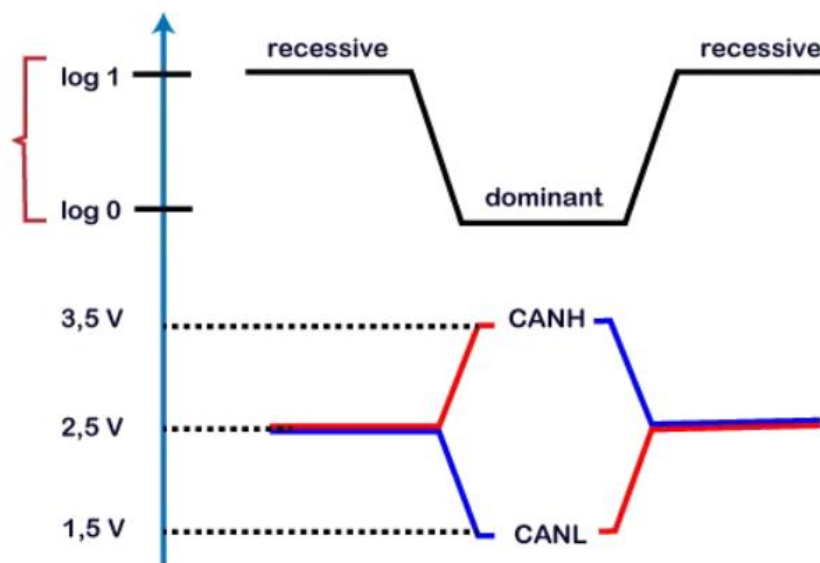


Рисунок 4.10 – Формування логічної 1 або 0 в мережі CAN

Нульова напруга на шині CAN зчитується приймачем CAN як рецесивний стан або логічна 1. Коли висока напруга на CAN піднімається до 3,5 В, а низька напруга CAN знижується до 1,5 В, тоді фактична диференціальна напруга шини складатиме 2 В. Приймач CAN обробляє його як домінуючий біт або логічний 0. При цьому передача даних по CAN відбувається із використанням стандартних правил [37]. На Рисунку 4.11 представлено стандартний кадр, який передається по CAN. Використання такого способу передачі даних дозволяє використовувати автоматичний арбітраж даних та уникати колізій.

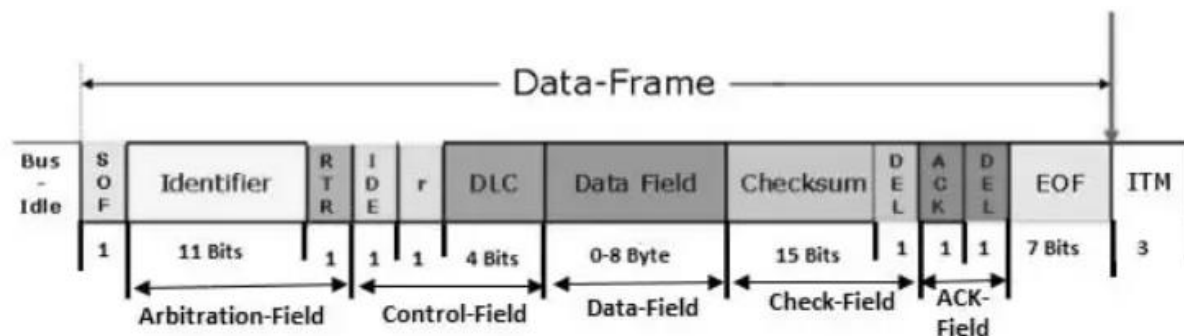


Рисунок 4.11 – Стандартний кадр CAN

Структура стандартного кадру CAN:

- Identifier – ідентифікатор пристрою, що передає дані;
- RTR – запит на віддалену передачу. Тип даних - дані є віддаленим кадром чи кадром даних;
- IDE – використано стандартний або розширений ідентифікатор;
- r – зарезервований біт;
- DLC – довжина даних в байтах;
- Data Field – поле даних, розмір поля даних до 8 байт;
- Checksum та DEL – CRC та розділювач;
- ACK та DEL – біт підтвердження та розділювач.

Для забезпечення функціонування CAN-інтерфейсу використано CAN-драйвер D3. Особливістю роботи з CAN-лінією є встановлення між CANH та CANL резистора R6 номіналом 120Ом. CAN-лінія підключена до плати пульта керування стоматологічною установкою через роз'єм X1. Оскільки вхідна напруга CAN-драйвера складає +5В, а CAN-контролера +3,3В, то для їх узгодження використано мікросхему D5. Для уникнення скачкоподібних змін напруги на входах мікросхем D3 та D5 використано конденсатори C7, C8 та C12. Для забезпечення можливості відключення CAN-драйвера від CAN-контролера передбачено резистори R8, R9 опором 0Ом (рис. 4.12).

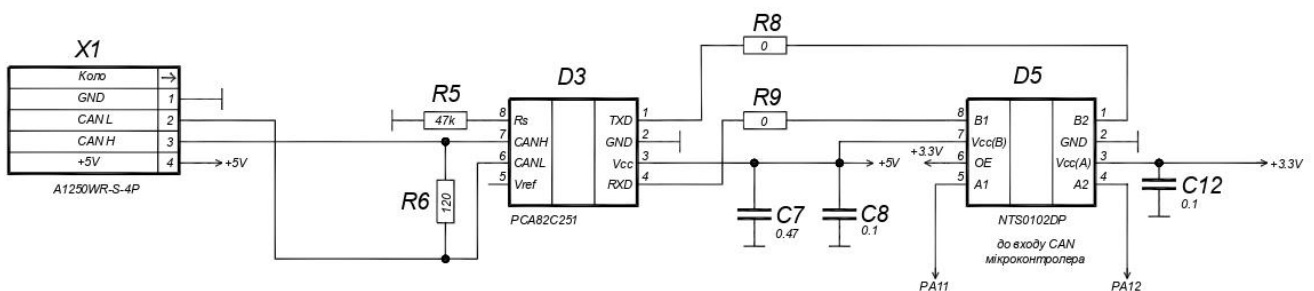


Рисунок 4.12 – Схема підключення CAN-драйвера до мікроконтролера

При роботі плати пульта керування стоматологічною установкою як одного із вузлів у системі стоматологічної установки, виникає необхідність індикації помилок. Для цього передбачено алгоритм роботи мікроконтролера, який у разі помилки подає сигнал на світлодіод HL2. Якщо система функціонує

нормально, то про це свідчить робота світлодіода HL1. Оскільки світлодіоди не можуть бути підключені напряму до входів мікроконтролера, то для забезпечення підключення використано транзистори VT1, VT2 та резистори R1-R4. Для програмування мікроконтролера передбачено роз'єм X2, який підключено до відповідних виходів мікроконтролера D4.

При ввімкненні живлення виконується ініціалізація портів мікроконтролера. Після закінчення 3с від початку роботи, мікроконтролер може виконувати всі основні функції, а саме опитування кнопок, робота з світлодіодами та робота з CAN-інтерфейсом. Опрацювання вхідних та формування вихідних даних здійснюється у послідовності, яка задана програмно. Опрацювання даних відбувається в режимі реального часу, завдяки високій швидкодії мікроконтролера.

#### 4.3 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази може проходити із помилками:

- грубі, які приводять до виходу з ладу при першому включенні;
- помилки, які знижують термін працездатності апаратури.

Грубі помилки приводять до збитків і затримки в налазді апаратури, але вони не є небезпечними, тому що вони є добре помітні. Помилки, які знижують працездатність і надійність приладу є більш небезпечними, бо помічаються вже при експлуатації приладу, тому їх доцільно попередити ще при проектуванні приладу.

Для більшості компонентів електричних пристроїв завод задає граничні значення ( $I$ ,  $U$ ,  $f$ ,  $t$ ) і ці граничні значення, як правило встановлюються в залежності один від одного. Щоб підібрати елементи до схеми приладу потрібно знати параметри, характеристики, габаритні розміри і масу радіоелементів, а також спеціальні параметри, які відповідали б вимогам конкретного проектного приладу чи блоку.

Сучасні радіоелементи повинні відповідати таким вимогам:

- висока надійність;

- малі габаритні розміри і маса;
- малий струм споживання;
- тривалий час зберігати свої параметри;
- бути дешевими;
- піддаватися автоматизації під час монтажу.

Для плати пульта керування стоматологічною установкою було вибрано компоненти з врахуванням економічності, універсальності, мініатюризації та простоти [38, 39, 40].

Із великого ряду резисторів було вибрано резистори SMD-0603, оскільки вони за своїми параметрами (потужність розсіювання, габаритні розміри, напрацювання на відмову, робочій температурі) підходять найкраще. Розміри плати пульта керування стоматологічною установкою обмежені розмірами корпусу, тому компоненти мають мати мінімальні розміри з умовою, що це не буде впливати на роботу здатність плати. З цією метою використано резисторні збірки TC164, які містять у корпусі 4 резистори.

Резистори SMD-0603 та резисторні збірки TC164 – загального призначення, призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Основні технічні характеристики резисторів типу SMD-0603-0,063:

- номінальна потужність: 0,063 Вт;
- діапазон номінальних опорів: 0Ом – 10МОм;
- допустиме відхилення від номінального опору – 5%;
- діапазон робочих температур: від –55°C до +155°C.

Основні технічні характеристики резисторних збірок типу TC164:

- тип корпусу (4 резистори в корпусі) – 1206 (3,20мм x 1,60мм);
- номінальна потужність: 0,0625 Вт;
- діапазон номінальних опорів: 0Ом – 10МОм;
- допустиме відхилення від номінального опору – 5%;
- діапазон робочих температур: від –55°C до +155°C.

Із існуючої та доступної номенклатури конденсаторів мною було вибрано конденсатори типу SMD-1210 та SMD-0603, тому що вони за своїми

параметрами (допуск, температурний коефіцієнт ємності, габаритні розміри, напрацювання на відмову, робоча температура) найкраще підходять.

Конденсатори SMD-1210 – керамічні постійної ємності. Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Основні технічні характеристики конденсаторів типу SMD-1210:

- номінальна напруга: 25В;
- діапазон номінальних ємностей: 1мкФ – 22мкФ;
- група за температурним коефіцієнтом ємності: X7R;
- діапазон робочих температур: від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Конденсатори SMD-0603 – керамічні постійної ємності. Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Основні технічні характеристики конденсаторів типу SMD-0603:

- номінальна напруга: 50В;
- діапазон номінальних ємностей: 10пФ – 22мкФ;
- група за температурним коефіцієнтом ємності: X7R;
- діапазон робочих температур: від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Вибрані типи резисторів і конденсаторів володіють хорошими температурними і іншими параметрами, а також мають мінімальні розміри для забезпечення мінімізації розмірів плати пульта керування стоматологічною установкою. Враховуючи параметри вказаних компонентів, їх застосування є обґрунтованим.

В якості діодів було вибрано діоди BZX84-C2V7 “NXP”.

Діоди BZX84-C2V7 низьковольтні діоди, перевагою яких є малі габарити корпусу та можливість застосування автоматичної пайки.

Основні технічні характеристики діодів BZX84-C2V7:

- максимальна зворотна напруга – 0,9В;
- максимальний прямий струм – 200мА;
- діапазон робочих температур: від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ .

Вказані діоди забезпечують виконання покладених на них функцій із врахуванням мінімально допустимих параметрів.

Для відображення наявності напруги на платі пульта керування

стоматологічною установкою та для відображення статусу наявності прийому передачі даних використано світлодіоди KPTD "Kingbright". Для них характерна мала потужність споживання. Для плати пульта керування використано світлодіоди трьох кольорів – голубі, червоні та зелені.

Основні технічні характеристики світлодіодів:

- довжина хвилі світлодіода – червоний – 625нм;
- довжина хвилі світлодіода – синій – 465нм;
- довжина хвилі світлодіода – зелений – 525нм;
- кут по горизонталі - 120°;
- кут по вертикалі - 120°;
- діапазон робочих температур: від –40°C до +85°C.

Діоди VZX84-C2V7 низьковольтні діоди, перевагою яких є малі габарити корпусу та можливість застосування автоматичної пайки.

Основні технічні характеристики діодів VZX84-C2V7:

- максимальна зворотна напруга – 0,9В;
- максимальний прямий струм – 200мА;
- діапазон робочих температур: від –55°C до +150°C.

Транзистор BC817-40 “NXP” – транзистор n-p-n структури, біполярний, кремнієвий в пластмасовому корпусі призначений для використання в низькочастотних пристроях апаратури широкого застосування з малим рівнем шумів та іншій радіоелектронній апаратурі.

Основні технічні характеристики транзистора BC817-40:

- максимальна напруга колектор-база - 50В;
- максимальна напруга колектор-емітер - 45В;
- максимальна напруга база-емітер – 5В;
- максимальне підсилення постійного струму - 600;
- максимальний струм колектора – 1А;
- загальна розсіювана потужність – 0,25Вт.

В якості кварцового резонатора було вибрано кварц КХ-7Т 8МГц “GEYER”.

Кварцовий резонатор КХ-7Т 8МГц “GEYER”– складається з пластини

кварцу, яка має власну резонансну частоту коливань, яка дорівнює 8МГц.

Основні технічні характеристики кварцового резонатора КХ-7Т 8 МГц “GEYER”:

- допустиме відхилення частоти – 50ppm;
- ємність шунта – 12пФ;
- робоча температура -  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Для захисту від струму по входу плати встановлено вставку само відновлювальну FSMD020-1206 "Fuzetec Technology". Перевагою використання вказаної само відновлювальної вставки є можливість забезпечення захисту по струму при мінімальних розмірах вставки та можливість забезпечення автоматичної пайки, оскільки тип корпусу SMD-1206. Її основні технічні характеристики:

- струм утримання – 0,2А;
- струм відключення – 0,4А;
- номінальна напруга – 30В;
- типова потужність – 0,4Вт;
- час до відключення при струмі 8А – 0,1с;
- робоча температура -  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Наступними було вибрано мікросхеми CD40109BNSR, LD3985M33R, MCP130T-300I/TT, NTS0102DP, PCA82C251 та SN74HC595D.

Мікросхема CD40109BNSR – чотириканальний перемикач рівня напруги з низької до високої. Основне призначення узгодження виходу мікроконтролера з максимальною напругою +3,3В з регістром зсуву, напруга живлення якого +5В. Основні технічні характеристики мікросхеми:

- опорна напруга -  $-0,5\text{В}$  до  $+20\text{В}$ ;
- розсіювана потужність – 500мВт;
- робоча температура -  $-55^{\circ}\text{C}$  -  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Мікросхема LD3985M33R – регулятор напруги. Мале падіння напруги, малий струм спокою і низький рівень шуму роблять дану мікросхему придатною для малопотужних систем. Основні технічні характеристики мікросхеми LD3985M33R:



- вхідна напруга – 2,5В до 6В;
- гарантований вихідний струм – до 150мА;
- вихідна напруга – 3,3В;
- робоча температура - -40°C - +125°C.

Мікросхема MCP130T-300I/TT – формувач імпульсу скиду. Основні технічні характеристики мікросхеми MCP130T-300I/TT:

- тип виходу - RESET open drain;
- контрольована напруга – 3В;
- робоча напруга – 1В – 5,5В;
- струм спокою – 45мкА;
- робоча температура - -40°C - +85°C.

Мікросхема NTS0102DP - це 2-розрядний трансивер із подвійним живленням і автоматичним визначенням напрямку, який забезпечує двонаправлену трансляцію рівня напруги. Основні технічні характеристики мікросхеми NTS0102DP:

- діапазон напруг живлення -  $V_{CC(A)}$ : 1,65В до 3,6В;  $V_{CC(B)}$ : 2,3В до 5,5В;
- напруга на вході – до 5,5В;
- робоча температура - -40°C - +85°C.

Мікросхема PCA82C251 - інтерфейс між CAN-контролером і фізичною шиною. Пристрій забезпечує можливість диференціальної передачі на шину та можливість диференціального прийому на CAN-контролер. Основні характеристики PCA82C251:

- повністю сумісний зі стандартом «ISO 11898-24 V»;
- термічний захист;
- низький струм споживання в режимі очікування;
- знеструмлений вузол не порушує лінії;
- можна підключити до 110 вузлів;
- висока швидкість (до 1 Мбіт/с);
- висока стійкість до електромагнітних перешкод.

Мікросхема SN74HC595D – 8-бітний регістр зсуву. Основні технічні характеристики SN74HC595D:

- конфігурація - Serial-in, Parallel-out;
- біти – 8;
- напруга живлення (мінімальна) – 2В;
- напруга живлення (максимальна) – 6В;
- струм споживання (максимальний) – 160мкА;
- робоча температура - -55°C - +125°C.

Для плати пульта керування стоматологічною установкою передбачено 3 роз'єми для підключення пульта, роз'єм для підключення живлення та CAN-шини та роз'єм для програмування.

Оскільки пульт керування стоматологічною установкою має 16 кнопок, 5 окремих світлодіодів та світлодіодну лінійку з 8 світлодіодів, то для зменшення площі плати доцільним є використання роз'ємів для SMD монтажу з мінімальним кроком між ножками роз'єму. Такі вимоги задовольняють роз'єми FPC “Würth Electronic”. Основні технічні характеристики роз'ємів:

- номінальний струм – 1А;
- робоча напруга – 125В;
- гранична напруга (на протязі не більше 60с) – 500В;
- опір контактів – 20МОм;
- опір ізоляції – 100МОм.

Габаритні розміри роз'ємів в залежності від кількості контактів показано на Рисунку 4.13.

Для підключення живлення та CAN-шини використано роз'єм S4B-PH-K-S “JST Corporation”. Його основні технічні характеристики:

- номінальний струм – 2А;
- робоча напруга – 100В;
- робоча температура - -25°C - +85°C.

Для підключення програматора використано роз'єм S5B-ZR “JST Corporation”. Його основні технічні характеристики:

- номінальний струм – 1А;
- робоча напруга – 50В;
- робоча температура - -25°C - +85°C.

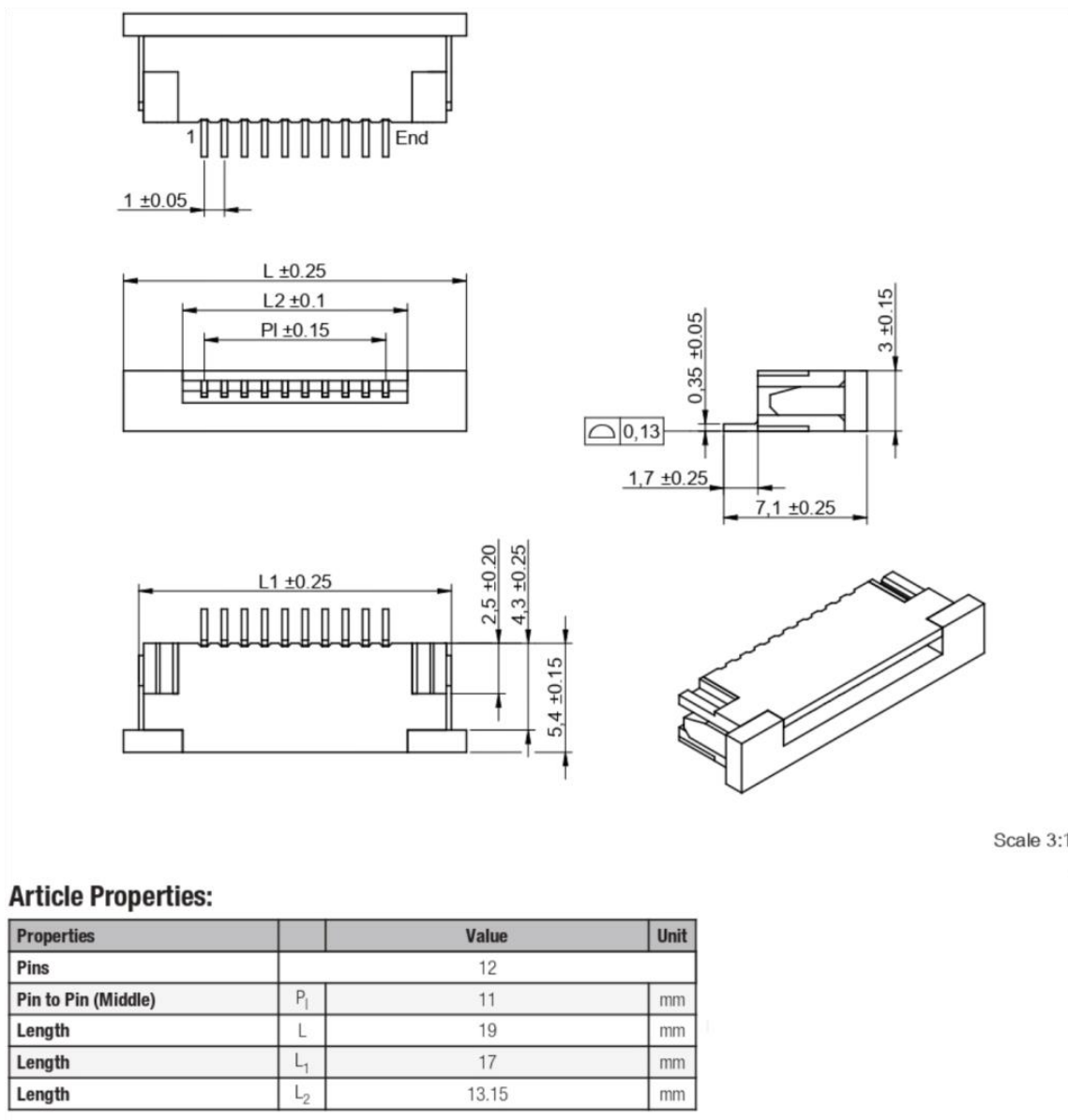


Рисунок 4.13 – Габаритні розміри роз’ємів FPC “Wurth Electronic”

Вибрані типи елементів володіють хорошими температурними та іншими показниками, тому їх застосування є обґрунтованим та доцільним при проектуванні плати пульта керування стоматологічною установкою.

