

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розробка та дослідження автоматизованої системи кардіологічного моніторингу
пацієнта

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи КТМ-61

спеціальності (напряму підготовки) 151 Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Данів П.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Добротвор І.Г.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Левицький В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Коноваленко І.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській роботі розроблено і досліджено мобільну систему кардіологічного моніторингу пацієнта. Функціонально система поділяється на мобільний, носимий блок та центральний пост реєстрації, запам'ятовування та обробки кардіологічної інформації

Мобільний блок виконує функцію знімання кардіологічної інформації, для чого використовується багатоканальний кардіограф з диференціальною розв'язкою входів. Інформація з електрокардіографа поступає на блок узгодження та АЦП, де проходить перетворення електрокардіограми з аналогової в цифрову форму, відповідно забезпечується узгодження часових форм реєстрації в масштабі реального часу (прописуються відліки реального часу відліків кардіограми). З блоку АЦП та узгодження цифрова інформація поступає на блок прийомопередавача, який працює в GSM, цифровому форматі передачі даних.

Дані по радіоканалу поступають на центральний пост реєстрації, де приймаються аналогічним блоком GSM прийомопередавача. Після прийому та декомпресації неперервний потік поступає на центральний МП-комплект системи центрального поста реєстрації, після обробки інформація поступає на центральну ПЕОМ та на блок LCD – індикації, де індикується в реальному масштабі часу з вказанням відліків часу. В блоці є можливість запису в пам'ять інтервалів знятої кардіограми, режим стоп-кадру, що забезпечує відповідні зручності при діагностуванні та лікуванні.

Розглянуто ряд питань, що стосуються синтезу структурної та функціональної схем, а також вибору елементної бази. Проведено розрахунок показників точності, надійності та технологічності розробленого. Проаналізовано економічні показники приладу, а також шкідливий вплив на навколишнє середовище процесів виготовлення, експлуатації та утилізації приладу.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Аналітична частина	10
1.1 Методика оцінки АЧХ багатоканальних цифрових електрокардіографів	10
1.2 Алгоритм обробки артеріального тиску крові	16
1.3 Побудова багатоканальних цифрових електрокардіографів	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1. Характеристика виробу та його призначення	27
2.1.1. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей виробу та технологічних особливостей його виготовлення	27
2.1.2 Технологічні вимоги до проєктованого пристрою	28
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення виробу	32
2.2.1 Технологічні операції підготовки.	33
2.2.2 Лудження і оплавлення друкованих плат	34
2.3 Вимоги до технологічності, уніфікації й стандартизації	37
2.4 Аналіз технології	38
2.4.1 Аналіз технологічності конструкції	38
2.4.2 Розрахунок показників технологічності	39
2.4.3 Обґрунтування вибору технологічного устаткування для виробництва модуля	41
2.4.4 Обґрунтування основних режимів роботи обладнання	43
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	45
3.1 Опис структурної схеми пристрою	45
3.2 Розрахунок параметрів схеми	47
3.2.1 Розрахунок частоти дискретизації кардіосигналу	47
3.2.2 Розрахунок необхідної величини оперативної пам'яті	47
3.3 Опис протоколів обміну даними	48
3.3.1 Опис послідовного інтерфейсу RS232C	48
3.3.2 Опис шини I ² C	52
3.3.3 Перевірочний розрахунок на швидкодію шини	58

3.4 Вибір елементів схеми	59
3.4.1 Вибір мікросхеми оперативного запам'ятовуючого пристрою	59
3.4.2 Вибір модема	66
3.4.3 Вибір рідкокристалічного індикатора	70
3.4.4 Вибір інших елементів схеми	77
3.5 Опис електричних принципових схем	79
3.5.1 Опис схеми електричної принципової блоку збору даних	79
3.5.2 Опис схеми електричної принципової блоку індикації і управління	82
3.6 Розрахунок елементів схеми	83
3.7 Розрахунок похибки приладу	86
3.8 Розрахунок вібростійкості	88
3.9 Розрахунок надійності	90
3.10 Розрахунок показників конструкції	94
3.11 Інструкція по експлуатації приладу	97
3.12 Основні несправності та методи їх усунення	100
4. Науково-дослідна частина	103
4.1 Узагальнені структурні схеми кардіомоніторів	105
4.2 Функціональний склад електронних пристроїв	110
4.3 Пристрої знімання ЕКС у кардіомоніторах	111
4.4 Підсилювачі електрокардіосигналу, особливості джерела збудження	112
4.5 Пристрої відображення інформації	115
4.6 Основні медичні й експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів	116
4.7 Підвищення ефективності застосування кардіомоніторів	118
5 Спеціальна частина	121
5.1 Параметри ініціалізації контролера дисплея SED1335	121
5.1.1 Команда SYSTEM SET і її параметри	121
5.1.2 Приклад ініціалізації	123
5.1.3 Установка режиму відображення: Комбінування тексту і графіки	130