#### 4.4 Вибір мікроконтролера

Реалізувати роботу плати пульта керування стоматологічною установкою доцільно із використанням мікроконтролера, оскільки окрім опитування кнопок та ввімкнення / вимкнення світлодіодів плата має здійснювати передачу даних із використанням CAN-шини. Основними перевагами систем із використання

мікроконтролерів є:

- можливість реалізації різних алгоритмів роботи без зміни апаратної частини;
- широкий частотний діапазон оброблюваних сигналів;
- зниження маси та габаритних розмірів плати;
- підвищення надійності плати;
- відсутність “плаваючих” параметрів елементів, що впливають на обчислення (дрейф параметрів).

Однак системи, які включають мікроконтролери мають і недоліки:

- необхідність використання блоків узгодження аналогових та цифрових пристроїв;
- поява затримки сигналів для виконавчих пристроїв за рахунок часу, затраченого на аналогово-цифрове перетворення і затримки обчислення за рахунок виконання алгоритмів;
- точність обмежується розрядністю представлених даних та розрядністю і швидкодією мікроконтролера;
- ускладнення друкованого монтажу на платах;
- вплив надійності та ефективності програмного забезпечення на надійність і якість роботи всієї системи.

Для забезпечення роботи плати пульта керування стоматологічною установкою важливою умовою є зв'язок з іншими вузлами стоматологічної установки із використанням CAN. У Таблиці 4.2 наведено порівняльні характеристики мікроконтролерів з інтегрованим CAN-контролером [41].

Із порівняльних даних для 3 мікроконтролерів різного виробництва, які містять CAN-контролер бачимо, що використання LPC2478FBD208 “NXP” є недоцільним. Це пов'язано з тим, що мікроконтролер виконано у корпусі, що містить 208 ніжок. Це ускладнює монтаж і значне число ніжок мікроконтролера не буде використано, а також площа плати буде збільшена за рахунок розміру корпусу мікроконтролера.

Таблиця 4.2 – Порівняння характеристик мікроконтролерів з інтегрованим CAN-контролером

Параметр	Мікроконтролер		
	STM32F303RCT6 “ST MICROELECTRONICS”	LPC2478FBD208 “NXP”	R7FA4M1AB3CFM#AA0 “Renesas Electronics”
Архітектура ядра	Cortex M4	ARM7TDMI	ARM Cortex M4
Тактова частота	72МГц	72МГц	48МГц
Пам'ять програм	256kB	512kB	256kB
Пам'ять RAM / SRAM	40kB	98kB	32kB
Таймери	13	5	10
Порти вводу/виводу	52	168	52
UART	5	4	4
SPI	3	1	2
I2C	2	3	2
CAN	1	2	1
USB	1	1	1
Ethernet	-	1	-
ADC	10/10/8/6bit	10bit	14bit
DAC	12bit	10bit	12bit
Напруга живлення	2,0В-3,6В	3,0В – 3,6В	1,6В – 5,5В
Тип корпусу	LQFP64	LQFP208	LQFP64
Орієнтовна ціна, грн.	695	285	245

Технічні характеристики мікроконтролерів STM32F303RCT6 “ST MICROELECTRONICS” та R7FA4M1AB3CFM#AA0 “Renesas Electronics” є приблизно однаковими. Мікроконтролер R7FA4M1AB3CFM#AA0 “Renesas Electronics” значно дешевший, проте STM32F303RCT6 “ST MICROELECTRONICS” має зручне середовище для конфігурації та відлагодки програми, що значно скорочує час роботи над програмним забезпеченням.

Оскільки для розробки плати пульта стоматологічною установкою важливе значення має доступність мікроконтролера на ринку, наявність програмних застосунків для розробки та відлагодки програмного забезпечення, а також наявність CAN-контролера, то для реалізації плати пульта керування стоматологічною установкою застосовано STM32F303RCT6 “ST MICROELECTRONICS”.

#### 4.5 Розробка компоновки та монтажу друкованої плати

Розглянемо детальніше конструктивні особливості плати пульта керування стоматологічною установкою. Проектована плата виготовляється з використанням технології поверхневого монтажу елементів (див. Рисунок 4.14) [42].

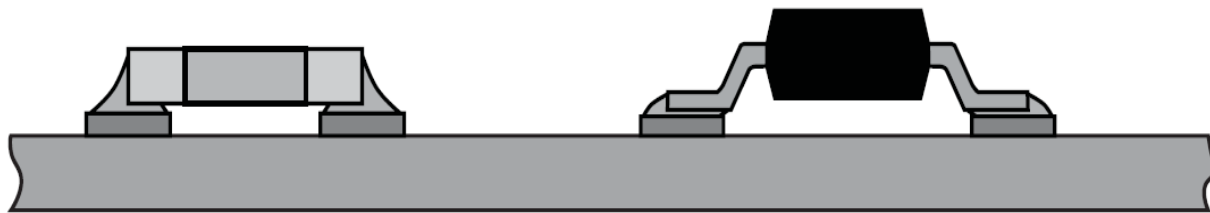


Рисунок 4.14 – Схеми установки і монтажу компонентів на друковану плату із використання технології поверхневого монтажу (SMT-монтаж)

З позицій розміщення компонентів і їх виводів на монтажній основі (друкованій платі) використовується Тип 2А – розміщення SMD-компонентів на двох сторонах плати (див. Рисунок 4.15).



Рисунок 4.15 – Компоновка типу 2А

Друкована плата – важлива частина плати пульта керування стоматологічною установкою. Для плати пульта керування стоматологічною установкою використано двосторонню плату. Матеріал, який використовується для виготовлення друкованої плати повинен володіти достатньою механічною міцністю та мати високі електроізолюючі властивості. Для виготовлення друкованих плат використовують фольгова ні діелектрики. Процес проектування друкованої плати має наступні етапи:

- 1) формування технічного завдання щодо функцій плати, у тому числі

визначення допустимих габаритних розмірів та конфігурації друкованої плати;

2) вибір кількості шарів, вибір матеріалу (фольгований склотекстоліт товщиною 1,55мм);

3) підготовка бібліотеки компонентів в Altium Designer (схемне позначення та складальне креслення);

4) розстановка радіоелементів у наступній послідовності – габаритні радіоелементи (мікроконтролер, роз’єми, мікросхеми, тощо), інші радіоелементи. Спочатку розміщення радіоелементів проведено на верхньому шарі “TOP”, далі на нижньому шарі;

5) автоматичне трасування струмопровідних доріжок із використанням опису обмежень і правил трасування, властивостей ланцюгів;

6) розведення пріоритетних ланцюгів;

7) розведення інших частин схеми;

8) корегування розміщення струмопровідних доріжок у разі виявлення недоліків автоматичного трасування;

9) підготовка шару шовкографії;

10) перевірка проекту;

11) розробка складального креслення плат і Gerber-файлів (за потреби).

Основним елементом плати пульта керування стоматологічною установкою є друкована плата, на якій розміщені провідники, перехідні отвори та контактні площадки. У якості провідного шару використано мідь, оскільки вона володіє високою адгезією з ізолюючим матеріалом та потрібними провідними властивостями [43, 44].

Друковані плати сучасного типу можуть бути виготовлені за однією з двох технологій - адитивним або субтрактивним способом. Адитивний метод – провідний малюнок на матеріалі формується за допомогою процедури хімічного міднення із нанесення на матеріал спеціальної захисної маски. Субтрактивний метод – провідний малюнок формується на фольгованому матеріалі шляхом ліквідації непотрібних ділянок.

Процес виготовлення друкованих плат складається з таких етапів:

- виробництво заготовки плати;

- обробка заготовки;
- формування струмопровідних доріжок;
- сверловка отворів;
- проведення планового електроконтролю.

Для монтажу радіоелектронних компонентів застосовано технологію поверхневого монтажу з використанням паяння оплавленням [42, 45]. Такий тип монтажу не потребує спеціальної підготовки компонентів перед встановленням. Після розпакування та очищення плати виконується така послідовність операцій:

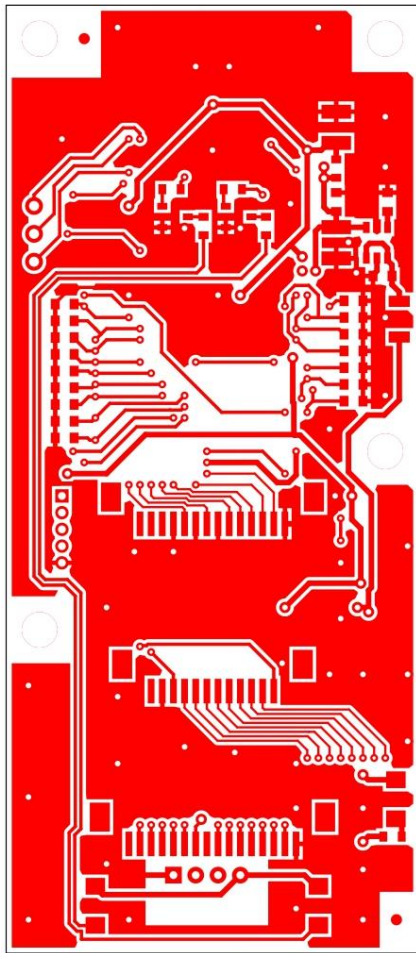
1. Нанесення паяльної пасти. Паяльна паста наноситься на контактні площадки із використанням металевого трафарету. При виконанні даної операції необхідно отримати відбитки, які містять певний об'єм пасти: нестача пасти може призвести до відсутності з'єднань, надлишок пасти – до формування перемичок.

2. Установлення компонентів. Установлення компонентів здійснюється на автоматах установки із стандартних упаковок, в яких компоненти постачаються заводом-виробником. При одиничному і дрібносерійного виробництві може застосовуватися ручне установлення за допомогою вакуумного пінцета або маніпулятора, а також автоматизоване установлення на напівавтоматі (маніпуляторі з покажчиком місця установлення компонента за програмою) [46].

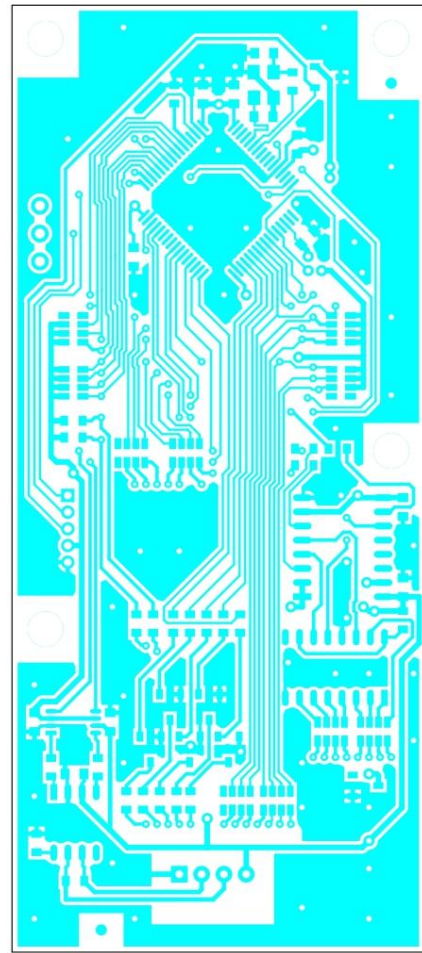
3. Паяння оплавленням. Процес оплавлення припою виконується в печах шляхом нагрівання друкованої плати з компонентами. Після операції паяння плата може піддаватися відмиванню і сушінню, що пов'язано із типом і властивостями паяльної пасти [47].

Трасування друкованої плати здійснювалося вручну для забезпечення оптимальних позицій для розташування елементів та мінімізації відстані між провідниками. Трасування плати проводилося в декілька ітерацій. Остаточний результат проведеного трасування для верхнього та нижнього шарів плати показано на Рисунку 4.16 а) та Рисунку 4.16 б).





а)



б)

Рисунок 4.16 – Розводка плати друкованої плати пульта керування стоматологічною установкою: а) верхній шар “Top Layer”; б) нижній шар “Bottom Layer”

Використана елементна база наведена в додатках – в специфікації [48]. Вона включає в себе 33 неелектролітичних конденсаторів з двома типорозмірами корпусу - 1210 та 0603, 30 резисторів, які мають однаковий типорозмір корпусу 0630 та 10 резисторних збірок у корпусі 1206, які можуть бути встановлені автоматизованим способом. Також плата включає 7 мікросхем: LD3985M33R – SOT23-5; MCP130T-300I/TT – SOT23-3; PCA82C251 – SO-8; STM32F303RCT6 – LQFP64; NTS0102DP – TSSOP-8; CD40109BNSR – SO-16 та SN74HC595D – SO-16. Плата пульта керування стоматологічною установкою також включає: 3 світлодіоди та одну вставку самовідновлювальну в корпусі 1206; 1 діод та 7 транзисторів в корпусі SOT23-3N. Кварцовий резонатор та роз’єми також призначені для SMD монтажу. Всі радіоелементи,

які використано в конструкції плати пульта керування стоматологічною установкою призначені для автоматичного монтажу.

Програма Altium Designer дозволяє створити 3D-зображення плати із встановленими компонентами на етапі проектування. Створення таких 3D-моделей дозволяє уникнути помилок конструювання корпусу для плати пульта керування стоматологічною установкою без проведення макетування плати. На Рисунку 4.17 наведено 3D-візуалізацію плати пульта керування стоматологічною установкою.

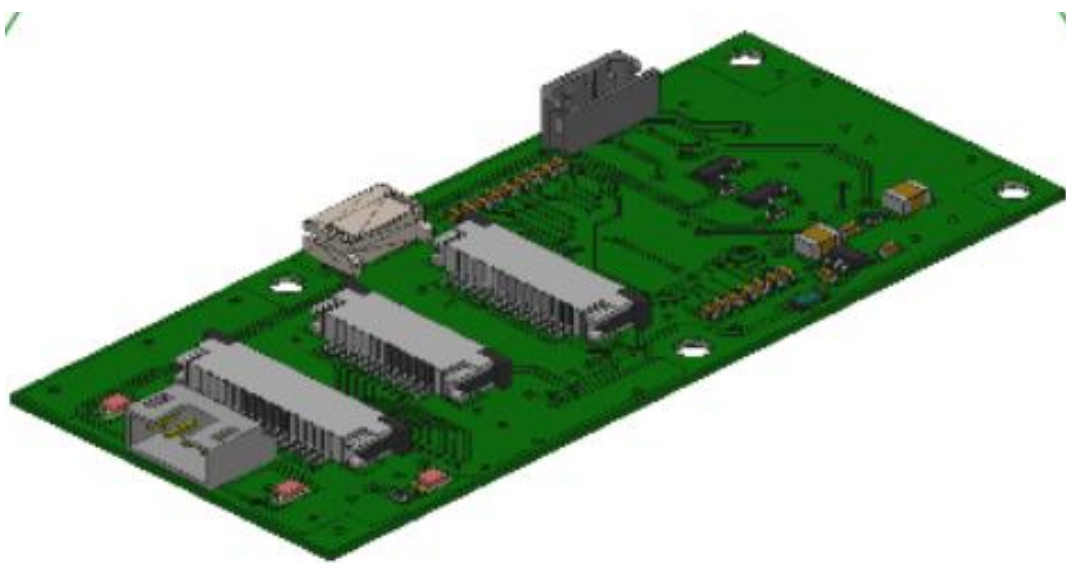


Рисунок 4.17 – 3D-зображення плати пульта керування стоматологічною установкою

#### 4.6 Розрахунок надійності та електромагнітна сумісність плати

Надійність виступає ключовим параметром у роботі кожного приладу, тому розрахунок надійності є важливим етапом конструювання плати. Вірогідність відмови елементів залежить від їх конструкції, якості виготовлення, умов експлуатації та коефіцієнта навантаження. Коефіцієнт навантаження – це відношення фактичного значення діючого фактора зовнішнього середовища до його номінального значення. Вплив на надійність зовнішніх факторів можна визначити за допомогою коефіцієнтів впливу  $a$ . Температурний коефіцієнт впливу  $a_t$  показує у скільки разів змінюється

інтенсивність відмов при зміні температури від номінального значення до наявного. Інтенсивність відмови елемента при температурі  $t$ :  $\lambda = a_t \times \lambda_0$ . Вихідні дані для розрахунку надійності плати приведено у вигляді Таблиця 4.3. Слід врахувати, що в даному розрахунку коефіцієнт атмосферного впливу, впливу вологості, температури та механічних впливів приймається за одиницю.

Таблиця 4.3 - Вихідні дані для розрахунку надійності

№ п/п	Назва групи елементів	$n$ , шт.	$\lambda_0 \times 10^{-6}$ , 1/год	$n \times \lambda_0 \times 10^{-6}$
1	Мікросхеми	7	0,03	0,21
2	Діоди	1	0,6	0,6
3	Світлодіоди	3	2,157	6,471
4	Конденсатор керамічний	33	0,05	1,65
5	Резистор постійний	40	0,05	2
6	Транзистор	7	0,4	2,8
7	Кварцовий резонатор	1	0,18	0,18
8	Вставка самовідновлювальна	1	0,5	0,5
9	Роз'єми	5	0,001	0,005
10	Друкована плата	1	0,1	0,1
11	Пайка	409	0,02	8,18

Розрахуємо інтенсивність відмов системи:

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \sum \lambda_0 \times n \\ &= 0,21 \times 10^{-6} + 0,6 \times 10^{-6} + 6,471 \times 10^{-6} + 1,65 \times 10^{-6} + 2 \\ &\quad \times 10^{-6} + 2,8 \times 10^{-6} + 0,18 \times 10^{-6} + 0,5 \times 10^{-6} + 0,005 \times 10^{-6} \\ &\quad + 0,1 \times 10^{-6} + 8,18 \times 10^{-6} = 22,696 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

Згідно розрахунків програми отримано інтенсивність відмови, що буде дорівнювати  $2,2696 \times 10^{-5}$  у відношенні до години.

Знаючи інтенсивність відмов, визначимо середнє напрацювання на відмову системи:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{2,2696 \times 10^{-5}} = 44061 \text{ год.}$$

Підрахуємо ймовірність безвідмовної роботи системи на протязі часу, що рівний 10год., 100год., 1000год., 10000год. та 100000 год. за формулою:

$$P_c(t) = \exp(-\lambda_c \times t_p)$$

Результати розрахунку наведено в Таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Ймовірність безвідмовної роботи в заданих часових моментах

№ п/п	$t_p, \text{год}$	$P_c(t)$
1	10	0,99977
2	100	0,99773
3	1000	0,97756
4	10000	0,79695
5	100000	0,10335

Враховуючи результати розрахунків, можна судити про достатньо високу надійність спроектованого виробу. Проте надійність апаратури залежить від правильного спостереження і дотримання заданих умов експлуатації; від своєчасного і якісного проведення профілактичного огляду і ремонту.

Електромагнітна сумісність – це здатність радіоелектронних засобів і випромінювальних пристроїв одночасно функціонувати з обумовленою якістю в реальних умовах експлуатації з урахуванням впливу радіозавод допустимого діапазону і не створювати радіозавод іншим радіоелектронним засобам.

Оскільки в блоці відсутні вузли та кола, які могли б створювати електромагнітні завади, а його елементна база є досить стійкою до зовнішніх впливів, тому розрахунки електромагнітної сумісності для плати пульта керування стоматологічною установкою не проводяться.

## 4.7 Алгоритм робот

### 4.7.1 Опис вхідних налаштувань мікроконтролера

Мікроконтролери STM32 є лідерами для використання у вбудованих системах. Цю перевагу вони отримали завдяки використанню 32-х бітного мікропроцесорного ядра ARM, що забезпечує високу швидкість обчислень та дає можливість використовувати велику кількість периферійних пристроїв для вирішення різних задач.

Для плати пульта керування стоматологічною установкою важливими блоками мікроконтролера, які використовуються при програмуванні є налаштування часових параметрів для роботи мікроконтролера та периферії, налаштування портів вводу / виводу інформації, налаштування SPI та налаштування CAN.

Базовим інструментом для створення коду ініціалізації для STM32 є STM32CubeMX. Дане середовище використовується для налаштування апаратних підключень та для створення коду, необхідного для налаштування ST HAL [49].

Після створення нового проекту із обраним мікроконтролером STM32F303 у вкладці Clock Configuration за допомогою інтерактивної функціональної схеми кіл осциляції, годинника реального часу, дільників та множників частоти проводимо налаштування тактових сигналів периферії. При цьому потрібно враховувати наявність зовнішнього кварцового генератора із частотою тактування 8МГц. На Рисунку 4.18 наведено налаштування тактових сигналів периферії для мікроконтролера STM32F303, який використано для розробки плати пульта керування стоматологічною установкою.

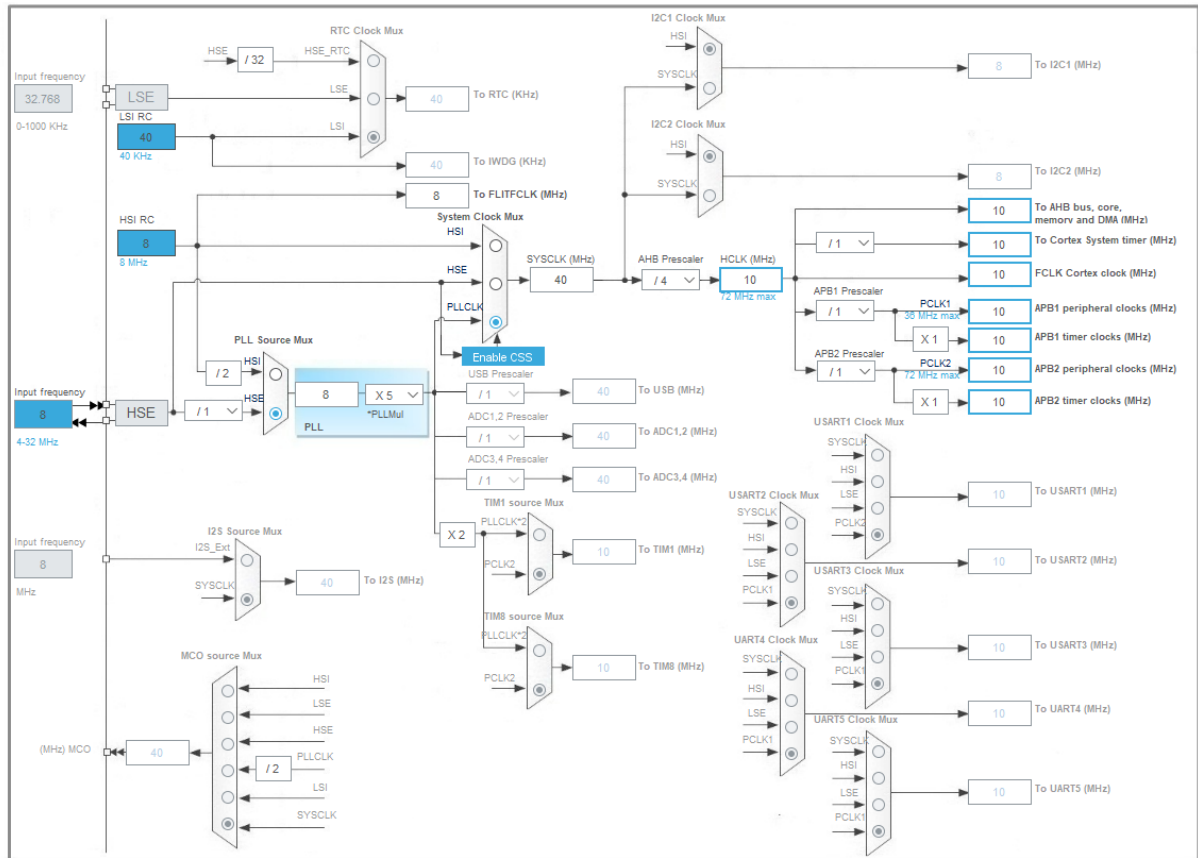


Рисунок 4.18 – Налаштування Clock Configuration із використанням середовища STM32CubeMX для мікроконтролера STM32F303

Наступним етапом при роботі з мікроконтролером є налаштування ніжок для роботи із потрібною для вирішення задачі периферією. Вказані налаштування проводяться у вкладці Pinout & Configuration середовища STM32CubeMX. Результати налаштування ніжок мікроконтролера представлено на Рисунку 4.19.

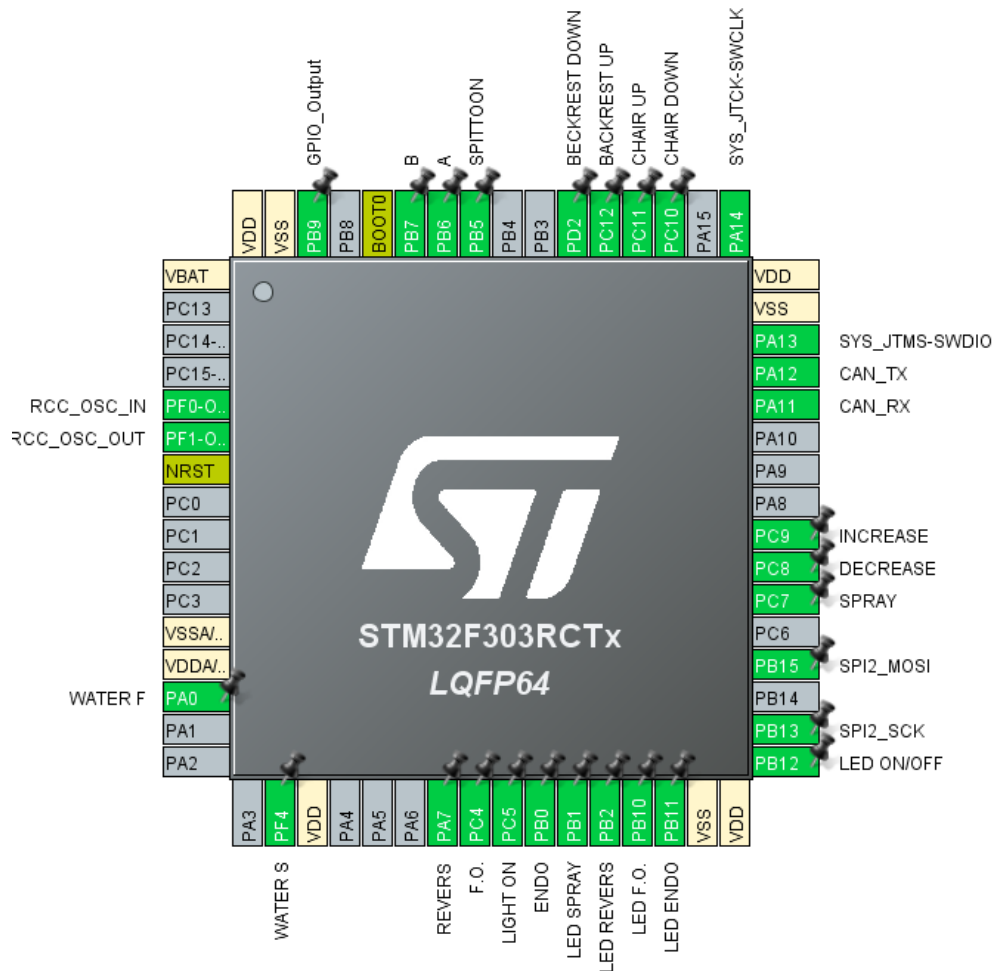


Рисунок 4.19 – Налаштування Pinout & Configuration із використанням середовища STM32CubeMX для мікроконтролера STM32F303

Слід зазначити, що на Рисунок 4.19 показано результати налаштування не тільки портів вводу/виводу, але і портів для програмування, SPI, CAN та зовнішнього кварцового генератора.

Для роботи плати пульта керування стоматологічною установкою як одного із вузлів стоматологічної установки, необхідно забезпечити роботу CAN із швидкістю 125кбіт/с. Вкладка налаштувань для CAN має вигляд, який показано на Рисунок 4.20.

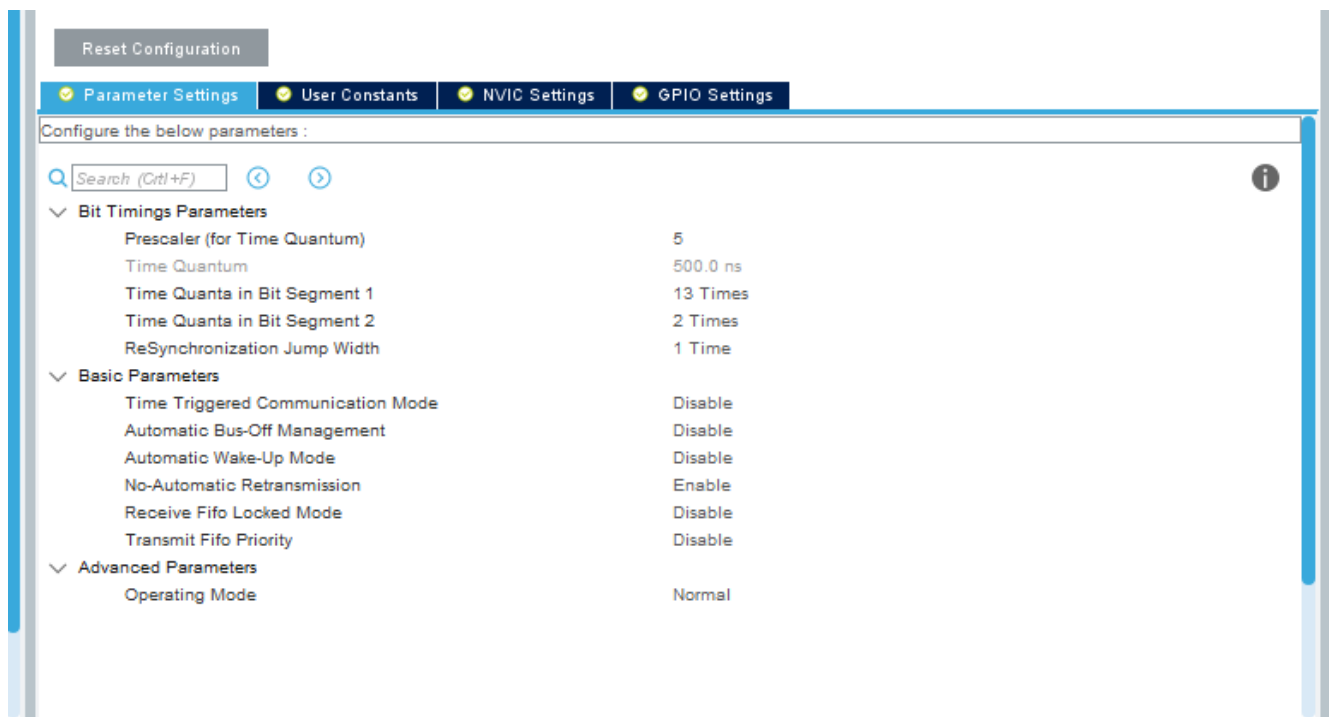


Рисунок 4.20 – Налаштування CAN із використанням середовища STM32CubeMX для мікроконтролера STM32F303

Важливими параметрами для CAN, які визначають швидкість передачі даних є Bit Timings Parameters. Синхронізація та таймінги в CAN – окреме, важливе та складне питання. Тому коротко розберемо як виглядає передача одного біта інформації під час передачі повідомлення по CAN-шині. На Рисунок 4.21 показано структуру біту для передачі даних по CAN.

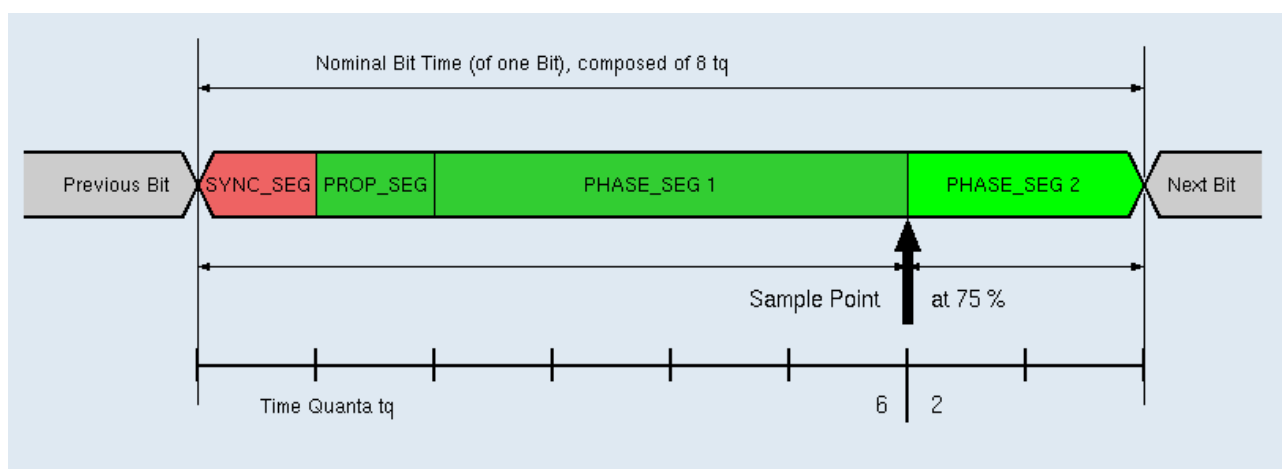


Рисунок 4.21 – Синхронізація байтів для CAN

Біт поділений на сегменти, кожен сегмент складається з квантів, у яких ви



налаштовуєте:

- Сегмент синхронізації (SYNC\_SEG) – по ньому йде синхронізація з шиною, для довгих шин із заваленими фронтами його роблять трохи ширше.
- Сегмент фази 1 (PHASE\_SEG 1) – це кванти, які апаратна частина вичікує, перш ніж зробити захоплення стану шини.
- Сегмент фази 2 (PHASE\_SEG 2) - це кванти, які пройдуть перш ніж розпочнеться прийом нового біта.

Сума цих квантів \* період кванта = періоду біта обраної швидкості.

PHASE\_SEG 1 і PHASE\_SEG 2 у різних вузлах мережі можуть бути різні, це залежить від частоти мікроконтролера, апаратними засобами може змінюватися на величину SJW.

Для плати пульта керування стоматологічною установкою налаштовуємо таймінги з огляду на те, що периферія налаштована на частоту 8MHz. За допомогою калькулятора таймінгів, вибираємо таймінги оптимальні під нашу шину та мікроконтролер.

За налаштування таймінгів при ініціалізації CAN з швидкістю передачі даних 125 кбіт/с відповідають чотири параметри, які наведено в Таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Налаштування таймінгів при ініціалізації CAN з швидкістю передачі даних 125 кбіт/с

Параметр	Пояснення	Значення для швидкості 125кбіт/с
<b>ReSynchronization Jump Width</b>	Визначає максимальну кількість квантів часу, на яку може бути збільшена або зменшена кількість квантів часу бітових сегментів.	1 Time
<b>Time Quanta in Bit Segment 1</b>	Визначає місце розташування точки захоплення (Sample Point). Він включає в себе Prop_Seg та PHASE_SEG1 стандарту CAN.	13 Times
<b>Time Quanta in Bit Segment 2</b>	Визначає місце розташування точки передачі. Він є PHASE_SEG2 стандарту CAN	2 Times
<b>Prescaler (for Time Quantum)</b>	Множник, значення якого розраховується розмір кванта часу. Розраховується, виходячи від частоти роботи периферії мікроконтролера.	5

Після завершення налаштувань проекту потрібно у вкладці Project Manager вказати назву проекту, шлях його зберігання, вибрати середовище

розробки, під яке буде згенеровано програмний код, та параметри налаштування програмних інструментів при генерації коду. Для написання програмного коду використовується середовище Keil uVision 5 MDK-ARM. Після генерування бібліотеки HAL налаштованими параметрами проект автоматично відкривається у Keil uVision 5 MDK-ARM [50, 51]. Подальша робота полягає у написанні програмного коду для забезпечення алгоритму роботи плати пульта керування стоматологічною установкою як одного із вузлів стоматологічної установки.

#### 4.7.2 Опис алгоритмів роботи окремих вузлів плати

Алгоритм – послідовність дій (команд), виконання яких призводить до очікуваного результату. Робота плати пульта базується на певній послідовності дій, які виконує мікроконтролер [52]. Основним режимом роботи плати пульта керування стоматологічною установкою є визначення поточного статусу кнопок пульта, відображення (за допомогою світлодіодів) стану режимів роботи стоматологічних інструментів та прийом-передача поточних даних до інших вузлів стоматологічної установки із використанням CAN-шини.

При старті роботи програми виконується ініціалізація периферії мікроконтролера, яка включає в себе ініціалізацію портів вводу/виводу інформації, SPI та CAN. В алгоритмі визначення статусу плати пульта керування стоматологічною установкою передбачено час ініціалізації, який становить 3с після ввімкнення живлення.

Після ініціалізації мікроконтролер виконує основний цикл операцій. Оскільки плата пульта керування стоматологічною установкою є лише одним із вузлів системи, то в процесі роботи відбувається зв'язок із двома основними платами – контролером блоку лікаря та контролером крісла.

Дані від контролера блоку лікаря на плату пульта надходять після ініціалізації і по події. Подією може слугувати зняття стоматологічного інструменту або зміна функцій стоматологічного інструменту (з пульта або з педалі). В залежності від обраного стоматологічного інструменту виконується одна із підпрограм плати пульта керування стоматологічною установкою. Наявність окремих підпрограм для кожного стоматологічного інструменту

зумовлена тим, що функції інструментів різні і тому не всі кнопки активні для даного інструменту або ж окремі кнопки виконують по кілька функцій лише для певного типу інструменту. Лістинг підпрограми для стоматологічного інструменту турбіна наведено у Додатках.

По прийому даних від контролера блоку лікаря плата пульта керування стоматологічним інструментом проводить первинну ініціалізацію світлодіодів та статусу кнопок для пульта (дані для інструменту на платі пульта не зберігаються). Після цього плата пульта переходить в режим обробки стану кнопок та передачі даних до інших вузлів стоматологічної установки. Дані при цьому пересилаються кожні 100мс незалежно від того чи відбулася подія (натискання кнопки). Такий режим роботи дозволяє уникнути колізій, які можливі за рахунок того, що плата пульта дані передала, однак їх не прийняв контролер блоку лікаря, а в цей час плата пульта прийняла попередні дані.

Окрім того, плата пульта керування стоматологічною установкою обмінюється даними з контролером крісла. Ввімкнення функції SPRAY при цьому можливе одночасно як і з пульта так і з педалі, яка підключена до контролера крісла. Тому плата пульта додатково аналізує стан кнопки SPRAY при отриманні даних від контролера крісла. Оскільки на пульті блоку лікаря є світлодіод, який призначений для індикації статусу вказаної кнопки, то для узгодження його роботи дані з контролера крісла опрацьовуються і після цього статус вказаної кнопки вже відправляється на контролер блоку лікаря. На Рисунку 4.22 показано алгоритм зміни стану кнопки без аналізу даних від контролера крісла. Такий режим роботи кнопки можливий за відсутності у системі контролера крісла.

Більшість стоматологічних установок містять вузол контролер крісла, тому вказаний алгоритм ускладнено для плати пульта за рахунок перевірки додаткових даних від контролера крісла. Блок-схема алгоритму, який враховує можливість зміни режиму роботи кнопки SPRAY з плати пульта керування стоматологічною установкою та з контролера крісла представлено у Додатках.

На Рисунку 4.23 показано послідовність обміну посилками між вузлами стоматологічної установки після ввімкнення живлення та для прикладу після

настання події – “Знято стоматологічний інструмент”.

Стоматологічна установка є складною системою, яка потребує узгодження даних для кількох вузлів, тому опис повного алгоритму роботи плати пульта керування є складним завданням. Представлені дані достатньо повно описують алгоритм роботи окремих блоків програми на прикладі обміну даними та алгоритму роботи кнопки SPRAY, що ілюструє загальні принципи написання програми для плати пульта керування стоматологічною установкою.

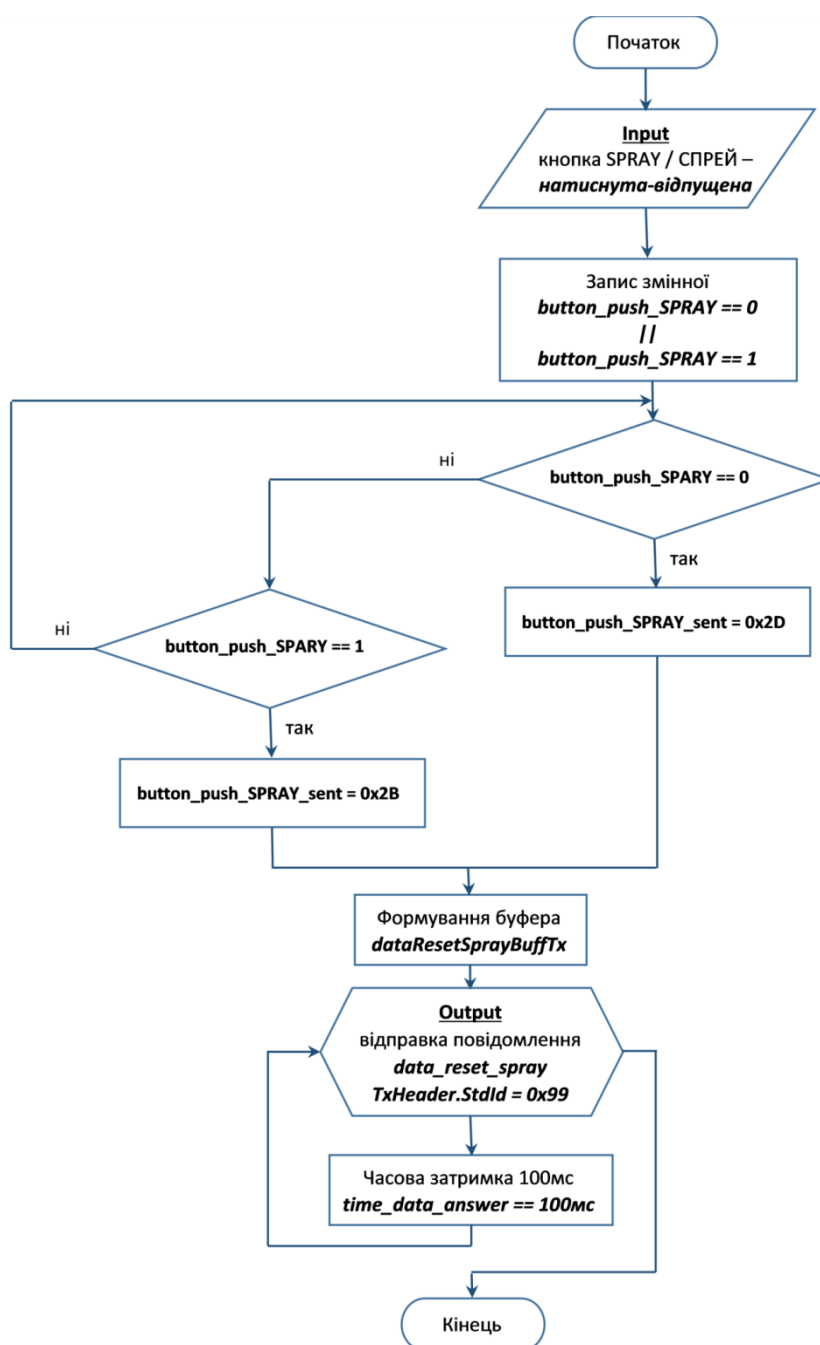


Рисунок 4.22 – Блок-схема алгоритму роботи кнопки SPRAY при відсутності контролера крісла