5.1.4	Установка режиму відображення	132
5.1.5	Установка режиму відображення	134
6	Обґрунтування економічної ефективності	136
6.1	Планування технічної підготовки виробництва проєктованого приладу	136
6.1.1	Визначення трудомісткості і обсягу робіт конструкторської підготовки виробництва	136
6.1.2	Визначення трудомісткості і обсягу робіт технологічної підготовки виробництва	139
6.1.3	Складання сіткового графіка технічної підготовки виробництва	141
6.2	Розрахунок економічної ефективності впровадження	146
6.3	Покращення організації технологічної підготовки виробництва	155
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	162
7.1	Розрахунок природного освітлення для цеху, дільниці, що проєктується	162
7.2	Правила безпеки при експлуатації обладнання	164
7.3	Розрахунок заземлюючого пристрою	167
8	Екологія	171
8.1	Актуальність охорони навколишнього середовища	171
8.2	Правові екологічні норми і закони	172
8.3	Шкідливий вплив від технологічного процесу, що використовується	177
8.4	Заходи з охорони довкілля	177
8.4.1	Заходи по забезпеченню безпеки при виготовленні друкованих плат	178
8.4.2	Склеювання деталей і вузлів	179
8.4.3	Паяння деталей і вузлів	180
	ВИСНОВОК	184
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	187
	ДОДАТКИ	190

ВСТУП

При наданні медичної допомоги, надзвичайно важливою є точна постановка діагнозу. В випадку серцево-судинних захворювань не менш важливе значення має і швидкість постановки.

Для цього доцільно було б провести аналіз електрокардіограми з допомогою електронно-обчислювальної техніки, оскільки такий спосіб є найбільш швидким та інформативним. Крім того, при використанні ЕОМ з'являється можливість швидко отримати доступ до історії хвороби пацієнта (в випадку, якщо ця людина раніше вже проходила курс лікування), де може міститись важлива інформація, наприклад, про алергію на ті чи інші види медичних препаратів. Однак використання бортового комп'ютера в машинах швидкої допомоги є досить проблематичним і дорогим.

Більш перспективною є розробка пристрою, який забезпечував би знімання кардіосигналу і пересилання його в цифровій формі на комп'ютер в центрі. Вже в центрі (лікарні) проводиться цифрова обробка кардіограми з допомогою спеціального програмного забезпечення. Персоналу в машині швидкої допомоги передають вже готові результати діагностування. Такий метод має ще одну суттєву перевагу – при складних захворюваннях існує можливість отримання медичним персоналом в машині консультації від провідних спеціалістів клініки.

Крім цього, для хворих при тривалому лікуванні необхідно, постійно діагностувати серцево-судинну систему, для визначення правильності лікування.

Розробку саме такого пристрої і проведено в даному дипломному проекті. Блок забезпечує приймання інформації з діагностичних приладів (передбачається використання кардіографа і тонометра) і передачу її в лікарню (центр). Передбачено можливість використання як сучасних приладів з цифровим виходом (послідовний інтерфейс RS232), так і більш старіших моделей з аналоговим виходом.

В приладі передбачено також можливість зв'язку за принципом пейджера. Тобто центральний комп'ютер може переслати коротке текстове повідомлення на прилад, розміщений в конкретній машині. При цьому останній подасть звуковий сигнал, який повідомить лікаря про необхідність переглянути список повідомлень. Таким чином отримується додатковий канал зв'язку з медичним персоналом

Як бачимо використання такого приладу має подвійний ефект:

- по-перше, зменшується до мінімуму імовірність, що пацієнту в машині не правильно нададуть першу допомогу;

- по-друге, лікарі в лікарні, знаючи точний діагноз пацієнта, матимуть більше часу для підготовки до його прийому, що є надзвичайно важливим при наданні медичної допомоги важкохворим та потерпілим в результаті аварій.

1. Аналітична частина

1.1 Методика оцінки АЧХ багатоканальних цифрових електрокардіографів

У документах ДСТ 19687-89 "Прилади для виміру біоелектричних потенціалів серця. Загальні технічні вимоги і методи іспитів" описується метод обчислення нерівномірності АЧХ (модуля комплексного коефіцієнта передачі) електрокардіографа (ЕК), заснований на вимірах вихідних амплітуд гармонійного сигналу при подачі його на входи приладу. Цей метод трудомісткий, оскільки для кожного каналу ЕК необхідно провести серію вимірів вихідних амплітуд гармонійного сигналу при різних значеннях частоти. При використанні цього методу для тестування цифрових ЕК приходиться зіштовхуватись з ефектом "візуального биття" амплітуди вихідного гармонійного сигналу, коли частота тестової синусоїди більше 10 % частоти дискретизації сигналів ЕК, що утрудняє точний вимір АЧХ. З одного боку, цей метод є єдиним недорогим способом визначення АЧХ каналів аналогових ЕК. З іншого боку, сучасні електрокардіографи, що використовують цифрове перетворення вимірюваних сигналів, надають доступ до оцифрованих значень цих сигналів. Наявність такого доступу до даних цифрових ЕК, що можуть бути оброблені методами спектрального аналізу, уможлиблює спростити спосіб і підвищити точність виміру АЧХ каналів приладів.

Існують методи генерації псевдовипадкових сигналів (ПСС), що характеризуються тим, що усередині заданого діапазону частот містить усі гармонійні складові однакової амплітуди, тобто має постійну спектральну щільність потужності (СПМ). При впливі ПСС на вхід лінійної системи внаслідок характерного для неї принципу суперпозиції на виході системи діє сума усіх вхідних сигналів без якого-небудь взаємного впливу один на одного. Важливою перевагою подібного впливу є можливість ідентифікації систем за мінімальний час проведення іспитових процедур.

Комплексний коефіцієнт передачі $\Phi(f\omega)$ можна визначити як відношення

вектора Y вихідної величини системи до вектора X вхідної величини синусоїдальної форми при заданому значенні її частоти ω . Вихідний вектор Y можна обчислити множенням вхідного вектора X на $\Phi(\phi\omega)$ якщо комплексний коефіцієнт передачі апріорі відомий. При дискретних значеннях частот необхідно говорити про спектральну густину амплітуд $\Xi_{\Delta}(\phi\omega)$ на вході системи і $\Psi_{\Delta}(\phi\omega)$ на її виході, тоді

$$\Psi_{\Delta}(\phi\omega) = \Phi(\phi\omega)\Xi_{\Delta}(\phi\omega). \quad (1)$$

З огляду на той факт, що оцінка СПМ виражається через оцінку спектральної щільності амплітуд на інтервалі виміру сигналу T як оцінка СПМ $S_X^*(\omega)$ пропорційна квадрату модуля спектральної щільності амплітуд $X^*(j\omega)$, легко встановлюється залежність між оцінками СПМ $S_X^*(\omega)$ на вході і $S_Y^*(\omega)$ на її виході:

$$S_Y^*(\omega) = |F^*(j\omega)|^2 S_X^*(\omega) = A^{*2}(\omega) S_X^*(\omega) \quad (3)$$

Обумовлена модулем спектральної щільності амплітуд, СПМ не відбиває фазових співвідношень складових сигналу, тому взаємозв'язок між СПМ вхідного і вихідного сигналів лінійної системи визначається винятково АЧХ, що виражається оцінкою $A^*(\omega)$. Вираз (3) характеризує можливість виміру АЧХ лінійної системи шляхом впливу на її вхід шумоподібним тестовим сигналом. Виміри АЧХ спрощуються при сталості СПМ $S_W^*(\omega)$ тестового сигналу й обчисленні логарифма АЧХ:

$$A^*(\omega) = 10 \lg \frac{S_X^*(\omega)}{S_W^*(\omega)} \quad (4)$$

Подача на входи каналів ЕК ПСС здійснюється послідовно, тобто канали, що не піддаються іспиту, повинні бути з'єднані з нейтральним електродом. Це зв'язано з тим, що цифрові дані ЕК містять значення ЕКГ відведень, з яких неможливо обчислити значення окремих вхідних сигналів у каналах ЕК. Таким чином, для кожної системи відведень необхідно задавати визначену послідовність етапів подачі ПСС на канали ЕК і виділення у вихідних цифрових даних ПСС, що відповідають випробовуваному каналу.