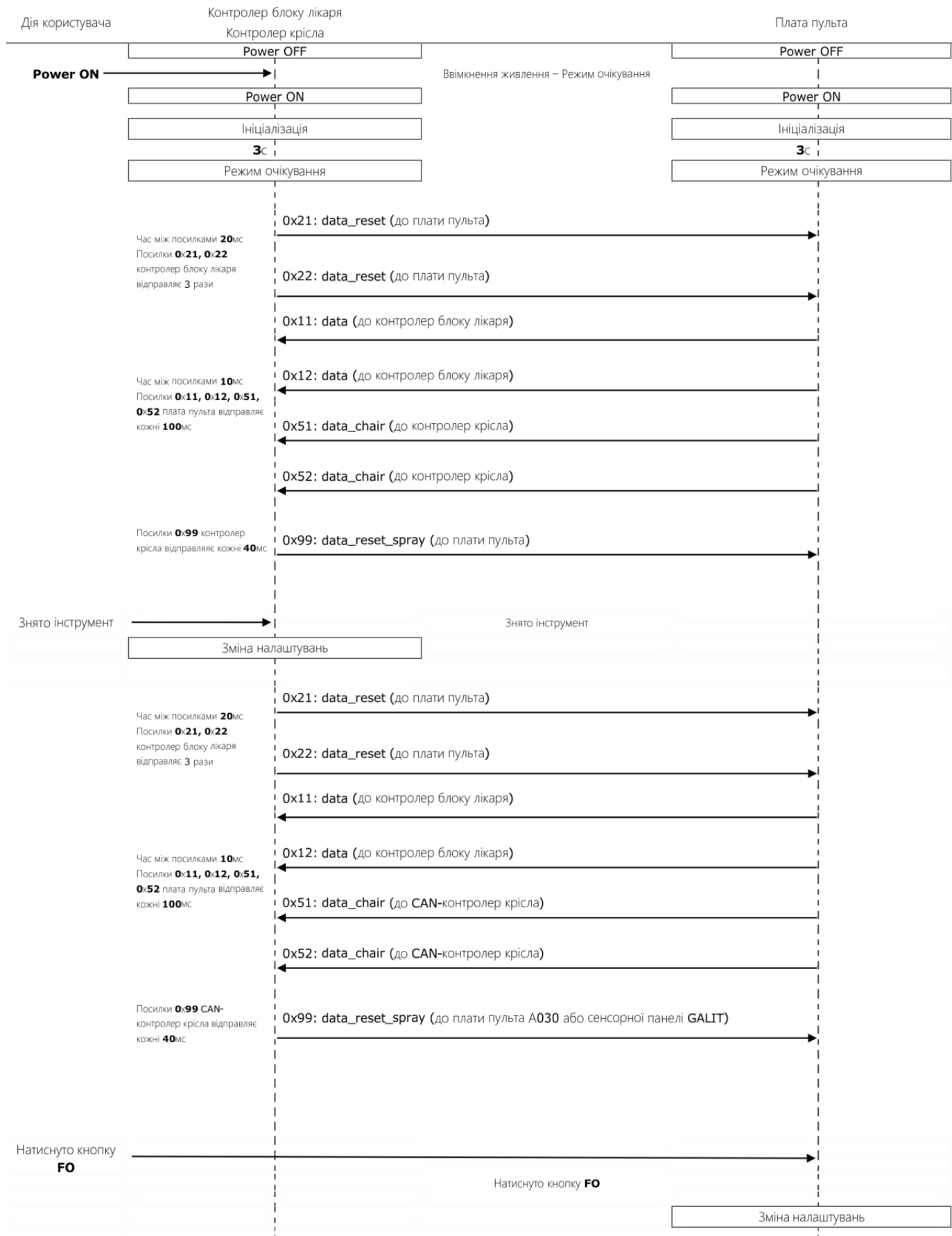


Рисунок 4.23 – Приклад послідовності обміну послілками між вузлами стоматологічної установки

### 4.7.3 Опис структури даних для передачі по CAN-шині

Протокол передачі даних — набір угод інтерфейсу логічного рівня, які визначають обмін даними між різними програмами. Для обміну даними між окремими вузлами стоматологічної установки використано протокол передачі даних, який не є стандартизованим, тобто він відповідає вимогам обміну даними у межах вузлів стоматологічної установки, проте не може бути використаним для підключення додаткових вузлів без опису протоколу. Використання такого типу протоколу дозволяє забезпечити гнучкість системи, але створює додаткові перешкоди для програмного продукту, який використовує стандартизовані протоколи передачі даних.

Формат повідомлень, які використано при обміні даними плати пульта керування стоматологічною установкою з контролером блоку лікаря та контролером крісла представлено у вигляді Таблиці 4.6. Параметри байтів повідомлень для частини посилки показано у Таблиці 4.7.

Таблиця 4.6 – Формат повідомлення

	Ідентифікатор повідомлення Message ID	Джерело	Отримувач	Зміст даних	Дані								Інтервал	
					0	1	2	3	4	5	6	7		
	HEX 0x00	Виріб	Виріб	-										-
(1.1)	0x11	Плата пульта	Контролер блоку лікаря	Поточний стан кнопок – в залежності від вибраного стоматологічного інструменту.	Start 0x16 Табл.4.3 (a)	IC 0x01 Табл.4. 3(b)	rpm / power 0x09, 0x01 ... 0x08	FO 0x27 or 0x21 or 0x2F Табл.4. 3(d)	SPRAY 0x26 or 0x22 or 0x25 or 0xDD Табл.4. 3(e)	REVER S 0x28 or 0x23 Табл.4. 3(f)	ENDO 0x29 or 0x24 or 0x34	Ncm in ENDO 0x10 ... 0x18	Кожні 100мс	
(1.2)	0x12	Плата пульта	Контролер блоку лікаря	Поточний стан кнопок – в залежності від вибраного стоматологічного інструменту.	-	rpm in ENDO 0x20 ... 0x28	-	SPRAY ADJ 0x01 or 0x02 or 0x04 or 0x08 or 0x10	FO ADJ 0x2F, 0x35 ... 0x3F, 0x2A ... 0x2E	CRC старш ий байт 0x00 ... 0xFF	CRC молод ший байт 0x00 ... 0xFF	Stop 0xFF Табл.4. 3(m)	Кожні 100мс	

Таблиця 4.7 – Параметри байтів повідомлень (для частини посилки)

	Назва	Значення HEX	Зміст коду
(a)	Start byte	0x16	Початок буферу. Ідентифікація структури буферів
(b)	Identification code (IC)	0x01	Ідентифікація буфера data
		0x02	Ідентифікація буфера data_reset
		0x03	
		0x04	
		0x05	
		0x06	
		0x07	
		0x08	
		0x09	
		0x99	Ідентифікація буфера data_reset_spray
(d)	FO / ПІДСВІТКА	0x27	FO/ПІДСВІТКА вимкнута OFF
		0x21	FO/ПІДСВІТКА ввімкнута ON <3,5с
		0x2F	FO/ПІДСВІТКА ввімкнута ON >3,5с
(e)	SPRAY / СПРЕЙ	0x26	SPRAY/СПРЕЙ вимкнута OFF
		0x22	SPRAY/СПРЕЙ ввімкнута ON <4с
		0x25	SPRAY/СПРЕЙ ввімкнута ON >4с
		0xDD	SPRAY/СПРЕЙ – перехід в режим скиду налаштувань до заводських
(f)	REVERS / РЕВЕРС	0x28	REVERS/РЕВЕРС вимкнута OFF
		0x23	REVERS/РЕВЕРС ввімкнута ON
(m)	Stop byte	0xFF	Кінець буферу. Ідентифікація структури буферів

У таблиці 4.8 представлено структуру посилки по CAN для наступного стану кнопок пульта: rpm / power – ON 4 градації з 8, FO - OFF, SPRAY – ON, REVERS – OFF, ENDO – OFF, Ncm in ENDO – OFF 2 поділки з 8, rpm in ENDO

– OFF 7 поділок з 8, BAR ADJ ON TURBINE - MAX PRESSURE 3,5Bar, SPRAY ADJ – OFF 25%, FO ADJ – OFF 2 поділки з 8.

Таблиця 4.8 – Приклад структури посилки

Плата пульта → Контролер блоку лікаря	Message ID	Data							
	0x11	0x16	0x01	0x04	0x27	0x22	0x28	0x29	0x12
Плата пульта → Контролер блоку лікаря	Message ID	Data							
	0x12	0x00	0x27	0x58	0x02	0x36	0xXX	0xXX	0xFF

Використання запропонованого протоколу передачі даних дозволяє здійснювати взаємодію вузлів стоматологічної установки між собою із використанням представлення інформації, яке є зрозумілим і пристрою-передавачеві, і пристрою-приймачеві. Тобто використання запропонованого протоколу дозволяє забезпечити вирішення завдання взаємозв'язку окремих вузлів стоматологічної установки з платою пульта керування стоматологічною установкою із використанням CAN-інтерфейсу.

#### 4.8 Висновки до розділу 4

Оскільки інформаційна система контролю і керування функціями стоматологічної установки є складною системою, одним із елементів якої є плата пульта керування стоматологічною установкою, то у розділі 4 розглянуто її розробку. Представлено схему електричну принципову плати, а також виконано конструювання, в якому проведено вибір елементної бази, вибір мікроконтролера. На етапі конструювання проведено розрахунок надійності та електромагнітної сумісності плати пульта керування стоматологічною установкою. Також у розділі 4 описано технологію виготовлення та монтажу плати пульта керування стоматологічною установкою. Проведено опис алгоритму роботи мікроконтролера. Розроблено комплект конструкторської документації, а саме: схему електричну принципову, перелік елементів, складальне креслення плати пульта керування стоматологічною установкою та специфікацію.



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Кольори, знаки безпеки та сигнальна розмітка на виробництві

Безпека виконуваних робіт суттєво залежить від дохідливості, швидкості та точності сприйняття зорової інформації. На цьому ґрунтується широке використання на підприємствах кольорів безпеки та знаків безпеки праці, які відіграють роль закодованого носія відповідної інформації. Кольори сигнальні та знаки безпеки регламентовані ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) [53].

Колір безпеки - установлений колір, призначений для привернення уваги працівника до окремих елементів виробничого обладнання і (або) будівельної конструкції, які можуть бути джерелами небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників, а також до засобів пожежогасіння і знаків безпеки. У нас, як і в багатьох країнах світу, прийняті наступні кольори безпеки: червоний, жовтий, зелений, синій. Для підсилення контрасту кольорів безпеки їх необхідно застосовувати на фоні контрастних кольорів. Контрастні кольори також слід використовувати для виконання символів і пояснювальних написів.

Червоний колір безпеки застосовується для позначення різних видів пожежної техніки, інструментів, інвентарю та протипожежних засобів, пристроїв вимкнення (у тому числі й аварійних), сигнальних лампочок. Крім того, ним фарбують місце, обладнання та прилади, де може виникнути вогнебезпечна чи аварійна ситуація.

Жовтий колір безпеки використовується для елементів виробничого обладнання, що можуть бути джерелами небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників; постійних та непостійних огорожень; елементів будівельних конструкцій, що можуть спричинити отримання травм; елементів внутрішньо- та міжцехового транспорту, підйимально-транспортного

обладнання і т. ін. Для більшої помітності застосовують чергування жовтих та чорних смуг.

Таблиця 5.1 - Основне змістове значення кольору безпеки та його контрастний колір

<b>№ з/п</b>	<b>Колір безпеки</b>	<b>Основне змістове значення кольору безпеки</b>	<b>Контрастний колір</b>
1.	Червоний	Заборона, безпосередня небезпека, пожежна техніка	Білий
2.	Жовтий	Попередження, можлива небезпека	Чорний
3.	Синій	Інформація, вказівні та приписувальні знаки	Білий
4.	Зелений	Безпека, евакуаційні знаки	Білий

Зелений колір безпеки використовується для світлових табло (напис білою фарбою на зеленому тлі) евакуаційних і запасних виходів, сигнальних лампочок, які сповіщають про нормальний режим роботи, а також для евакуаційних знаків (наприклад, "Виходити тут").

Синій колір безпеки застосовують для приписувальних і вказівних знаків.

Знаки безпеки праці поділяються на чотири групи:

- заборонні, які призначені для заборони працівникам певних дій у місці встановлення знака (заборона користуватись відкритим вогнем, курити, входити чи проходити, гасити водою, користуватись електронагрівальними приладами і т. ін.);

- попереджувальні, які призначені для попередження працівників про можливу небезпеку (електричний струм, легкозаймисту чи отруйну речовину, лазерне випромінювання, небезпеку вибуху тощо)

- приписувальні, які призначені для дозволу на виконання певних дій працюючих лише за умови виконання ними конкретних вимог (припису) безпеки праці (обов'язкове застосування засобів захисту, виконання заходів щодо забезпечення безпеки праці), вимог виробничої та пожежної безпеки;

- вказівні, які призначені для інформування про місце знаходження відповідних об'єктів та засобів (пункту медичної допомоги, пожежної охорони, питної води, вогнегасника, пожежного крану, пункту сповіщення про пожежу і т. ін.).

Знаки безпеки праці встановлюються в місцях, перебування в яких пов'язано із можливою дією на працівників небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників, а також на виробничому обладнанні, що є джерелом таких виробничих чинників. Вони повинні контрастно виділятися на тлі, що їх оточує, та знаходитися в полі зору людей, для яких вони призначені.

Сигнальна розмітка – кольорові графічні зображення з використанням контрастних і сигнальних кольорів, нанесених на поверхні, конструкції, стіни, перила, обладнання, машини, механізми (або їх елементи), стрічки, ланцюги, стовпчики, стійки, загороджувальні бар'єри, щити і т. п. з метою позначення небезпеки, а також для вказівки та інформації.

Сигнальну розмітку виконують у вигляді смуг, що чергуються червоного і білого, жовтого і чорного, зеленого і білого сигнальних і контрастних кольорів. Розмітка наноситься на поверхні будівельних конструкцій, елементів будівель, споруд, транспортних засобів, обладнання, машин, механізмів, а також поверхні виробів та предметів, призначених для забезпечення безпеки, у тому числі виробів із зовнішнім або внутрішнім електричним освітленням від автономних або аварійних джерел електропостачання.

Сигнальна розмітка, призначена для розміщення у виробничих умовах, що містять агресивні хімічні середовища, повинна витримувати вплив газоподібних, пароподібних і аерозольних хімічних середовищ.

Червоно-білу і жовто-чорну сигнальну розмітку слід застосовувати з метою позначення:

- небезпеки зіткнення з перешкодами, небезпеки посковзнутися і впасти;
- небезпеки опинитися в зоні можливого падіння вантажу, предметів, обвалення конструкції, її елементів і т.п.;
- небезпеки опинитися в зоні хімічного, бактеріологічного, радіаційного чи іншого забруднення території (ділянок);

- контрольно-пропускних пунктів небезпечних виробництв та інших місць, вхід на які заборонений для сторонніх осіб;
- місць ведення пожежонебезпечних, аварійних, аварійно-рятувальних, ремонтних, будівельних та інших спеціальних робіт;
- будівельних і архітектурних елементів (колон, кутів, виступів і т.п.), вузлів та елементів обладнання, машин, механізмів, арматури, що виступають у робочу зону або простір, де можуть знаходитися люди;
- кордонів смуги руху (наприклад переходи для працюючих в зоні ведення будівельних робіт, русі транспортних засобів в зоні ведення дорожніх робіт).

Якщо перешкоди і місця небезпеки існують постійно, то вони повинні бути позначені сигнальною розміткою з жовто-чорними смугами, які чергуються, якщо перешкоди і місця небезпеки носять тимчасовий характер, наприклад при дорожніх, будівельних та аварійно-рятувальних роботах, то небезпека повинна бути позначена червоно білими смугами, які чергуються. Забороняється застосування сигнальної розмітки з червоно-білими смугами, які чергуються, на шляху евакуації.

Зелено-білу сигнальну розмітку слід застосовувати для позначення меж смуги безпечного руху і вказівки напрямку руху по шляху евакуації (наприклад напрямні лінії у вигляді «ялинки»).

Смуги сигнального і контрастного кольорів можуть розташовуватися на сигнальній розмітці прямо (вертикально або горизонтально), похило під кутом  $45^\circ$  -  $60^\circ$  або зигзагоподібно («ялинка»). Частка червоного, жовтого або зеленого сигнального кольору від загальної площі смуги повинна складати не менше 50%.

Ширину смуги сигнального кольору і поперечний розмір сигнальної розмітки слід вибирати з урахуванням:

- виду і виконання сигнальної розмітки;
- розміру об'єкта або місця розміщення;
- відстані, з якої сигнальна розмітка повинна бути досить видима і впізнавана за своїм смисловим значенням.

Допускається наносити на сигнальну розмітку пояснючі написи, наприклад: «Небезпечна зона», «Прохід заборонено» та ін. Пояснючі написи виконують червоним кольором на білому фоні (для червоно-білої сигнальної розміток), чорним кольором на жовтому фоні (для жовто-чорної сигнальної розмітки) або зеленим кольором на білому фоні (для зелено-білої сигнальної розмітки).

## 5.2 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування

Зорові відчуття при впливі світла на очі людини викликають електромагнітні хвилі оптичного діапазону. Область видимих оптичних електромагнітних випромінювань розташована між областю ультрафіолетових та ІЧ-випромінювань і знаходиться в межах 380 – 780 нм.

Виробниче освітлення – це система заходів і пристроїв, що забезпечують сприятливу роботу зорового аналізатора людини та виключають шкідливий або небезпечний вплив світла на нього в процесі праці.

Освітлення у виробничих будинках і на відкритих площадках здійснюється природним і штучним світлом. При недостатності природного застосовують сполучене освітлення, при якому у світлий час доби використовується одночасно природне і штучне освітлення.

Природне освітлення – це освітлення приміщень світлом неба (прямим і відбитим), яке проникає крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.

Природне освітлення поділяється на [54]:

- бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється крізь світлові прорізи у зовнішніх стінах;
- верхнє, що здійснюється крізь ліхтарі, світлові прорізи у місцях перепаду висот будинку;
- комбіноване – поєднання верхнього та бокового природного освітлення.

Виробничі приміщення, як правило, повинні мати природне освітлення (лише в окремих випадках, визначених ДБН, допускається проектування

приміщень без природного освітлення), оскільки воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому, зігріває та знезаражує повітря (наприклад, знищує вірус грипу).

Суміщене освітлення - освітлення, за якого недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Штучне освітлення, що створюється електричними джерелами світла, за конструктивним виконанням поділяється на:

- загальне (світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірне (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розміщення робочих місць (загальне локалізоване освітлення));

- місцеве (світильники концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях; додаткове до загального, автономно не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань);

- комбіноване (до загального освітлення додається місцеве; доцільно використовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла).

Нормуються всі види освітлення за характеристикою зорової роботи (ступеня її точності) відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [55], згідно з яким для створення нормальних умов роботи зорового аналізатора людини в процесі праці повинні виконуватися такі основні вимоги:

- освітленість на робочих місцях має відповідати характеру зорової роботи (забезпечення необхідної освітленості робочих поверхонь поліпшує умови бачення об'єктів, підвищує продуктивність праці);

- рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні (при нерівномірній яскравості в процесі роботи око змушене переадаптуватися, що веде до стомлення зорового аналізатора);

- відсутність різких тіней на робочих поверхнях (у полі зору людини різкі тіні спотворюють розміри й форми об'єктів розрізнення, що додатково втомлює зір, а тіні, що рухаються, можуть призвести до травм);

- відсутність блискоті й засліпленості (блискоті викликає порушення зорових функцій, а засліпленість – призводить до швидкого втомлення зорового аналізатора і зниження працездатності людини);

- сталість освітленості в часі (коливання освітленості викликає переадаптацію ока, призводить до значного втомлення);

- правильна передача кольору (спектральний склад штучних джерел світла повинен бути максимально наближений до спектра природного освітлення);

- забезпечення електро-, вибухо- і пожежонебезпечності;

– не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);

– повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Природне і штучне освітлення нормується згідно з певними вимогами. Природне освітлення постійно змінюється протягом дня залежно від погоди й інших факторів, то для його нормування, згідно із ДБН В.2.5-28-2018, прийнятий коефіцієнт природної освітленості (КПО). Він виражається у відсотках і визначається відношенням освітленості у певній точці приміщення  $E_B$  (лк) до одночасної зовнішньої освітленості горизонтальної поверхні розсіяного світла небозводу  $E_H$  (лк).

$$e_H = \text{КПО} = (E_B/E_H) \cdot 100\% \quad (5.1)$$

КПО нормується залежно від характеру зорової роботи, розташування світлових прорізів у приміщенні й номера світлового пояса, в якому розташоване приміщення. Територія СНД умовно розділена на п'ять світлових поясів (географічних районів), розташованих з півночі на південь.

У діючих ДБН В.2.5-28-2018 нормативні значення КПО наведені для III-го (середнього) світлового пояса, тому для приміщень, розташованих в I, II, IV і

V світлових поясах КЕОі (ен.фі) визначається із залученням наступної формули:

$$e_{\text{н.ф.}}^{I,II,IV,V} = e_{\text{н}}^{III} \cdot m \cdot c, \quad (5.2)$$

де  $m$  – коефіцієнт світлового клімату, що приймається за ДБН залежно від географічного району в якому розташовується підприємство.

Для забезпечення нормованої величини КПО необхідно реалізувати відповідну площу світлових прорізів (вікон) у приміщенні. На практиці світлотехнічний розрахунок зводиться до визначення площі та конструкції світлових прорізів відповідно до нормативів, передбачених ДБН.

У тому разі, якщо недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним, то така система освітлення називається сполученою. Сполучене освітлення, як і природне, також нормується за допомогою визначення КПО. Сполучене освітлення застосовують у виробничих приміщеннях, де виконуються зорові роботи високої точності, а також у приміщеннях, що характеризуються великою шириною.

Нормування штучної освітленості виконують в такий спосіб. Визначають точність виконуваної зорової роботи (за найменшим розміром об'єкта розрізнення); за цією характеристикою визначають розряд і під розряд зорових робіт з урахуванням характеристик тла й контрасту об'єкта розрізнення з тлом. Сукупність цих характеристик дозволяє визначити величину нормативної освітленості ( $E_{\text{н}}$ ).

### 5.3 Висновки до розділу 5

Оскільки інформаційна система контролю і керування функціями стоматологічної установки має виготовлятися в умовах безпечної організації охорони праці на підприємстві, тому у розділі проаналізовано питання про кольори, знаки безпеки та сигнальну розмітку на виробництві та розглянуто вимоги щодо виробничого освітлення, його нормування.



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра на тему “Інформаційна система контролю і керування функціями стоматологічної установки” розроблено інформаційну систему контролю та керування функціями стоматологічної установки із використанням інтерфейсу користувача у вигляді мембранного пульта із світлодіодними індикаторами та можливістю взаємодії з іншими вузлами стоматологічної установки.

В процесі розробки інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки виконано такі завдання:

1. Зроблено аналіз функцій стоматологічної установки. Проведено оцінку методів реалізації зв'язку між вузлами стоматологічної установки. Визначено основні ергономічні параметри пульта керування стоматологічною установкою, які необхідно врахувати при конструюванні.

2. Розроблено структурну та функціональну схеми вузла пульта керування стоматологічною установкою. Проаналізовано вимоги до конструкції та розроблено елементи конструкції вузла пульта керування.

3. Проведено дослідження та створено модель математичну, що описує оцінку надійності роботи стоматологічної установки за характеристиками надійності її окремих вузлів.

4. Розроблено та описано схему електричну принципову плати пульта керування стоматологічною установкою. Розроблено компоновку та топологію друкованої плати, виконано підбір елементної бази. Розраховано надійність та електромагнітну сумісність плати.

5. Розроблено алгоритм та програмний файл для пульта керування стоматологічною установкою з використанням протоколу передачі даних CAN.

6. Розглянуто нормативне забезпечення та описано кольори, знаки безпеки, сигнальну розмітку на виробництві та вимоги до виробничого освітлення, його нормування.

7. Здійснено оформлення у графічному редакторі креслень, схем та результатів досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. З чого складається стоматологічна установка. ТЕХНОДЕНТ ПРОЕКТ: веб-сайт. URL: <https://dentpro.info/uk/statti/z-chogo-skladayetsya-stomatologichna-ustanovka/> (дата звернення: 02.05.2023).
2. Організація та обладнання стоматологічного кабінету / Р.В. Казакова, Ю.Ю. Переста, Н.В. Табачнюк, А.Т. Кенюк. Ужгород: УжНУ, 2011. 59 с.
3. Evaluation of methods for determining abnormalities in cardiovascular system by pulse signal under psycho-emotional stress in dental practice / Yevhenia Yavorska, Oksana Strembitska, Mykhailo Strembitskyi, Lilia Hvostivska // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2020. — Vol 4. — No 100. — P. 118–126.
4. Development of a simulation model of a photoplethysmographic signal under psychoemotional stress / Evhenia Yavorska, Oksana Strembitska, Michael Strembitskyi, Iryna Pankiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — Kharkiv: Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2021. — No. 2(9 (110)). P. 36–45.
5. ДСТУ ISO 7494-1:2010 Стоматологія. Установки стоматологічні. Частина 1. Загальні вимоги та методи випробування (ISO 7494-1:2004, IDT). [Чинний від 2012-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с.
6. ДСТУ EN 60601-1:2015 Вироби медичні електричні. Частина 1. Загальні вимоги до безпеки і основних технічних характеристик. (EN 60601-1:2006/A1:2013/AC:2014, IDT; IEC 60601-1:2005/A1:2012/COR1:2014, IDT). Зміна № 1:2015. Поправка № 1:2019. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації і якості» (ДП «УкрНІУЦ»), 2019. 1740 с.
7. ДСТУ EN 60601-1-1:2015 Вироби медичні електричні. Частина 1-1. Загальні вимоги безпеки. Додаткові вимоги до медичних електричних систем (EN 60601-1-1:2001, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації і якості» (ДП «УкрНІУЦ»), 2015. 60 с.

8. Методичні вказівки до проведення лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Ергономіка робочих місць» (для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 263 – Цивільна безпека) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Е. Абракітов, І. О. Ткаченко. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 78 с.
9. Мембранні перемикачі: веб-сайт. URL: <https://nameplatesforindustry.com/our-products/membrane/> (дата звернення: 22.11.2023).
10. Все, що потрібно знати про мембранні перемикачі: веб-сайт. URL: <https://e2ip.com/newsevents/everything-you-need-to-know-about-membrane-switches/> (дата звернення: 22.11.2023).
11. Mohammed Al-Shirif Touch Screen Technologies. / Mohammed Al-Shirif. – Higher Institute for Applied Sciences and Technology, 2013. – 41 p.
12. Simon Haykin Introduction to Analog and Digital Communications. Second Edition. / Simon Haykin, Michael Moher. – USA: John Wiley & Sons, INC, 2006. – 537 p.
13. Joe Campbell The Rs 232 Solution. / Joe Campbell. – USA: CRC Press, 1989. – 224 p.
14. Jan Axelson USB Complete: The Developer's Guide, Fifth Edition. / Jan Axelson. - Lakeview Research LLC, 2015. – 524 p.
15. Wilfried Voss Controller Area Network Prototyping with Arduino. / Wilfried Voss. – USA: Copperhill Media Corporation, 2014. – 44 p.
16. Стрембіцький М.О., Стрембіцька О.І., Олійник І.І., Батюк В.В., Слободян В.М. Аналіз методів реалізації зв'язку між вузлами стоматологічної установки. *Актуальні задачі сучасних технологій*: зб. тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) / Міністерство освіти і науки України, Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя [та ін.]. - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – С. 397-398.

17. Сердюк, С. М. Ергономічні питання проектування людино-машинних систем : навчальний посібник / С. М. Сердюк. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 334 с.

18. Методичні вказівки до проведення лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Ергономіка робочих місць» (для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 263 – Цивільна безпека) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Е. Абракітов, О. Ткаченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 78 с.

19. ДСТУ ISO 11064-1:2009 Проектування центрів керування ергономічне. Частина 1. Принципи проектування (ISO 11064-1:2000, IDT). [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ: Український науково-дослідний інститут дизайну та ергономіки НАУ, 2009. 25 с.

20. Рудь, Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. / Ю.С. Рудь. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

21. Mechatronic approach to the design of a triaxial antenna with backlash minimization by the control system / Mykhaylo Palamar, Vladislavs Bezrukovs, Yuriy Nakonechny, Andriy Palamar, Mykhailo Strembicky, Yuriy Pasternak // ICAAEIT 2021, 15-17 December 2021. — Tern.: TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk“» LLC, 2021. — P. 127–132.

22. Матеріалознавство та стоматологічне обладнання. Навчально-методичний посібник до практичних занять з матеріалознавства для студентів 2-го курсу стоматологічного факультету. 2-е видання / С.Б. Костенко, П.А. Гасюк, А.І.Форос, А.Т. Кенюк, І.В.Пензелик – Ужгород: ПП «АУТДОР-ШАРК», 2019 – 143с.

23. Костюк, В. Прикладна механіка та основи конструювання / В. Костюк, Г. Валіулін, Є. Костюк – Київ: Кондор, 2018. – 226 с.

24. Биковський, О.Г. Зварювання, різання і контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. / О.Г. Биковський. – К.: Основа, 2021. – 400 с.

25. ДСТУ ГОСТ 14771:2019 Зварювання дугове в захисному газі. З'єднання зварювані. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: Державною науково-технічною бібліотекою України, 2019. 28 с.
26. Манжілевський, О.Д. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник. / О.Д. Манжілевський, Р.Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 105 с.
27. Андрощук, Г.О. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання / Г.О. Андрощук, Я.В. Копил // Інтелектуальна власність в Україні. — 2016. — № 5. — С. 17–26.
28. Тарара, А.М. Проектування і конструювання об'єктів техніки: навчальний посібник / А.М. Тарара – К.: КОНВІ ПРІНТ, 2019. — 144 с.
29. Основи надійності та діагностики інформаційних систем. Навчальний посібник підготовлено для самостійної роботи студентів та аспірантів вищих навчальних закладів. - Київ: ННІТ ДУТ, 2020. – 184 с.
30. Васілевський, О.М. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.
31. Лазарєв, Ю.Ф. MATLAB і моделювання динамічних систем. Навчальний посібник / Ю.Ф. Лазарєв – Київ: НТУУ "КПІ", 2009. – 63 с.
32. Гоблик, Н.М. MATLAB в інженерних розрахунках: комп'ютерний практикум / Н.М. Гоблик, В.В. Гоблик - Львів: Львівська політехніка, 2020. – 192 с.
33. Воробйова, О.М. Основи схемотехніки: підручник. / О.М. Воробйова, В.Д. Іванченко. – Одеса: Фенікс, 2009. – 388 с.
34. Horowitz, P. The art of electronics. Third edition / P. Horowitz, W. Hill. – USA: Cambridge University Press, 2015. – 1192 p.
35. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів: навчальний посібник. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 150 с.

36. Controller Area Network. Вікіпедія: веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Controller\\_Area\\_Network](https://uk.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network) (дата звернення: 02.05.2023).

37. Uyless D. Black Computer Networks: Protocols, Standards, and Interfaces / Uyless D. Black. - Prentice-Hall International, 1993. – 436 p.

38. Вибір електронних приладів і компонентів. Навчальний посібник. / Під. ред. Захарова В.К. – Львів: ЛПІ, 1986. – 314 с.

39. Матвійків, М.Д. Елементна база електронних апаратів [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів/ М.Д. Матвійків, В.М.Когут, О.М. Матвійків. – 2-ге вид. – Львів: Львівська політехніка, 2007. – 428 с.

40. Спосіб збільшення точності визначення кутової орієнтації рефлектора супутникової антенної станції за допомогою MEMS акселерометра / Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Горин Т.І. // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. — Т.: ТНТУ, 2020. — С. 174–175.

41. Electronic Components Datasheet Search. ALLDATASHEET.COM: веб-сайт. URL: <https://www.alldatasheet.com/> (дата звернення: 01.06.2023).

42. Крилик, Л.В., Селецька, О.О. Монтаж радіоелектронних приладів. Спеціальна технологія: Навчальний посібник / Л.В. Крилик, О.О. Селецька. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 75 с.

43. Задерейко, О.В. КОНСТРУЮВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.В. Задерейко, Л.І. Панов, О.В. Циганов. – Одеса: Наука і техніка, 2010. – 122 с.

44. Схемотехніка медичної електронної апаратури. Монографія / Кулик А.Я., Нікольський О.І., Ревенок В.І., Кулик Я.А. – Вінниця: ВНМУ, 2020. – 167 с.

45. Грабчак О. В. Монтаж радіоелектронної апаратури : навчальний посібник / О. В. Грабчак, В. М. Мізерний, О. В. Бурдейна. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 116 с.
46. Козак А. А. Робоча спеціальність "Монтажник РЕА та приладів": навчальний посібник / А. А. Козак, А. А. Храбан. – Вінниця: ВДТУ, 1997. – 95 с.
47. Паяння матеріалів: підручник / Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький, В. Ф. Квасницький, С. В. Максимова, В. Ф. Хорунов, В. В. Чигарьов; за загальною редакцією В. Ф. Хорунова і В. Ф. Квасницького. – Миколаїв: НУК, 2015. – 340 с.
48. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2004-10-01]. Вид. офіц. Київ: Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем (ДП «НДІ «Система»), 2003. 55 с.
49. Оникієнко, Ю.О., Рижова, А.Р. Основи проектування систем Інтернету речей. Периферія мікроконтролерів STM32. Конспект лекцій: Навчальний посібник / Ю.О. Оникієнко, А.Р. Рижова. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 127 с.
50. STM32CubeMX - STM32Cube initialization code generator st.com: веб-сайт. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html> (дата звернення: 10.04.2023).
51. STM32-base project: веб-сайт. URL: <https://stm32-base.org/guides/gettingstarted.html> (дата звернення: 10.04.2023).
52. Побудова алгоритму керування автономним мобільним роботом. / Батюк В.В., Стрембіцький М.О.// Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця. – Тернопіль: ФОП Паляниця ВА, 2019. – С. 165-168.
53. ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012;

Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT). [Чинний від 2020-07-01]. Вид. офіц. Київ: Технічний комітет «Пожежна безпека та протипожежна техніка» (ТК 25), 2019. 137 с.

54. Освітлення промислових об'єктів: Навч. посібник / Укл. Говоров П.П., Пилипчук Р.В., Токань А.І. та ін. – Тернопіль: Джура, 2008. – 388 с.

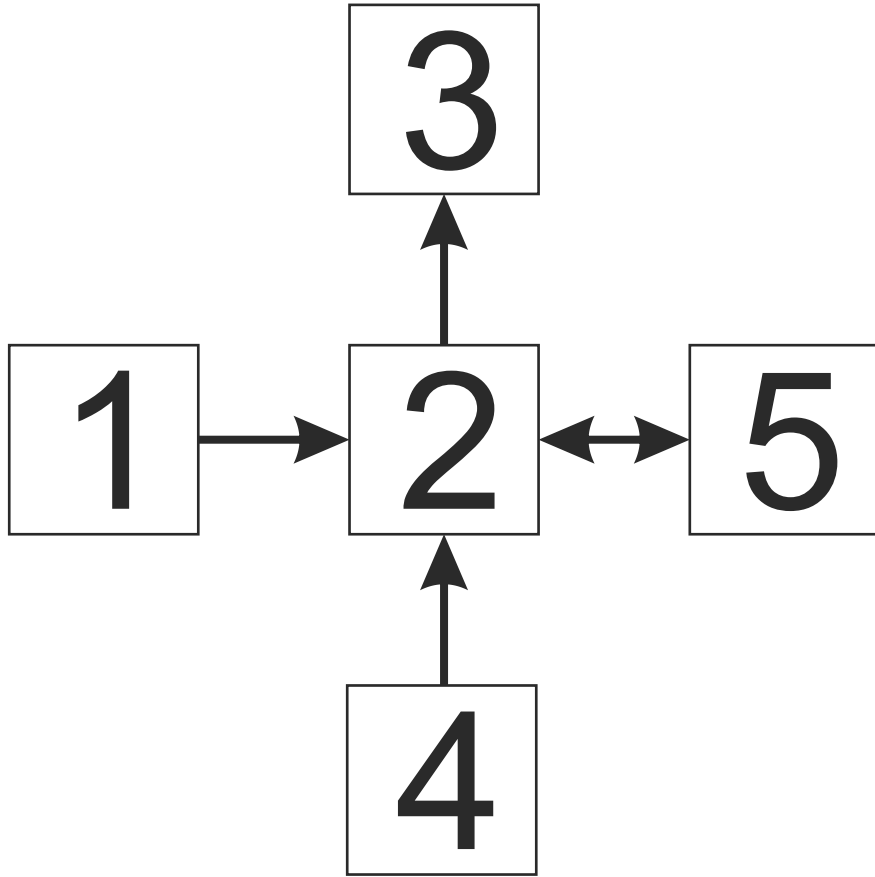
55. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2018. 137 с.



# ДОДАТКИ



**Інформаційна система контролю і керування  
функціями стоматологічної установки**



- 1 – блок живлення;
- 2 – мікроконтролер;
- 3 – індикатори режимів роботи;
- 4 – кнопки;
- 5 – інтерфейс прийомку-передачі даних між вузлами.

*Рис. Схема структурна інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки*

Підпис і дата	KPM 00.00.00.937 E1							
	<p style="text-align: center;"><b>Пульт</b> Схема структурна</p>					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.						Арк.	№докум.	Підпис
Інв. № ориг.	Розроб.	Олійник І.І.				Аркуш	Аркушів 1	
	Керівник	Стрембіцький М.О.						
	Н.контр.	Апостол Ю.О.						
	Рецензент							
	Зав.каф.	Паламар М.І.						

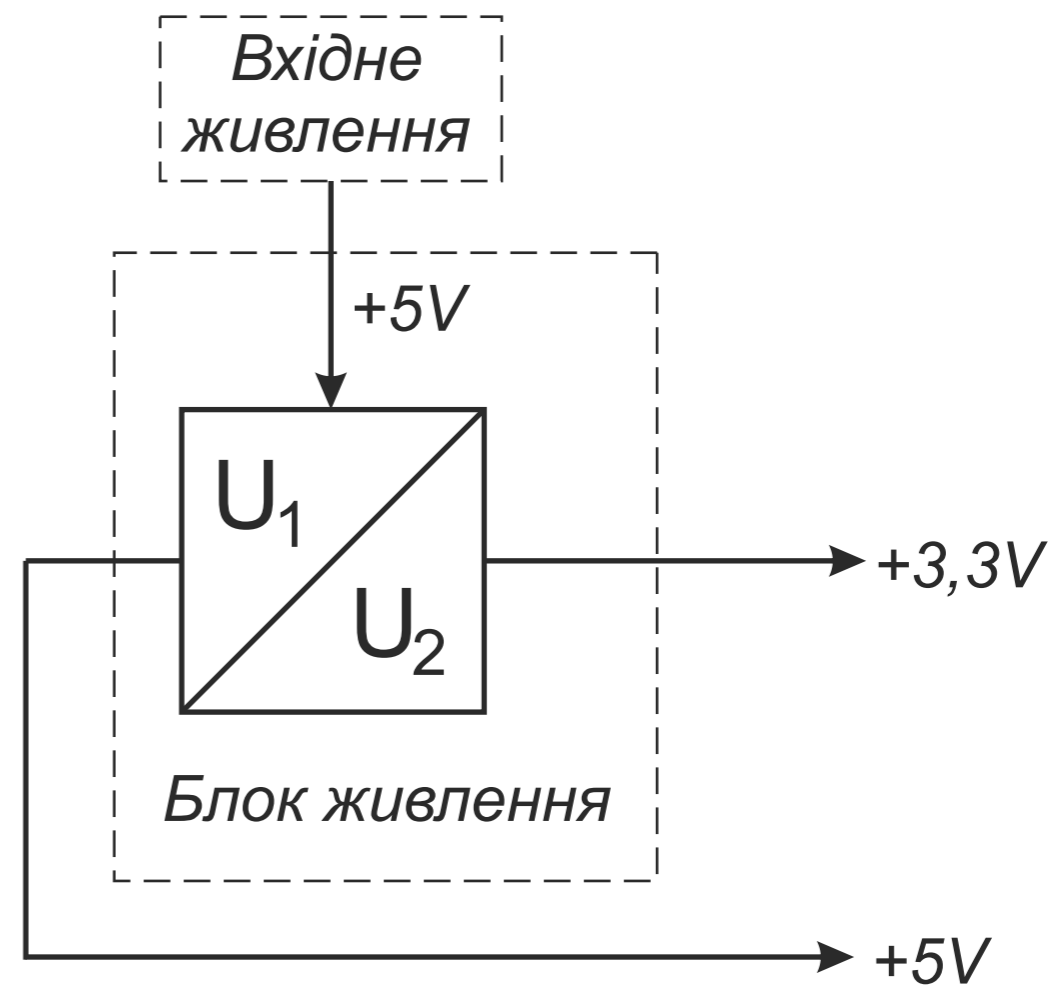
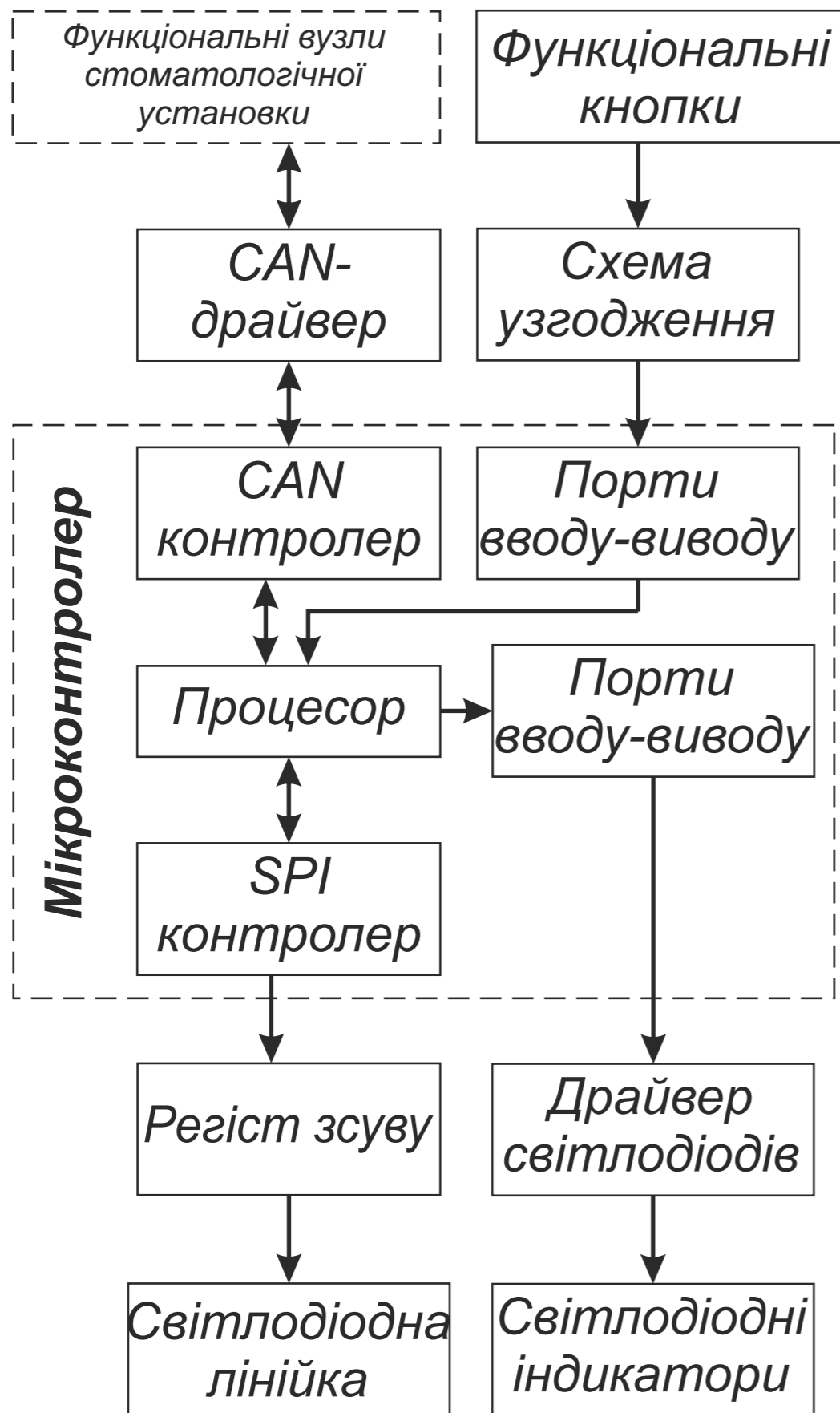


Рис. Схема функціональна інформаційної системи контролю і керування функціями стоматологічної установки

					KPM 00.00.00.937 E2				
					Пульт Схема функціональна		Літ.	Маса	Масштаб
							Аркуш	Аркушів 1	
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Олійник І.І.								
Керівник	Стрембіцький М.О.								
Н.контр.	Апостол Ю.О.								
Рецензент									
Зав.каф.	Паламар М.І.								