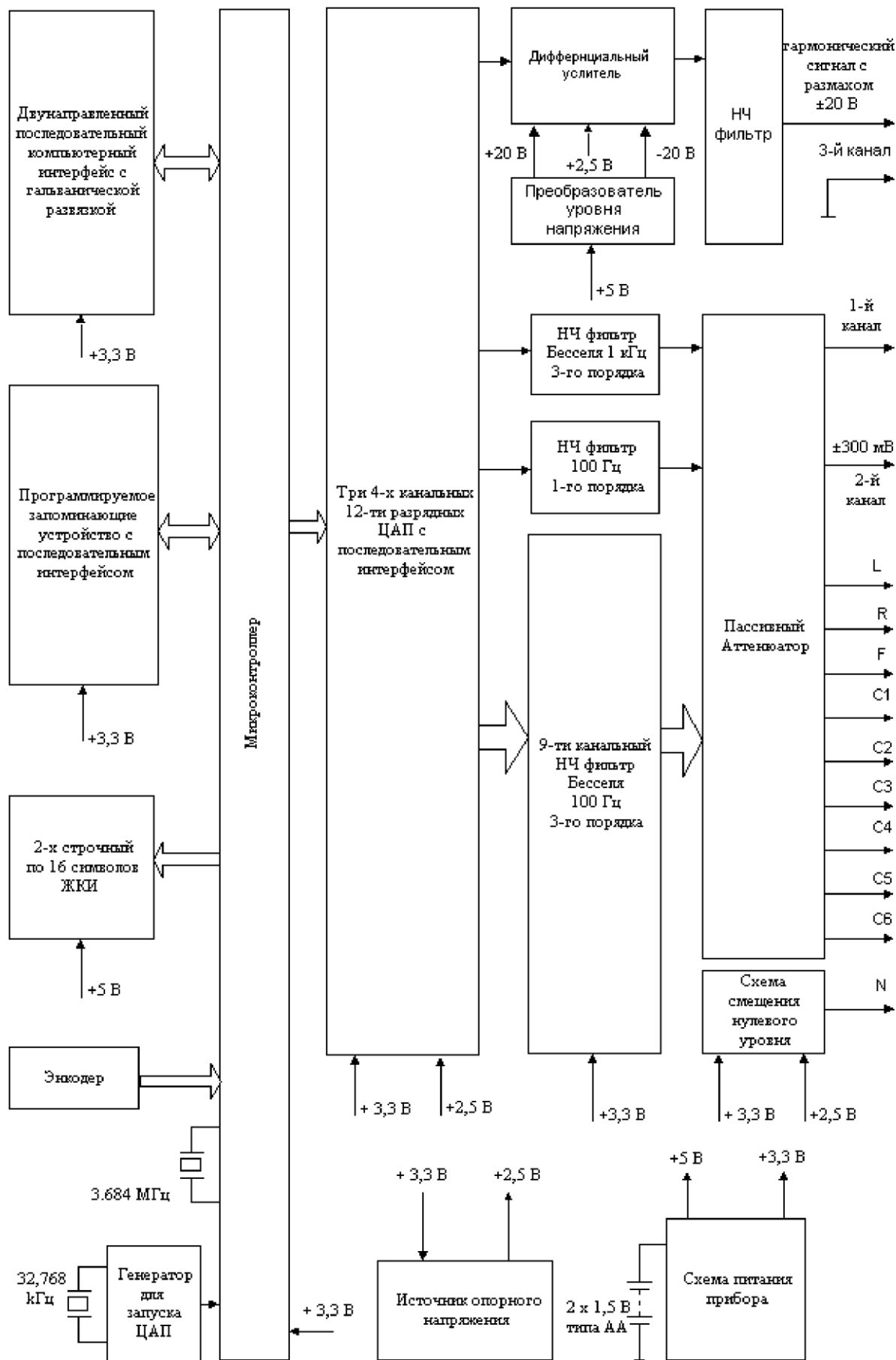


Рисунок 1.1 Структура багатоканального ЕКГ

Найбільше широко застосовуваним генератором ПСС є регістр максимальної довжини (РМД), що є регістром зрушення зі зворотним

зв'язком, тактований з частотою f_s . Спектр цього ПСС складають коливання шуму від частоти повторення всієї послідовності до тактової частоти і вище. До частоти $0.12f_s$ спектр має плоску частину з нерівномірністю $\pm 0,1$ дБ, потім спостерігається швидке падіння до рівня -3 дБ на частоті $0.44f_s$. Використовуючи фільтр нижніх частот з частотою зрізу до $0.12f_s$, можна одержати сигнал "білого" шуму з обмеженою смугою. Придатним способом обмеження смуги генерованого шуму мікроконтролерними імітаторами є цифрова фільтрація вихідної послідовності біт РМД. Як фільтр обраний цифровий фільтр типу згладженої sinc -функції (windowed sinc), вагові коефіцієнти $h(i)$ якого обчислюються по наступним формулах:

$$h_b(i) = \frac{\sin(2\pi f_c(i - M/2))}{i - M/2} w(i),$$

$$h_b(M/2) = 2\pi f_c,$$

$$h(i) = \frac{h_b(i)}{\sum_{i=0}^{M-1} h_b(i)}, \quad (5)$$

де $M=m-1$ (m - число розрядів РМД), а f_c - частота зрізу фільтра, що виражається в частках від тактової частоти. Як згладжуваче вікно $w(i)$ обране вікно Блекмана

$$w(i) = 0.42 - 0.5\cos(2\pi i/M) + 0.08\cos(4\pi i/M) \quad (6)$$

Поточний b_k відлік ПСС обчислюється по наступним формулах:

$$b_k = 2 \sum_{i=1}^m h(i-1) \text{reg}(i, k) - 1, C_k = \left\langle \frac{2^N - 1}{2A} b_k \right\rangle, A = \sum_{i=0}^{m-1} |h(i)|, \quad (7)$$

де $\text{reg}(i,k)$ - стан i -го біта регістра зрушення на k -ом кроці, код C_k відповідний b_k , подаваний на вхід N розрядного ЦАП. Кутові дужки позначають операцію округлення до найближчого цілого.

На практиці часто застосовують два методи обчислення СПМ - традиційне й інформаційне спектральне оцінювання. Традиційні методи оцінювання СПМ засновані на застосуванні перетворення Фур'є безпосередньо до реалізації сигналу, що спостерігався, (метод Кулі-Тьюкі) чи до статистичної оцінки автокореляційної функції методом Блекмана-Тьюкі. Здатність, що дозволяє, і точність одержуваних при цьому оцінок обмежені кінцевою тривалістю реалізації чи

сигналу, відповідно, кінцевим інтервалом значень кореляційної функції, для яких обчислювалися її статистичні оцінки. Зниження ефекту усікання чи сигналу його автокореляційної функції досягається шляхом згладжування спектра за допомогою спектральних вагових вікон.

Інформаційні методи спектрального оцінювання засновані на перетворенні Фур'є автокореляційної функції сигналу. Відомі також інформаційні методи, у яких перетворення Фур'є застосовується безпосередньо до реалізації сигналу, що спостерігалася. Відмінна риса інформаційного підходу до спектрального оцінювання складається в попередній екстраполяції наявного в розпорядженні відрізка кореляційної чи функції сигналу на усю вісь значень аргументу. Критерієм якості екстраполяції служить інформаційна характеристика аналізованого сигналу - ентропія. Перевагою інформаційних методів у порівнянні з традиційними методами є підвищена здатність, що дозволяє, особливо у випадках, коли вихідні дані містять короткий відрізок високоточних результатів виміру чи сигналів оцінок автокореляційної функції. Крім того, інформаційні методи спектрального оцінювання розширюють межі досяжної точності і здатності аналізу, що дозволяє, завдяки обліку додаткової апріорної інформації про сигнал, що може бути представлена відомими середніми значеннями довільних функцій відліків у дискретні моменти часу, попередніми оцінками щільності чи потужності передбачуваною функцією розподілу сигналу. Саме можливість обліку апріорної інформації практично будь-якого типу є головною відмінністю інформаційного спектрального оцінювання від інших методів спектрального аналізу.