Перв. застосування	КРМ 00.00.00.937	Поз. понзачення	Найменування			Кіл.	Примітка		
Довідк. №			<u>Конденсатори</u>						
			1210 "Phycomp"						
			0603 "Phycomp"						
			C1	0603 0,1µF ±10% 50 V X7R			1		
			C2	0603 0,01 µF ±10% 50 V X7R			1		
			C3	1210 22 µF ±10% 25 V X7R			1		
			C4	0603 0,1µF ±10% 50 V X7R			1		
			C5, C6	0603 27 pF ±10% 50 V X7R			2		
			C7	0603 0,47 µF ±10% 50 V X7R			1		
			C8-C12	0603 0,1µF ±10% 50 V X7R			5		
			C13-C16	0603 0,47 µF ±10% 50 V X7R			4		
			C17	0603 0,1µF ±10% 50 V X7R			1		
			C18-C22	0603 0,47 µF ±10% 50 V X7R			5		
Підп. і дата			C23			1210 22 µF ±10% 25 V X7R	1		
			C24			0603 0,1µF ±10% 50 V X7R	1		
			C25-C31			0603 0,47 µF ±10% 50 V X7R	7		
			C32, C33			0603 0,1µF ±10% 50 V X7R	2		
Взам. інв. №			<u>Мікросхеми</u>						
			D1	LD3985M33R "STMicroelectronics"			1		
			D2	MCP130T-300I/TT "MICROCHIP"			1		
			D3	PCA82C251 "NXP"			1		
Підп. і дата									
Інв. № ориг.									
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<b>КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ</b>		
		Розроб.	Олійник І.І.				Літ.	Арк.	Аркушів
		Керівник	Стрембіцький М.О.					1	5
		Н. контр.	Апостол Ю.О.				Плата пульта Перелік елементів		
		Рецезент							
		Зав.каф.	Паламар М.І.						

Поз. понзначення	Найменування	Кіл.	Примітка
D4	STM32F303RCT6 (LQFP64) "STMicroelectronics" або STM32F103RBT6 (LQFP64) "STMicroelectronics" або STM32F103RCT6 (LQFP64) "STMicroelectronics"	1	
D5	NTS0102DP "NXP"	1	
D6	CD40109BNSR "Texas Instruments"	1	
D7	SN74HC595D "Texas Instruments"	1	
F1	Вставка самовідновлювальна FSMD020-1206 "Fuzetec Technology"	1	
	<u>Світлодіоди</u>		
	KPTD "Kingbright"		
HL1	KPTD-3216QBC-D (BLUE)	1	
HL2	KPTD-3216ID (RED)	1	
HL3	KPTD-3216SGD (GREEN)	1	
	<u>Резистори</u>		
	RC21 "YAGEO"		0603
	TC164 "YAGEO"		
R1, R2	RC21 – 560 ±5% 0,063 W	2	
R3, R4	RC21 - 1k ±5% 0,063 W	2	
R5	RC21 - 47k ±5% 0,063 W	1	
R6	RC21 – 120 ±5% 0,063 W	1	
R7	RC21 – 560 ±5% 0,063 W	1	
R8, R9	RC21 – 0 0,1 W	2	

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<b>КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ</b>	Арк.
						2

Поз. пonzачення	Найменування	Кіл.	Примітка
R10	RC21 – 220 ±5% 0,063 W	1	
R11	RC21 - 100k ±5% 0,063W	1	
R12, R13	TC164- 100k ±5% 0,0625 W	2	
R14, R15	RC21 - 100k ±5% 0,063W	2	
R16	RC21 – 10 ±5% 0,063 W	1	
R17, R18	TC164- 100k ±5% 0,0625 W	2	
R19-R23	RC21 - 5,6k ±5% 0,063 W	5	
R24-R27	RC21 – 0 0,1 W	4	
R28-R30	RC21 – 560 ±5% 0,063 W	3	
R31-R34	TC164- 1k ±5% 0,0625 W	4	
R35, R36	RC21 – 560 ±5% 0,063 W	2	
R37, R38	TC164- 2,2k ±5% 0,0625 W	2	
R39, R40	RC21 - 1k ±5% 0,063 W	2	
VD1	Діод BZX84-C2V7 (SOT23-3N) "NXP"	1	
VT1-VT7	Транзистор BC817-40 (SOT23-3N) "NXP"	7	
<u>Роз'єми</u>			
FPC "Würth Electronic"			
X1	S4B-PH-K-S "JST Corporation"	1	
X2	S5B-ZR "JST Corporation"	1	
X3	22-03-5035 "MOLEX"	1	Не встан.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ

Арк.  
3

Поз. понзначення	Найменування	Кіл.	Примітка
X4	Роз'єм FPC-14 WE код 68611414122	1	
X5	Роз'єм FPC-16 WE код 68611614122	1	
X6	Роз'єм FPC-12 WE код 68611214122	1	
ZQ1	Резонатор кварцовий КХ-7Т 8МГц "GEYER"	1	

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ



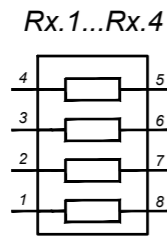
Аркуш реєстрації змін

Зм.	Номери листків (аркушів)				Всього листків (аркушів) в докум.	№ докум.	Вхідний № супровідного документа і дата	Підпис	Дата
	змінених	замієних	нових	анульованих					
Нов.			1,2,3,4,5		5				

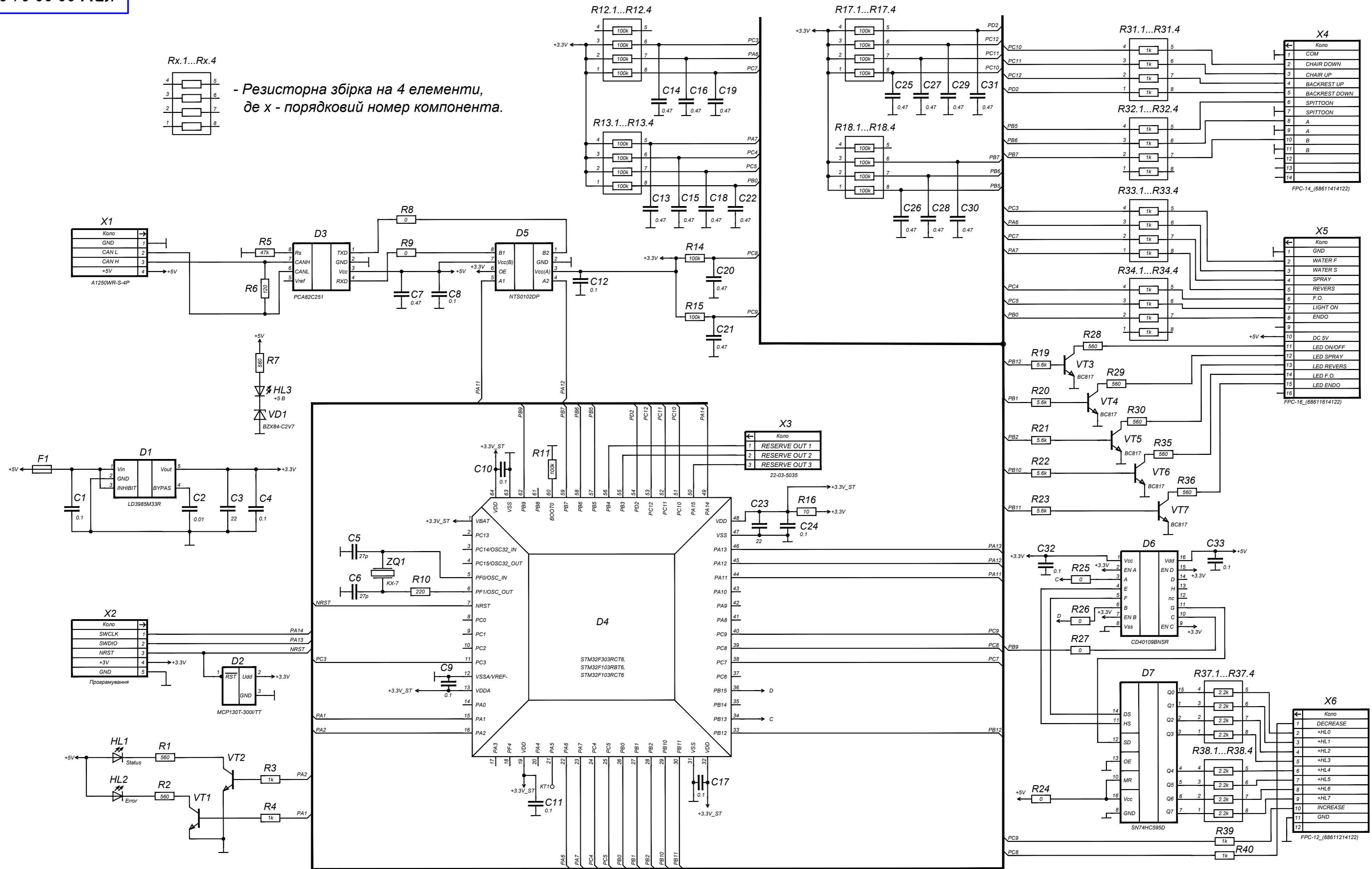
Інв. № ориг.	Підп. і дата
Взам. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата

КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



- Резисторна збірка на 4 елементи, де x - порядковий номер компонента.



Перев. застос. КРМ 00.00.00.937

Довідк. №

Підп. і дата

Ім'я, № дубл.

Зам. ім'я, №

Підп. і дата

Ім'я, № орг.

				<b>KPM 00.00.01.937 E3</b>		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Плата пульта</b> Схема електрична принципова		
Розроб.	Олійник І.І.					
Керівник	Стрембицький М.О.			Лім.	Маса	Масштаб
Н.контр.	Апостол Ю.О.			Аркуш	Аркуші	1
Рецензент						
Зав.каф.	Паламар М.І.					

Перв. застосування		КРМ 00.00.00.937		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
Довідк. №								<u>Документація</u>				
	A3						КРМ 00.00.01.937 СК	Складальне креслення				
	A2						КРМ 00.00.01.937 ЕЗ	Схема електрична принципова				
	A4						КРМ 00.00.01.937 ПЕЗ	Перелік елементів				
								<u>Деталі</u>				
		1					КРМ 00.01.01.937	Плата друкована	1			
								<u>Інші вироби</u>				
								Конденсатори				
								1210 "Phycomp"				
								0603 "Phycomp"				
			5					1210 22 $\mu$ F $\pm$ 10% 25 V X7R	2	C3, C23		
			6					0603 27 pF $\pm$ 10% 50 V X7R	2	C5, C6		
			7					0603 0,01 $\mu$ F $\pm$ 10% 50 V X7R	1	C2		
			8					0603 0,1 $\mu$ F $\pm$ 10% 50 V X7R	11	C1, C4, C8-C12, C17, C24, C32, C33		
								<b>КРМ 00.00.01.937</b>				
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						
Інв. № ориг.	Розроб.			Олійник І.І.			<b>Плата пульта</b>		Літ.	Арк.	Аркушів	
	Керівник			Стрембiцький М.О.						1	5	
	Н. контр.			Апостол Ю.О.								
	Рецезент											
	Зав.каф.			Паламар М.І.								

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		10		0603 0,47 $\mu$ F $\pm$ 10% 50 V X7R	17	C7, C13-C16, C18-C22, C25-C31
				Мікросхеми		
		20		CD40109BNSR "Texas Instruments"	1	D6
		21		LD3985M33R "STMicroelectronics"	1	D1
		22		MCP130T-300I/TT "MICROCHIP"	1	D2
		23		NTS0102DP "NXP"	1	D5
		24		PCA82C251 "NXP"	1	D3
		25		SN74HC595D "Texas Instruments"	1	D7
		26		STM32F303RCT6 (LQFP64)	1	D4
				або STM32F103RBT6 (LQFP64)		
				або STM32F103RCT6 (LQFP64)		
				"STMicroelectronics"		
		30		Вставка самовідновлювальна	1	F1
				FSMD020-1206 "Fuzetec Technology"		
				Світлодіоди		
				KPTD "Kingbright"		
		41		KPTD-3216QBC-D (BLUE)	1	HL1
		42		KPTD-3216ID (RED)	1	HL2
		43		KPTD-3216SGD (GREEN)	1	HL3

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Резистори		
				RC21 "YAGEO"		0603
				TC164 "YAGEO"		
		50		RC21 – 0 0,1 W	6	R8, R9, R24-R27
		51		RC21 – 10 ±5% 0,063 W	1	R16
		52		RC21 – 120 ±5% 0,063 W	1	R6
		53		RC21 – 220 ±5% 0,063 W	1	R10
		54		RC21 – 560 ±5% 0,063 W	8	R1, R2, R7, R28-R30, R35, R36
		55		RC21 - 1k ±5% 0,063 W	4	R3, R4, R39, R40
		56		RC21 - 5,6k ±5% 0,063 W	5	R19-R23
		57		RC21 - 47k ±5% 0,063 W	1	R5
		58		RC21 - 100k ±5% 0,063W	3	R11, R14, R15
		59		TC164- 1k ±5% 0,0625 W	4	R31-R34
		60		TC164- 2,2k ±5% 0,0625 W	2	R37, R38
		61		TC164- 100k ±5% 0,0625 W	4	R12, R13, R17, R18
		65		Діод BZX84-C2V7 (SOT23-3N) "NXP"	1	VD1
		70		Транзистор BC817-40 (SOT23-3N) "NXP"	7	VT1-VT7

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Роз'єми		
				FPC "Wurth Electronic"		
		80		S4B-PH-K-S "JST Corporation"	1	X1
		81		S5B-ZR "JST Corporation"	1	X2
		82	Встан. за окремим замовленням	22-03-5035 "MOLEX"	1	X3
		83		FPC-12 WE код 68611214122	1	X6
		84		FPC-14 WE код 68611414122	1	X4
		85		FPC-16 WE код 68611614122	1	X5
		90		Резонатор кварцовий КХ-7Т 8 МГц "GEYER"	1	ZQ1

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

KPM 00.00.01.937

Арк.

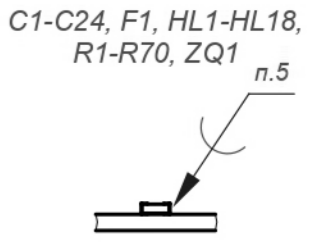
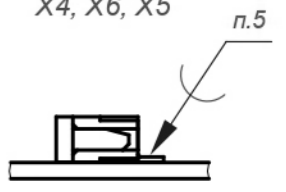
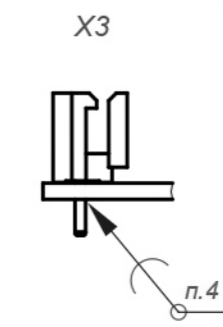
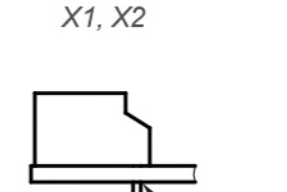
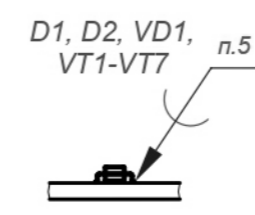
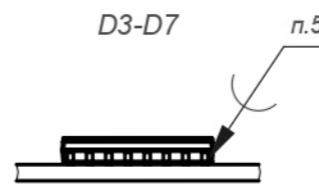
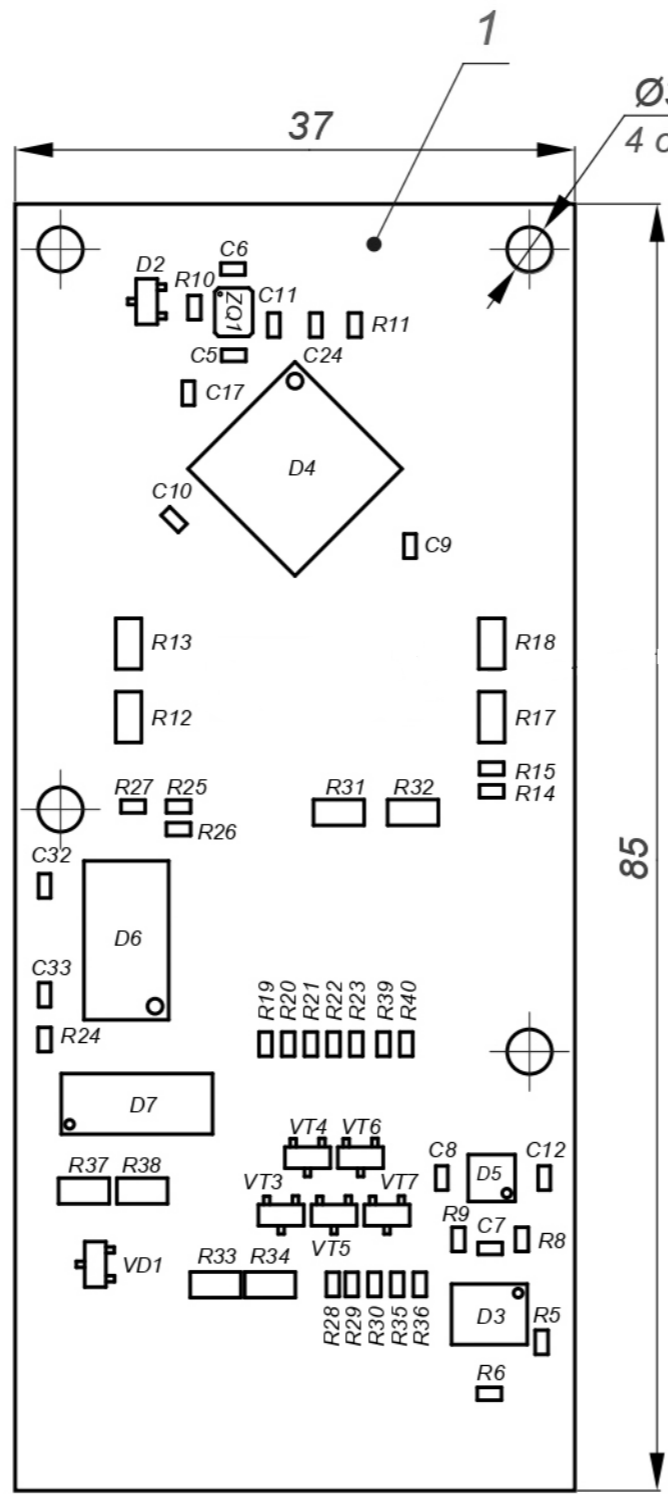
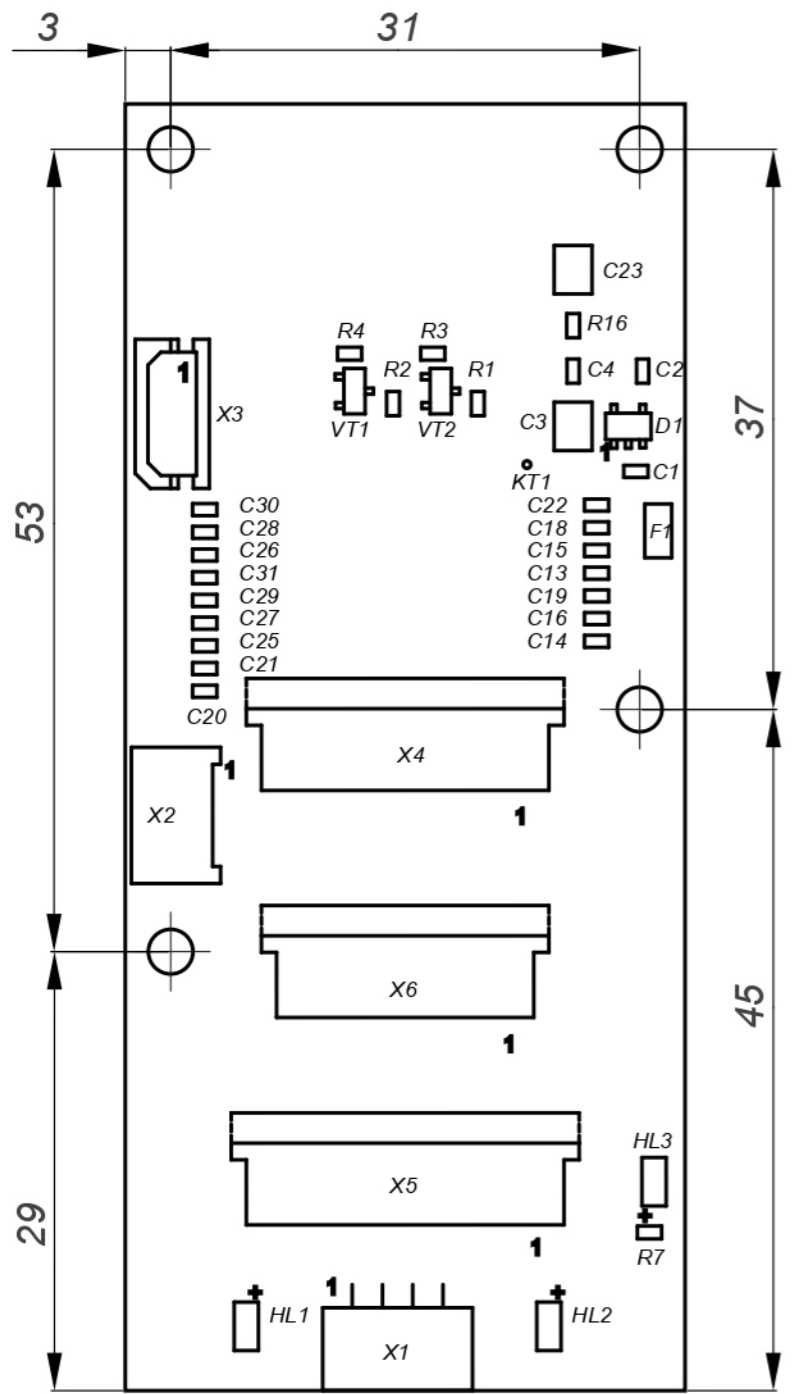
4



Перв. застос.  
KPM 00.00.00.937

KPM 00.00.01.937 СК

Довідк. №  
Піп. і дата  
Інв. № дубл.  
Зам. інв. №  
Піп. і дата  
Інв. № ориг.



1. Розміри для довідок.
2. Встановлення ЕРЕ провести згідно з кресленням. Позиційні позначення ЕРЕ вказані умовно.
3. Вилку Х3 встановлювати за окремим замовленням.
4. Припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76.
5. Паста припойна 293DXB АІМ (Канада).
6. Таврувати клеймо ВТК фарбою маркувальною ТУМС - 01, чорною ТУ29-02-890-88, у вільному від ЕРЕ місці.
7. Інші технічні вимоги за ОСТ 4ГО.070.015.

					<b>KPM 00.00.00.937 СК</b>		
					<b>Плата пульта</b>		
					Складальне креслення		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Олійник І.І.					2:1
Керівник		Стрембіцький М.О.					
Н.контр.		Апостол Ю.О.			Аркуш	Аркушів	1
Рецензент							
Зав.каф.		Паламар М.І.					





Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		12		Гвинт А2.М4-6gx8.56.016 DIN 7985	2	
		14		Гвинт А2.М3-6gx6.56.016 DIN 965/963	2	
		15		Гвинт А2.М3-6gx10.56.016 DIN 965/963	2	
		18		Гвинт М5x12 ISO 7380	3	
		20		Гайка М3-6Н.5.016 DIN 934	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		22	160154	Пульт мембранний	1	

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

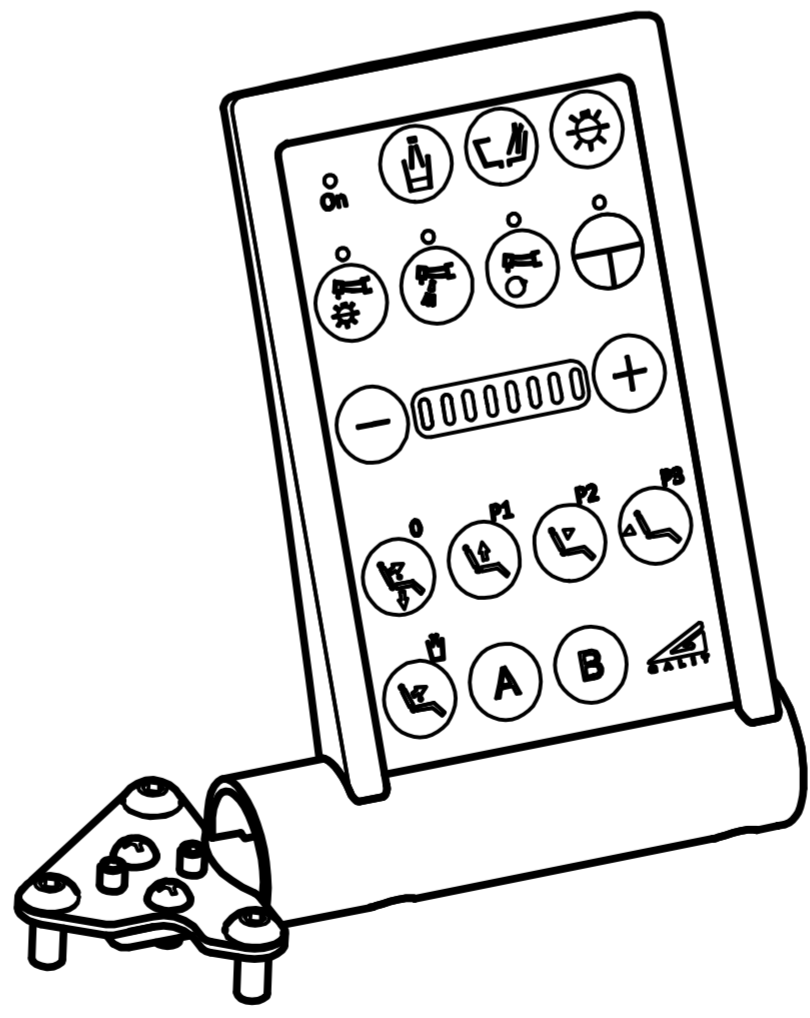
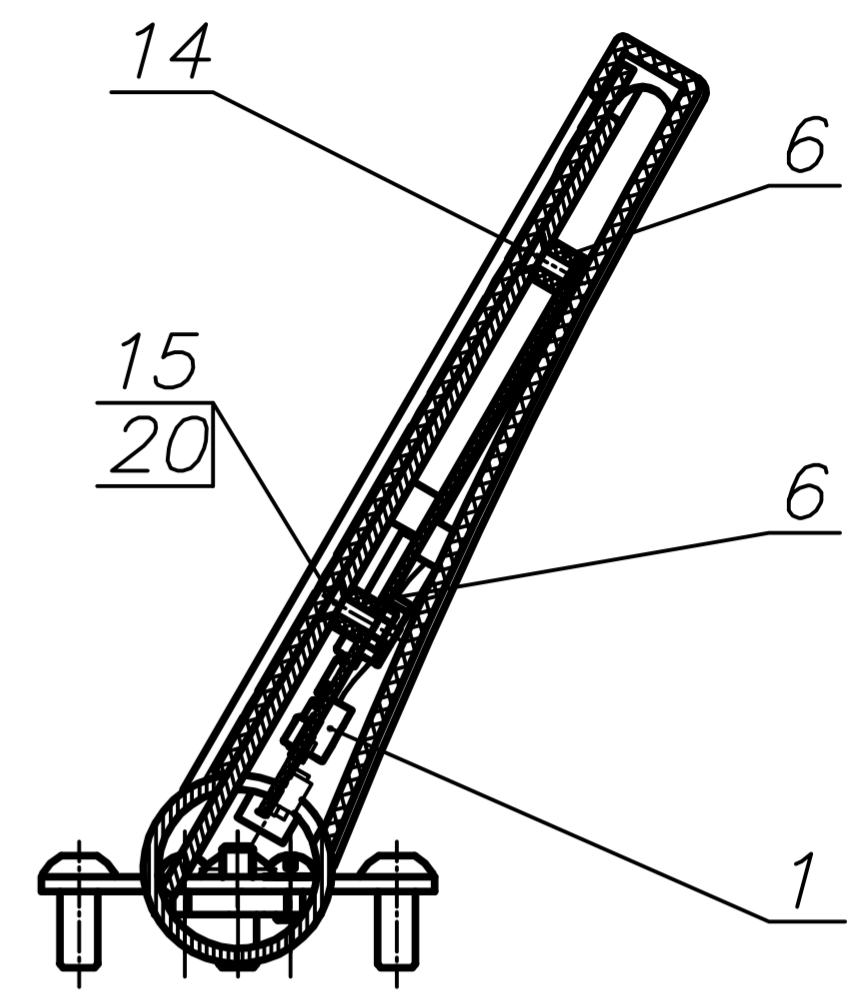
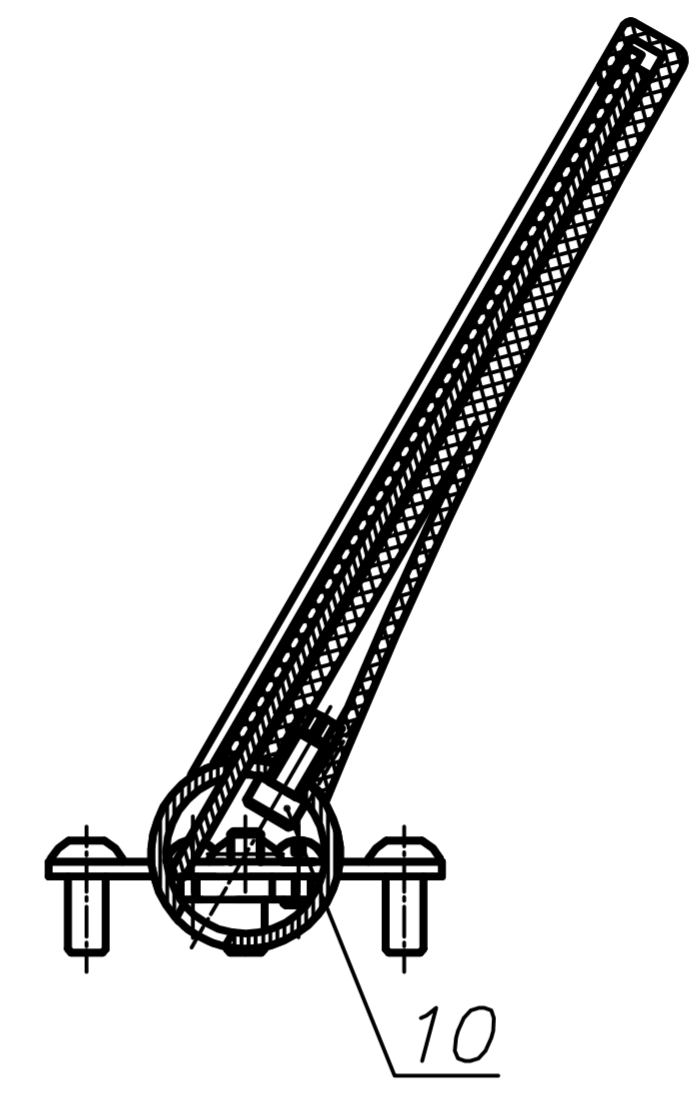
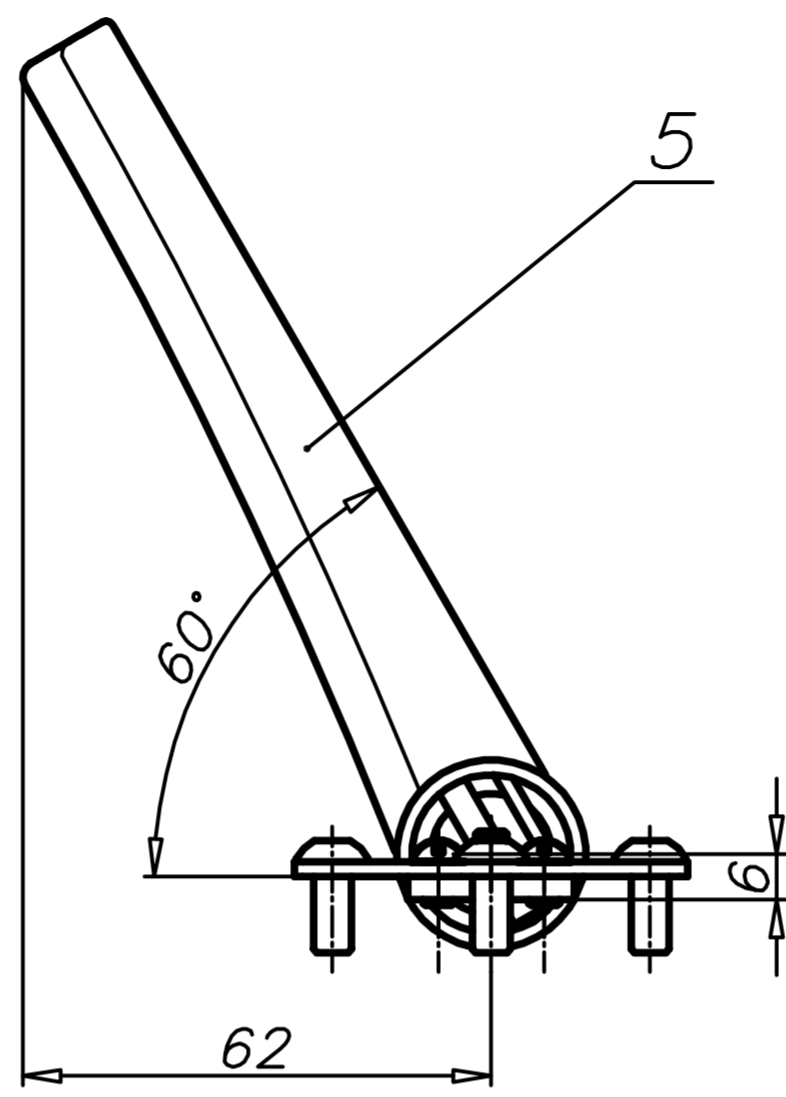
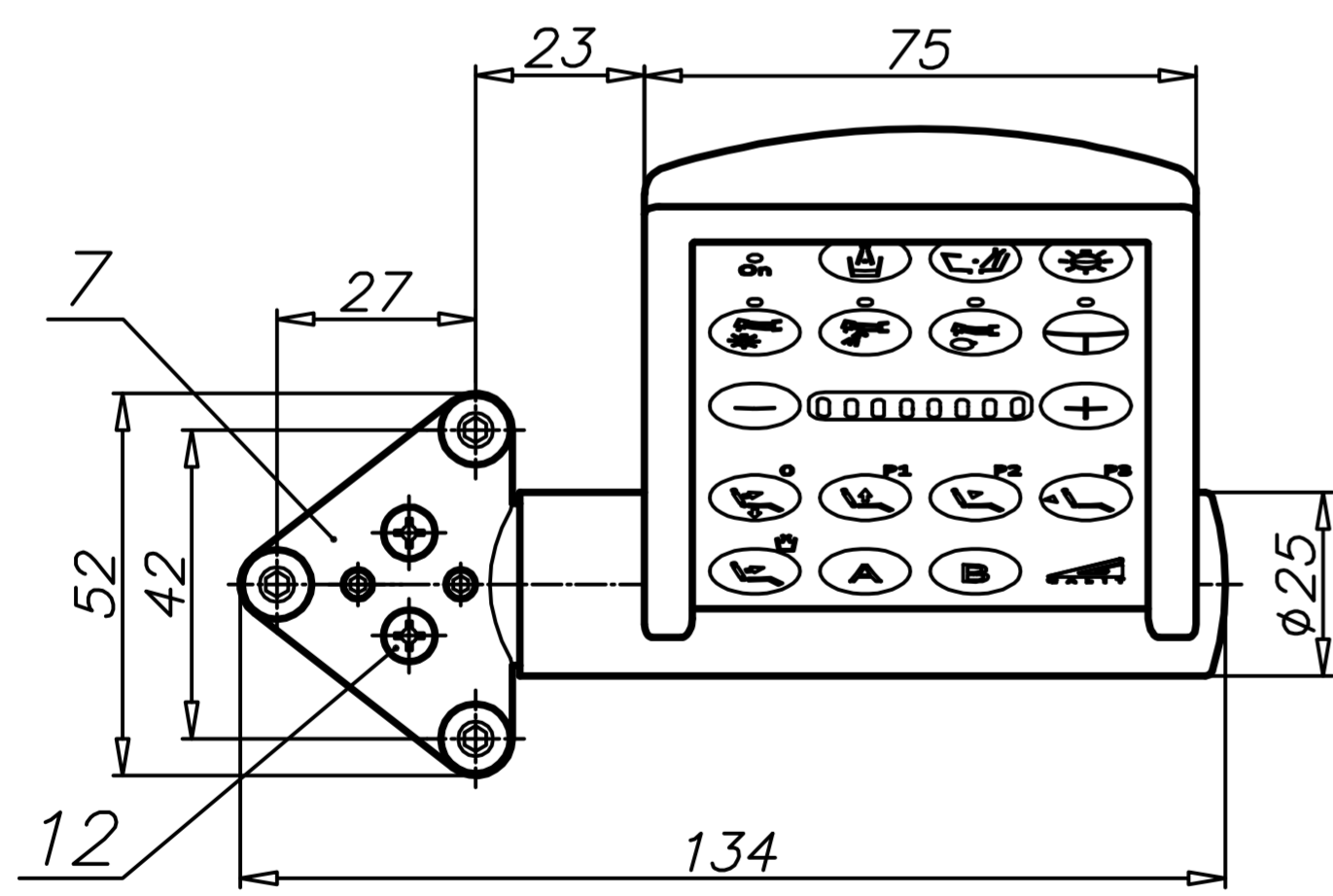
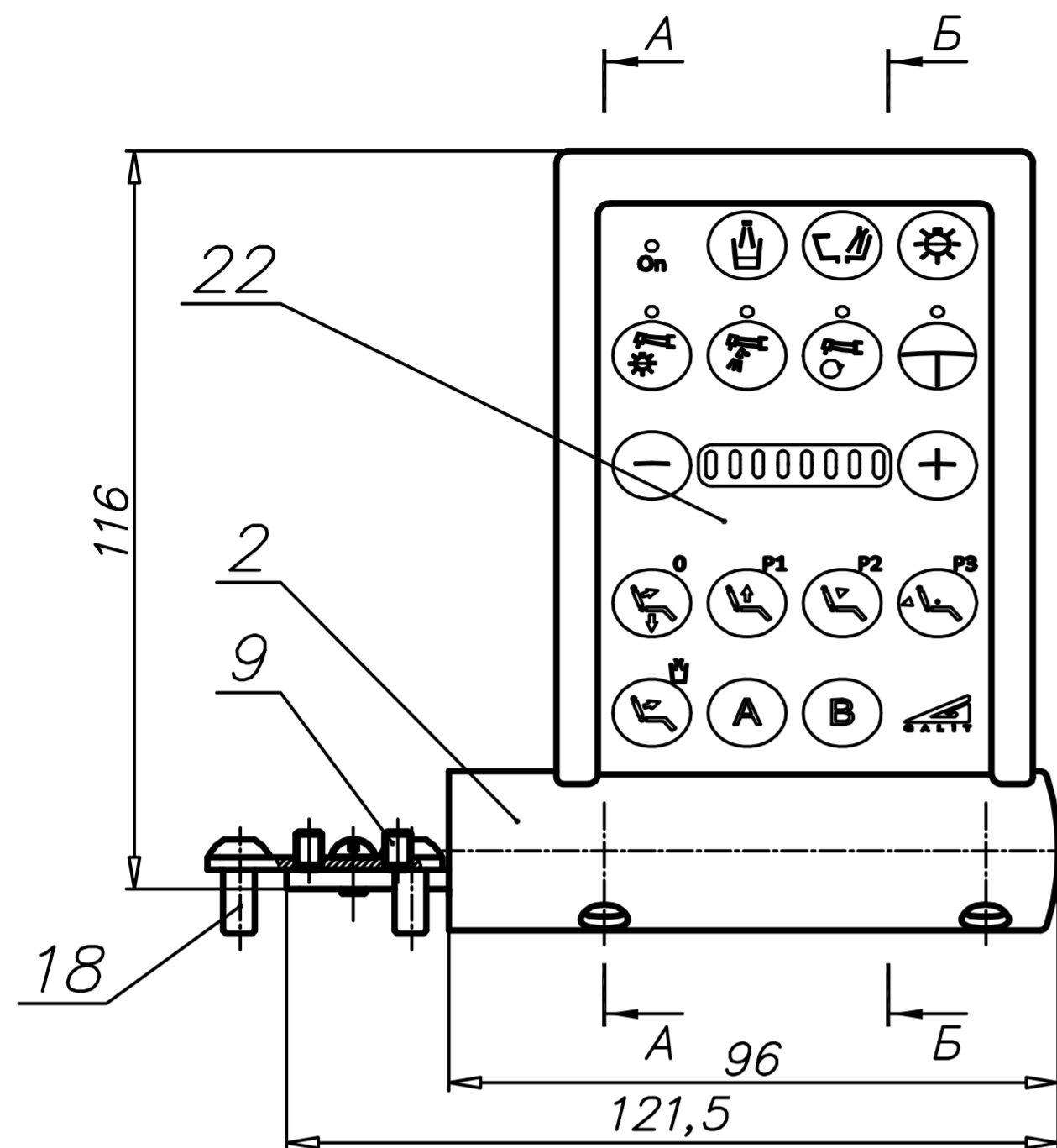
KPM 00.00.00.937

Арк.