Результати роботи методу оцінки АЧХ на прикладі визначенні її для тестового низькочастотного фільтра Баттерворта 6-го порядку з частотою зрізу 70 Гц представлені на рис 1. Як традиційний метод оцінювання СПМ використовувалася процедура Кулі-Тьюкі з ваговим вікном Хенінга, а інформаційне спектральне оцінювання вироблялося методом максимальної ентропії 10-го порядку. Підсумкові оцінні криві АЧХ були отримані шляхом середнення 58 реалізацій ПСМ ПСС, щеного че ез тестовий іль .

Побудовані оцінки АЧХ задовільно збігаються з теоретичної АЧХ.

Статистичні погрішності оцінок АЧХ для методів, що використовують традиційне й інформаційне спектральне оцінювання, склали 13 % і 3 % відповідно. Тому, як спектральний метод для оцінки АЧХ цифрових ЕК за допомогою впливу ПСС рекомендується застосовувати інформаційне спектральне оцінювання.

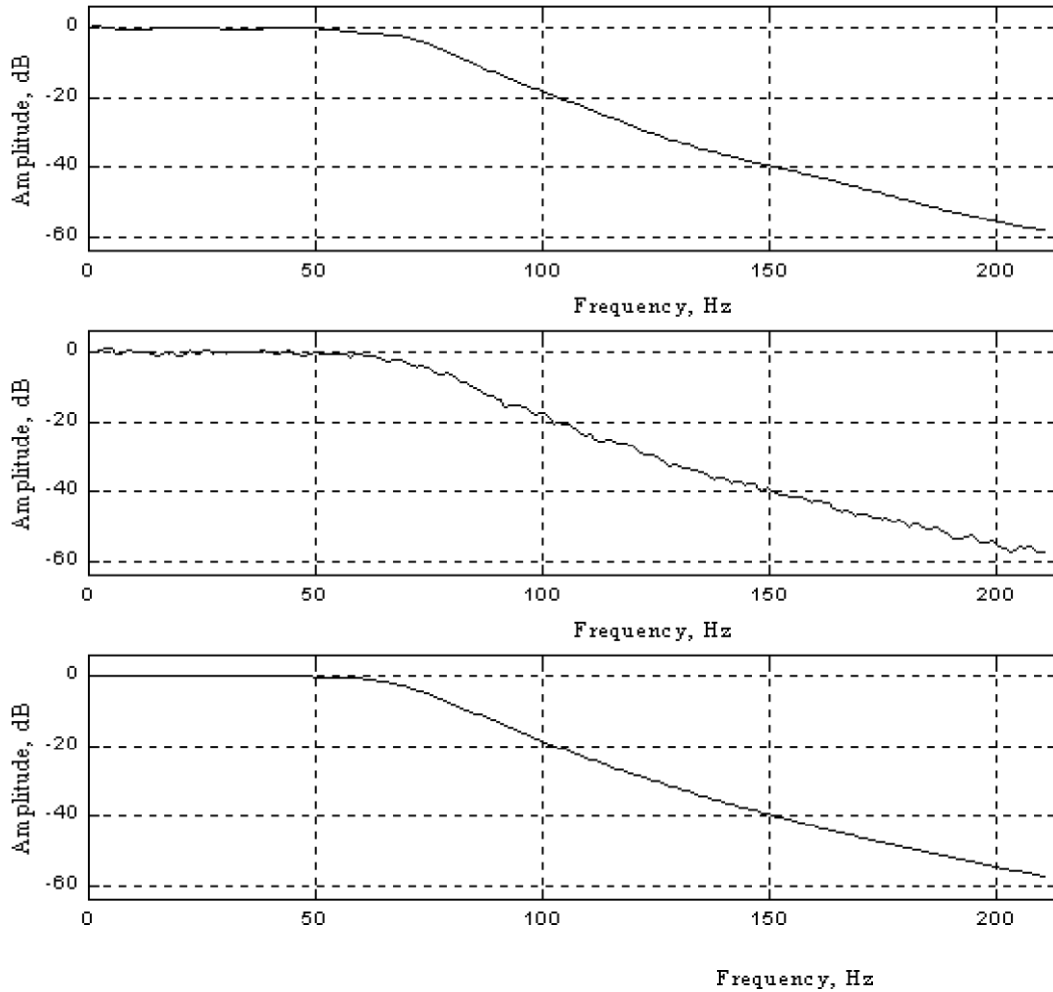


Рис.1.2. Графіки АЧХ НЧ фільтра Баттерворта 6-го порядку, побудовані трьома способами: верхній - інформаційним спектральним оцінюванням, середній - традиційним спектральним оцінюванням, нижній - теоретична АЧХ фільтра.

Відзначимо, що необхідний час побудови АЧХ одного каналу цифрового ЕК описаним вище методом складе максимум одну хвилину. Порівнюючи цей час із тривалістю проведення виміру стандартним способом, безумовно, можна зробити висновок про значні переваги цього методу оцінки АЧХ цифрових ЕК.

1.2 Алгоритм обробки артеріального тиску крові

• Алгоритм визначає координати характерних крапок пульсової хвилі артеріального тиску крові (АТК) і на їхній підставі обчислює набір параметрів для кожного серцевого циклу. Алгоритм включає наступні етапи:

• Знайти 4 послідовних екстремуми $\{E_1, E_2, E_3, E_4\}$ пульсові хвилі АТК і визначити мінімальний $L_{\min} = \min\{E_1, E_2, E_3, E_4\}$.

• Знайти наступні 5 послідовних екстремуми пульсової хвилі АТК, починаючи з L_{\min} , а саме $L_1 = L_{\min}, H_2, L_2, H_3, L_3$.