2

Перв. застосує.  
КРМ 00.00.00.937

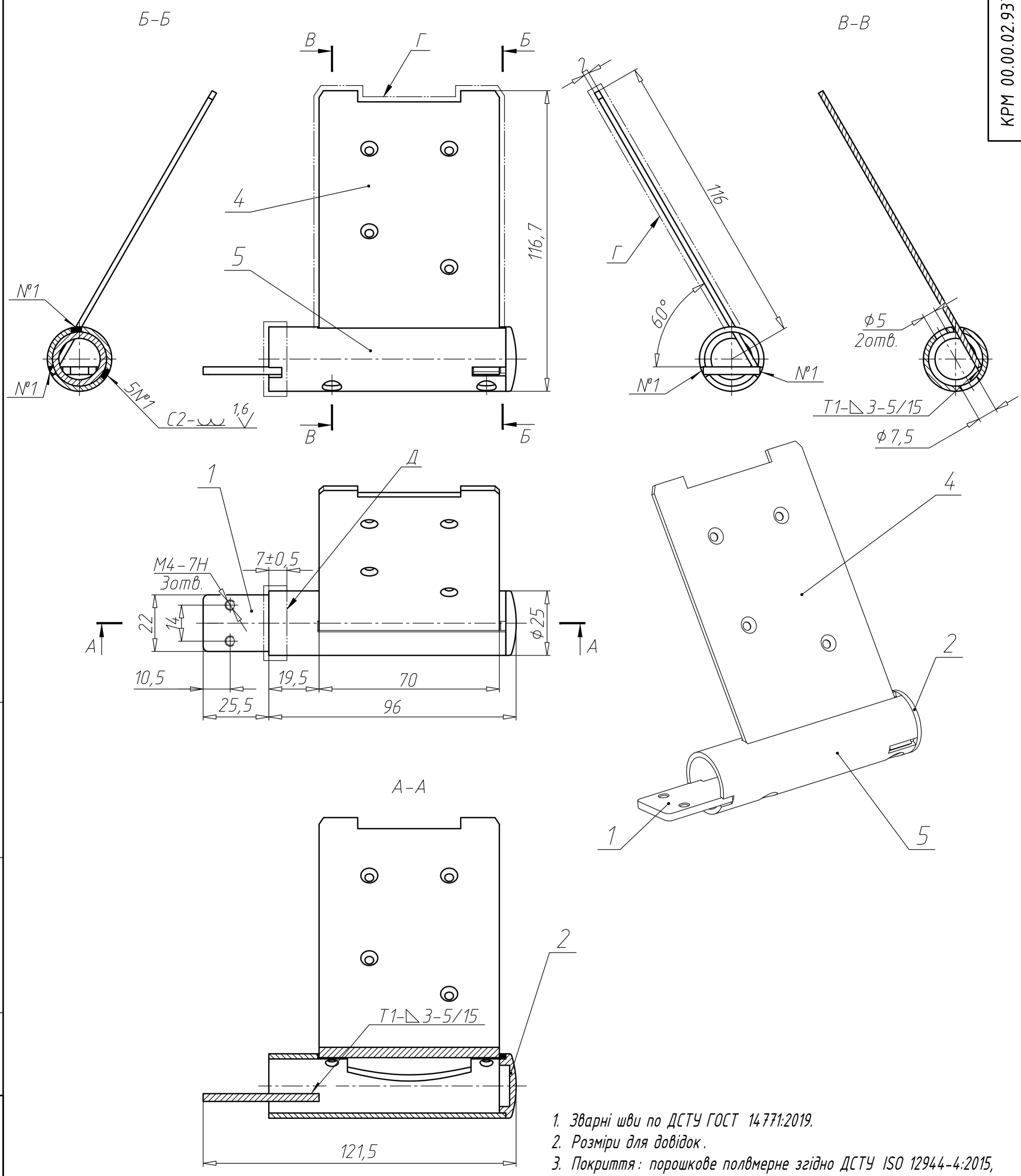
Довідк. №  
Підп. і дата  
Зам. інв. №  
Інв. № дудл.  
Інв. № ориг.



1. Розміри для довідок.
2. Пульт поз.22 кліти до кронштейна поз.2.
3. Решта технічних вимог по ОСТ 4 Г 0.070.015.

				КРМ 00.00.00.937 СК		
				<b>Пульт</b>		
				Складальне креслення		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Маса	Масштаб
Розроб.	Олійник І.І.				0,55	1:1
Керівник	Стрембський М.О.			Аркуш	Аркушів	1
Н.контр.	Апостол Ю.О.					
Рецензент						
Зав.каф.	Паламар М.І.					

Перв. застосування		КРМ 00.00.00.937		формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
Довідк. №												
								Документація				
				A2		КРМ 00.00.02.937 СК		Складальне креслення				
								Деталі				
				A4	1	КРМ 00.00.06.937		Пластина		1		
				A4	2	КРМ 00.00.07.937		Заглушка		1		
				A3	4	КРМ 00.00.08.937		Пластина		1		
				A3	5	КРМ 00.00.09.937		Труба		1		
Підп. і дата												
Взам. інв. №												
Підп. і дата												
Інв. № ориг.		Розроб.		Олійник І.І.				Кронштейн		Літ.	Арк.	Аркушів
				Керівник		Стрембіцький М.О.						
Н. контр.		Апостол Ю.О.										
Рецезент												
Зав.каф.		Паламар М.І.										
								КРМ 00.00.02.937				
				Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				



1. Зварні шви по ДСТУ ГОСТ 14771:2019.
2. Розміри для довідок.
3. Покриття: порошкове полвермерне згідно ДСТУ ISO 12944-4:2015, колір RAL 9016 згідно затвердженого взірця або інший колір згідно замовлення. Підготовка металевих поверхонь до фарбування по ДСТУ ISO 12944-4:2015. Різьбові отвори та пов. Γ, Д від покриття фарбою захистити.

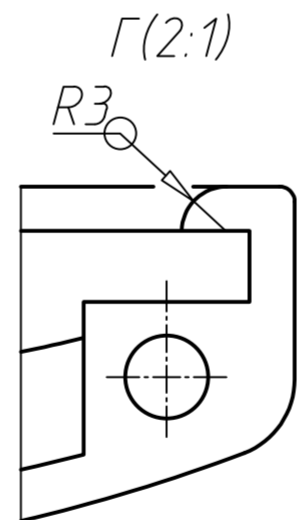
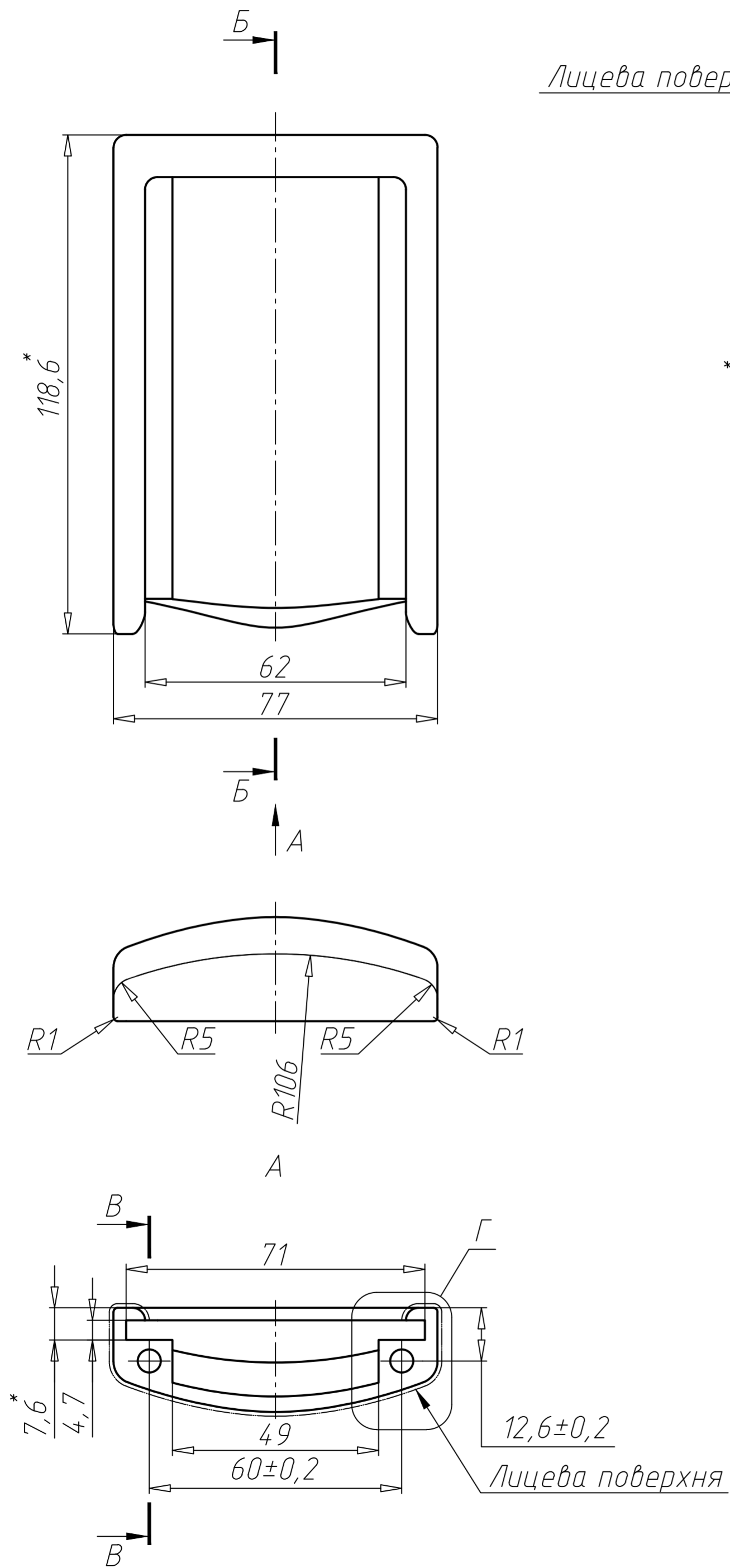
Перв. застосує.  
КРМ 00.00.02.937

Довідк. №  
Підп. і дата  
Інв. № дубл.  
Зам. інв. №  
Підп. і дата  
Інв. № ориг.

				<b>КРМ 00.00.02.937 СК</b>			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Кронштейн</b>	Лім.	Маса	Масштаб
Розроб.	Олійник І.І.					0,26	1:1
Керівник	Стрембійський М.О.				Аркуш	Аркушів	1
Н.контр.	Апостол Ю.О.			Складальне креслення			
Рецензент							
Зав.каф.	Паламар М.І.						

Перв. застосув.  
КРМ 00.00.00.937

Довідк. №



- \* Розміри для довідок.
- H14; h14; ± IT 14\2
- Невказані розміри і форма деталі поз.2 забезпечуються інструментом.
- Невказані радіуси ктуглень 2 мм.
- Зовнішній вигляд деталі згідно узгодженого взірця еталона. Колір RAL 9016 згідно затвердженого взірця або інший колір згідно замовлення. Лицева поверхня глянцева. Отвори Ø5,5 від покриття фарбою захистити.

				<b>КРМ 00.00.03.937</b>		
				<b>Кришка</b>		
				Складальне креслення		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Маса	Масштаб
Розроб.	Олійник І.І.				462	1:1
Керівник	Стрембський М.О.			Аркуш	Аркушів	1
Н.контр.	Апостол Ю.О.					
Рецензент						
Зав.каф.	Паламар М.І.					

## Додаток З

### Лістинг коду підпрограми для стоматологічного інструменту ТУРБІНА

```
if (state_pult == 0x41) // виконується, якщо знято ТУРБІНУ на 1 позиції
{
    readFLASHall(); // вичитати всі дані по кнопці В та А
    button_push_A_B = flashRead (0); // стан кнопки вичитати з 0 байту для
T1

    no ++;
    if (no == 1)
    {
        flag_SPRAY = 0;
    }
    else
    {
        flag_SPRAY = 1;
    }

    if (readButtonFO () == 1) // кнопка FO / ПІДСВІТКА
    /* Має три стани роботи:
    0x00 - FO OFF;
    0x22 - <5с - FO ON;
    0x2F - >5с - програмування інтенсивності підсвітки FO.
    */
    {
        timeONFO ++;
        if (stateButtFO == 0)
        {
            if (button_push_FO < 1)
            {
                button_push_FO ++;
            }
            else if (button_push_FO > 0)
            {
                button_push_FO --;
            }
        }
        stateButtFO = 1;
        button_push_zoom_FO = 0xCC;
    }
    else
    {
        if (stateButtFO_pr == 0)
        {
            stateButtFO = 0;
            button_push_zoom_FO = 0xEE;
        }
        else
        {
```

```

        stateButtFO = 1;
        stateButtFO_pr = 0;
    }
}

if (button_push_FO == 0 && stateButtFO == 1)
{
    ResetFO (); // підсвітка інструменту вимкнута OFF
    timeONFO = 0;
    timeLEDFO = 0;
    button_push_FO_sent = 0x27;
    button_push_FO_LED_A = 0x00;
}
if (button_push_FO == 1 && timeONFO <= 10 && stateButtFO == 1 )
{
    button_push_FO_sent = 0x21; // функція FO увімкнута
    button_push_FO_LED_A = 0x00;
    SetFO (); // підсвітка інструменту ввімкнута ON
}
if (button_push_FO == 1 && timeONFO > 10 && stateButtFO == 1) /*if
(button_push_resetSV_sent == 0xD0)*/
{
    button_push_FO_sent = 0x2F; // тривалість натискання
кнопки >3,5с - увімкнута функцію програмування інтенсивності підсвітки FO
    button_push_FO_LED_A = 0x2F;
}

if (button_push_FO_sent == 0x2F)
{
    timeLEDFO ++;

    button_push_1 = dataBuffTx [2]; // стна кнопок +/-
залишаємо без змін

    writeLed (button_push_FO_LED); // функція, яка змінює
стан світлодіода в режимі програмування інтенсивності підсвітки FO

    button_push_SPRAY_sent = dataBuffTx [4];
    stateButtSpray = 1;

    button_push_REVERS_sent = dataBuffTx [5];
    stateButtRevers = 1;

    if (button_push_ENDO_sent != 0x34)
    {
        button_push_ENDO_sent = dataBuffTx [6];
        stateButtEndo = 1;
    }
    else
    {
        button_push_ENDO_sent = 0x29; // кнопка ENDO
неактивна

        button_push_ENDO = 0;
        stateButtEndo = 1;
        ResetENDO ();
    }

    if (readButtonIncFO () == 1) // опитування стану кнопки +
/ Inc в режимі програмування інтенсивності підсвітки FO
    {
        if (stateButtIncFO == 0)

```



```

    {
        if (button_push_FO_LED < 16)
        {
            button_push_FO_LED ++;
        }
    }
    stateButtIncFO = 1;
    button_push_zoom_INC_FO = 0xCC;
}
else
{
    stateButtIncFO = 0;
    button_push_zoom_INC_FO = 0xEE;
}

if (readButtonDecFO () == 1) // опитування стану кнопки -
/ Dec в режимі програмування інтенсивності підсвітки FO
{
    if (stateButtDecFO == 0)
    {
        if (button_push_FO_LED > 0)
        {
            button_push_FO_LED --;
        }
    }
    stateButtDecFO = 1;
    button_push_zoom_DEC_FO = 0xCC;
}
else
{
    stateButtDecFO = 0;
    button_push_zoom_DEC_FO = 0xEE;
}

if (timeLEDFO < 10) // частота мигання світлодіода 1с
{
    SetFO ();
}
else if (timeLEDFO < 20)
{
    ResetFO();
}
else
{
    timeLEDFO = 0;
}
}

if (readButtonSpray () == 1) // кнопка СПРЕЙ / SPRAY має два стани
ВКЛ/ВИКЛ
    /*Має три стани роботи:
    0x00 - SPRAY OFF;
    0x22 - <4с - FO ON;
    0x25 - >4с - FO OFF.
    */
    {
        timeONSPRAY ++;
        if (stateButtSpray == 0)
        {
            if (button_push_SPRAY < 1)
            {

```

```

        button_push_SPRAY ++;
    }
    else if (button_push_SPRAY > 0)
    {
        button_push_SPRAY --;
    }
}
stateButtSpray = 1;
button_push_zoom_SPRAY = 0xCC;
}
else
{
    stateButtSpray = 0;
    button_push_zoom_SPRAY = 0xEE;
}

if (button_push_SPRAY == 0)
{
    ResetSpray (); // спреї вимкнено OFF
    button_push_SPRAY_sent = 0x26;
    timeONSPRAY = 0;
    timeLEDSPRAY = 0;
}
else if (button_push_SPRAY != 0)
{
    if (timeONSPRAY < 12) // тривалість натискання кнопки <4с
    {
        SetSpray (); // спреї увімкнено ON
        button_push_SPRAY_sent = 0x22;
    }
    else // if (timeONSPRAY > 40)
    {
        timeLEDSPRAY ++;
        button_push_SPRAY_sent = 0x25; // тривалість натискання
кнопки >4с - увімкнено функцію промивк

        stateButtInc = 1;
        stateButtDec = 1;

        button_push_FO_sent = dataBuffTx [3];
        stateButtFO = 1;

        button_push_REVERS_sent = dataBuffTx [5];
        stateButtRevers = 1;

        stateButtIncEndo = 1;
        stateButtDecEndo = 1;

        stateButtIncEndofun = 1;
        stateButtDecEndofun = 1;

        stateButtIncFO = 1;
        stateButtDecFO = 1;

        if (button_push_ENDO_sent != 0x34)
        {
            button_push_ENDO_sent = dataBuffTx [6];
            stateButtEndo = 1;
        }
        else
        {

```

```

        button_push_ENDO_sent = 0x29; // кнопка ENDO
неактивна
        button_push_ENDO = 0;
        stateButtEndo = 1;
        ResetENDO ();
    }

    if (timeLEDSPRAY < 5) // частота мигання світлодіода 0,5с
    {
        SetSpray ();
    }
    else if (timeLEDSPRAY < 10)
    {
        ResetSpray ();
    }
    else
    {
        timeLEDSPRAY = 0;
    }
}
    if ((button_push_SPRAY_sent == 0x22 || button_push_SPRAY_sent ==
0x25) && button_push_resetSV_sent == 0xD1)
    {
        ResetSpray ();
    }
}

if (button_push_SPRAY_sent == 0x22)
{
    // Додано кнопку А для регулювання спрею
    if (readButtonSprayAdjB() == 1) // опитування стану кнопки В в режимі
регулювання спрею
    {
        if (stateButtB == 0)
        {
            if (button_push_A_B <= 4)
            {
                button_push_A_B ++;
                dataFRAM [0] = button_push_A_B; // запис даних у
буфер
                writeFLASHall(); // запис даних у пам'ять МК
            }
        }
        stateButtB = 1;
        button_push_zoom_B = 0xCC;
    }
    else
    {
        stateButtB = 0;
        button_push_zoom_B = 0xEE;
    }

    if (readButtonSprayAdjA() == 1) // опитування стану кнопки А в режимі
регулювання спрею
    {
        if (stateButtA == 0)
        {
            if (button_push_A_B > 1)
            {
                button_push_A_B --;

```

буфер

```
dataFRAM [0] = button_push_A_B; // запис даних у
writeFLASHall(); // запис даних у пам'ять МК
    }
}
stateButtA = 1;
button_push_zoom_A = 0xCC;
}
else
{
    stateButtA = 0;
    button_push_zoom_A = 0xEE;
}
}

// Регулювання для клапана SV4
if (readButtonEndo () == 1) // кнопка ЕНДО /ENDO
{
    if (stateButtEndo == 0)
    {
        if (button_push_ENDO < 1)
        {
            button_push_ENDO ++;
        }
        else if (button_push_ENDO > 0)
        {
            button_push_ENDO --;
        }
    }
    stateButtEndo = 1;
    button_push_zoom_ENDO = 0xCC;
}
else
{
    stateButtEndo = 0;
    button_push_zoom_ENDO = 0xEE;
}

stateResetSV = stateButtSpray + stateButtEndo;

if (stateResetSV == 2 && state_pult == 0x41)
{
    button_push_resetSV_sent = 0xD1;
    button_push_SPRAY_sent = dataBuffTx[4];
    prev_val_resetSV_sent = 0xD1; }

if (button_push_resetSV_sent == 0xD1)
{
    zoom_SV4 = 0xCC;
    ResetFO ();
    ResetSpray ();
    timeLEDEndo ++;
    button_push_1 = dataBuffTx [2];
    writeLed (button_push_ResetSV_LED); // функція, яка змінює стан
світлодіодів в режимі ENDO / ЕНДО

    button_push_SPRAY_sent = dataBuffTx [4];
    stateButtSpray = 1;

    button_push_REVERS_sent = dataBuffTx [5];
    stateButtRevers = 1;
```

```

        if (button_push_ENDO_sent != 0x34)
        {
            button_push_ENDO_sent = dataBuffTx [6];
            stateButtEndo = 1;
        }
        else
        {
            button_push_ENDO_sent = 0x29; // кнопка ENDO
            button_push_ENDO = 0;
            stateButtEndo = 1;
            ResetENDO ();
        }
    }

    if (readButtonIncResetSV () == 1) // опитування стану кнопки + / Inc в режимі
    SV4
    {
        if (stateButtIncResetSV == 0)
        {
            if (button_push_ResetSV_LED < 32)
            {
                button_push_ResetSV_LED ++;
            }
        }
        stateButtIncResetSV = 1;
        button_push_zoom_INC_SV = 0xCC;
    }
    else
    {
        stateButtIncResetSV = 0;
        button_push_zoom_INC_SV = 0xEE;
    }

    if (readButtonDecResetSV () == 1) // опитування стану кнопки - / Dec в
    режимі SV4
    {
        if (stateButtDecResetSV == 0)
        {
            if (button_push_ResetSV_LED > 0)
            {
                button_push_ResetSV_LED --;
            }
        }
        stateButtDecResetSV = 1;
        button_push_zoom_DEC_SV = 0xCC;
    }
    else
    {
        stateButtDecResetSV = 0;
        button_push_zoom_DEC_SV = 0xEE;
    }

    if (timeLEDEndo < 6) // частота мигання світлодіода 1с
    {
        SetENDO ();
        SetSpray ();
    }
    else if (timeLEDEndo < 12)
    {
        ResetENDO ();
    }
}

```

```
ResetSpray ();  
    }  
    else  
    {  
        timeLEDEndo = 0;  
    }  
}  
else  
{  
    zoom_SV4 = 0xEE;  
}  
}
```

## Додаток І

Блок-схема алгоритму узгодження роботи кнопки SPRAY

за умови можливого включення

з плати пульта керування стоматологічною установкою та з контролера крісла