• Якщо $(L_2 > L_1) \& (H_2 > H_3) \& (L_2 > L_3)$, то $T = t_3 - t_1, H = H_2, L = L_3$, інакше $T = t_2 - t_1, H = H_2, L = L_2$, а також для наступного серцевого циклу $T = t_3 - t_2, H = H_3, L = L_3$.

• Обчислити наступні параметри:

- систолічний тиск (H),
- діастолічний тиск (L),
- пульсовий тиск (H-L),
- середній тиск $(L + [H-L]/3)$,
- тривалість серцевого циклу (T),
- частоту серцевих скорочень $(60/T)$.

Вважаючи $L_{\min} = L_3$, перейти на 2-й етап.

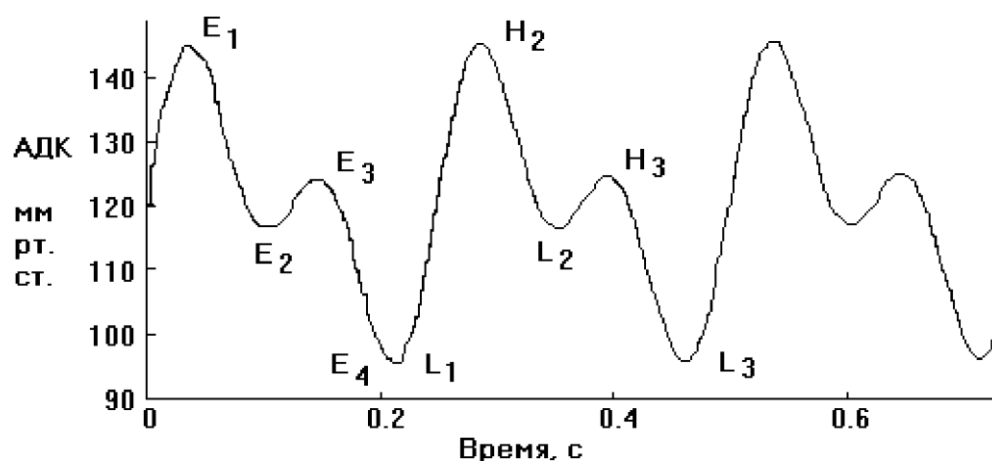


Рисунок 1.3 Графік зміни артеріального тиску

1.3 Побудова багатоканальних цифрових електрокардіографів

У типових багатоканальних цифрових електрокардіографах [1,2,3,4] схема 12-ти стандартних відведень формується за допомогою вхідної комутації перед малошумящими диференціальними (інструментальними) підсилювачами, а

необхідні обчислення виробляються за допомогою дільників напруги на основі прецизійних резисторів. У цій схемі знімання потенціалів здійснюється з правої руки (R), лівої руки (L), лівої ноги (F) і шести крапок від правого краю грудина до лівої середньопідмишкової лінії (31-36). На основі знятих потенціалів обчислюються наступні відведення:

- основні $I=L-R$, $II=F-R$, $III=F-L$
- посилені $aVR=R-(F+L)/2$, $aVL=L-(R+F)/2$, $aVF=L-(R+L)/2$
- грудні $V_i=C_i-(R+L+F)/3$, $i=1..6$.

При реалізації такої схеми, як правило, задіється і додатковий електрод на праву ногу (N), що забезпечує нульовий потенціал для аналогового сигналу. Також через цей електрод на тіло пацієнта можна в противазі подавати сигнал, отриманий від перетворення одного чи декількох вхідних потенціалів, що по суті є аналогом низько добротного рекурсивного (адаптивного) фільтра, покликаного компенсувати високоамплітудну синфазну перешкоду - у першу чергу наведення від електромережі (50 чи 60 Гц).

Відповідними документами ДСТ [5] визначено, що у вхідного електрокардіографічного сигналу при повному розмаху 5 мВ від піка до піка припустима наявність постійної складової до 300 мВ. У першу чергу ця вимога порозумівається необхідністю компенсації міжелектродних потенціалів, що виникають у місцях приєднання електродів [6,7,8]. Тут слід зазначити, що в сучасних AgCl електродів міжелектродний потенціал складає одиниці мілівольтів.

Необхідний діапазон частот для електрокардіографа повинний складати, як мінімум, смугу від 0.05 до 120 Гц (за рівнем -3 d). Причому, якщо до верхнього діапазону частот немає чітко обґрунтованих вимог - у різних джерелах називаються значення від 100 до 250 Гц, те зі значенням нижньої частоти пропущення зв'язуються значимі діагностичні параметри ЕКГ. З одного боку, при постійної часі менш 3,2 секунди, що відповідає 0.05 Гц, на електрокардіограмі спостерігаються перекручування низькочастотного S-T інтервалу, що приводять до невірної діагностики змін міокарда, аж до помилкового висновку про наявність інфаркту [7,9]. З іншого боку, при деяких дослідженнях, наприклад навантажувальних пробах, усвідомлено вибирається менша постійна часу для

кращого утримання ізоляції [10]. Для придушення перешкод, зв'язаних з електроміографічними сигналами, бажаний антитреморний фільтр нижніх частот (ФНЧ), що обмежує діапазон вхідного сигналу до 60-70 Гц, а для боротьби з мережною перешкодою режекторний фільтр на 50 Гц (60 Гц). У підсумку електрокардіограф повинний мати що переключається ФВЧ із найбільшої постійної часу не менш 3,2 секунди, фільтр мережного наведення і сполучений з ним чи реалізований перемикач окремо ФНЧ.

Частота дискретизації повинна бути більш ніж у два рази вище верхньої смуги пропускання. Як правило, застосовують частоту дискретизації в 500 Гц, рекомендовану Американською асоціацією кардіологів [11,12,13]. Дозвіл по амплітуді в сучасних приладів повинне складати не менш 5 мкВ. Високий амплітудний дозвіл необхідно для деяких видів обробки кардіокривих (наприклад, ЕКГ високого дозволу [5]), а також для високоякісного представлення електрокардіограми на чи екрані у твердій копії.

Для завдання різних постійних часу сигналу застосовують що переключається ФВЧ. Необхідну крутість спаду АЧХ в області верхніх частот формують за допомогою ФНЧ як мінімум другого порядку - теоретично на частоті рівній половині від частоти дискретизації сигнал не повинний перевищувати рівень, що відповідає молодшому значущому розряду АЦП - у протилежному випадку відбудеться ефект накладення спектрів [14]. Аналоговий тракт повинний забезпечити загальний коефіцієнт підсилення порядку 1000. Таким чином, 12-ти канална система повинна складатися з 12 трактів посилення, як мінімум по трьох активних елементів у кожному, 12-ти каналному мультиплексорі і 12-ти розрядному АЦП за який впливає цифровий сигнальний процесор, чи мікроконтролер комп'ютер [11,15].

Існує метод зниження апаратних витрат, у якому електрокардіограф для синхронного знімання 12-ти стандартних відведень будується по восьмиканальній схемі. Грунтуючись на тім, що з 12 відведень тільки 8 лінійно незалежні [4], те виключають 4 канали, що в півтора разу зменшує кількість аналогових трактів, а також дозволяє використовувати восьмиканальні мультиплексори чи АЦП з убудованими мультиплексорами. Наприклад, виключають апаратні відведення III,

a_{VR} , a_{VL} , a_{VF} , що програмним способом обчислюють у такий спосіб: $III=II-I$, $a_{VR}=-\frac{(II+I)}{2}$, $a_{VL}=\frac{(I-II)}{2}$, $a_{VF}=\frac{(II-I)}{2}$.

Однак таке рішення вимагає зменшення часу між відліками на різних каналах. Якщо цей час більше 15-20 мікросекунд, то на обчислених відведеннях спостерігається перекручування високочастотних складових сигналу, обумовлене фазовими набігами. Відповідно це змушує встановлювати більш високошвидкісні мультиплексори й АЦП, а також забезпечувати швидкісну доставку результатів АЦП до чи обчислювача буфера проміжної пам'яті. Останнє є в загальному випадку нетривіальною задачею, якщо врахувати, що саме по цифрових лініях зручніше за все здійснити гальванічну розв'язку за допомогою відносно низькошвидкісного оптичного чи індуктивного зв'язку.

Основними обмеженнями і недоліками, властивому класичному підходу при розробці апаратури цифрових ЕКГ систем є:

- прецизійні резистори у входному каскаді схеми формування відведень,
- відносно складні інструментальні входні підсилювачі для придушення синфазної перешкоди,
- великогабаритні конденсатори з малими струмами витоку у ФВЧ,
- ФНЧ високого порядку для обмеження спектра аналогового сигналу при досить низькій частоті оцифровки,
- схеми вибрання-збереження і мультиплексор перед входом 12-ти розрядного АЦП, що вносять додаткові нелінійні перекручування, а також фазовий міжканальні зрушення.

Цифрова обробка сигналів (ЦОС) є базовим принципом для розробки функціональної структури сучасних багатоканальних електрокардіографів.

Якість ЦОС значною мірою визначається якістю аналого-цифрового перетворення (АЦП), що, у свою чергу, значною мірою залежить від якості виділення електрокардіографічного сигналу. Для виділення електрокардіографічного сигналу звичайно використовують інструментальні підсилювачі й аналогову фільтрацію [2,3,10].

З розвитком технології виробництва інтегральних схем з'явилася комерційна елементна база, що реалізує принцип сігма-дельта (S-D) аналогоцифрового

перетворення в одній мікросхемі [11,16,17]. Сігма-дельта АЦП має високий дозвіл (більш 14 розрядів). Технологія сігма-дельта АЦП базується на принципах цифрової фільтрації сигналів, що дозволяє знизити вимоги до аналогової фільтрації сигналів і замість інструментальних підсилювачів використовувати підсилювачі постійного струму. Недавно з'явилися перші повідомлення про реалізацію електрокардіографів на сігма-дельта АЦП [11,15,17,18].

У роботах [18,19,20,73] для реалізації електрокардіографа використовувалися 22-х розрядні сігма-дельта АЦП AD7716 фірми Analog Devices (виробництва США). Показано, що використання в електрокардіографах сігма-дельта АЦП є досить корисною альтернативою традиційних АЦП. Більш того, сігма-дельта АЦП можуть бути корисні і для інших систем збору й обробки біомедичних сигналів, що мають близькі вимоги по діапазоні частот і динамічному діапазону вхідних сигналів - енцефалографічним, реографічним і т.д. [20,22].

По Найквісту [14], частота дискретизації повинна бути в два рази більше верхньої граничної частоти аналогового сигналу. У сігма-дельта АЦП частота дискретизації в багато разів більше подвоєної верхньої граничної частоти аналогового сигналу, що дозволяє збільшити число значущих розрядів АЦП і поліпшити шумові характеристики перетворення.

З використанням у схемотехніці електрокардіографів сігма-дельта АЦП [11] у першу чергу зважається проблема вхідного діапазону. Постійна складова на вході ЕКГ компенсується за рахунок 5-6 додаткових біт сігма-дельта АЦП. Останній забезпечує 17-18 значущих розрядів у необхідній смузі частот, тобто перебиває динамічний діапазон вхідного сигналу як мінімум у 105 дБ. Можливість цілком відмовитися від ФВЧ із його великогабаритними високо стабільними конденсаторами, а також проводити роботу з нульовою нижньою частотою, є основною перевагою технології сігма-дельта АЦП при побудові цифрових електрокардіографів. Також можливі програмні рішення інтелектуальної прив'язки ізоляції роздільно по кожному з каналів на основі виборчої зміни постійної часу цифрового ФВЧ для забезпечення мінімального

перекручування низькочастотних складових електрокардіосигнала, одночасно утримуючи його в середині діапазону пристрою відображення.

Такі електрокардіографи призначені для забезпечення роботи синхронно з 12-ю ЕКГ відведеннями. Дев'ять цілком ідентичних аналогових каналу являють собою операційні підсилювачі з високим вхідним опором і коефіцієнтом підсилення 4 і послідовно з ними РС ФНЧ. Імітація диференціальних відведень, з одночасним вирахуванням синфазною перешкодою, виробляється цілком програмним способом. З цього випливає, що існує можливість при достатнім числі вхідних каналів сформувати практично будь-яку схему чи відведень набір схем відведень - для цього не потрібно прецизійних дільників і малошумящих комутуючих елементів. А саме, можна прорахувати, як стандартних 12 відведень, так і відведення по Небу, Франку, Мак Фі-Пурангао і т.д.[23,24]. При цьому забезпечується можливість оператору самому визначати необхідні для знімання електроди. Більш того, можливе створення модульних чи електрокардіографів Екг-поліграфів, у яких для ускладнення схеми відведень досить додати відсутнє кількість аналогоцифрових каналів і модифікувати програмне забезпечення. З ростом числа каналів істотно знижуються питомі витрати для одержання кожного нового відведення при загальній високій надійності пристрою - це ідеально підходить для систем ЕКГ картування [24,25,26,27].

Програмне забезпечення (ПО) є важливої складової цифрових електрокардіографів, що визначає функціональність і споживчі властивості приладів. Воно проектується таким чином, щоб забезпечити високу вірогідність виявлення і виміру параметрів елементів ЕКГ (інтервалів, сегментів, комплексів), на підставі яких лікар-кардіолог здійснює постановку діагностичного висновку. Функція автоматичного формування діагностичних висновків також реалізується в ПО сучасних електрокардіографах. Умовно роботу ЗД розділяють на наступні три етапи:

- Згладжування і фільтрація ЕКГ.
- Виявлення і вимір характерних елементів ЕКГ.
- Постановка діагностичних висновків.

При виборі методу згладжування (фільтрації) електрокардіосигнала останній

представляється як суміш корисного сигналу й адитивної перешкоди [28,29,4]. До таких перешкод відносяться:

- наведення від промислової мережі,
- міографічне наведення, обумовлене механічним тремором і електричною активністю м'язів у місцях накладення електродів,
- наведення, викликуване переміщенням електродів щодо серця, артефакти, обумовлені наявністю непостійної поляризації електродів,
- внутрішні шуми електрокардіографів.

Найбільше поширення одержали алгоритми згладжування, засновані на логічній фільтрації, нелінійної й адаптивної фільтрації. Методи фільтрації на основі базисних розкладань [30,31], як правило, завжди можна віднести до одному з перерахованих типів фільтрації (наприклад, фільтрацію на основі перетворення Фур'є - до лінійних фільтрів, фільтрацію на основі розкладання Карунена-Лоєва - до адаптивних фільтрів і т.п.).

Логічна фільтрація [32] вимагає розробки досить великої кількості емпіричних логічних правил прийняття рішень, заснованих на порівнянні досліджуваних параметрів ЕКГ із заздалегідь заданими граничними значеннями. Яким образом призначити ці граничні величини і як їхній адаптувати під конкретну ЕКГ, являє собою окрему задачу, розв'язувану емпіричним шляхом щораз при найменшій зміні виду фільтра. Це, безумовно, головний недолік логічних фільтрів.

Нелінійні фільтри [39] являють собою могутній клас фільтрів, добре пристосованих для згладжування сигналів. Однак неможливість враховувати апріорні знання про ЕКГ (наприклад, спектральний склад елементів ЕКГ) обмежує їхнє використання як алгоритми згладжування ЕКГ.

Адаптивна фільтрація при коректному її застосуванні коректному її застосуванні не виявляє жодного з перерахованих вище недоліків, і до того ж може здійснювати високоякісну фільтрацію ЕКГ із найменшим перекошуванням форми корисного сигналу [34, 35,36].

Етап виявлення і виміру характерних елементів ЕКГ реалізується різними

методами, що засновані або на метричному, або на структурному представленні ЕКГ.

Існують велика розмаїтість метричних методів аналізу ЕКГ. До таких методів можна віднести:

- аналіз амплітудних характеристик сигналу,
- аналіз першої похідної сигналу і її екстремумів за граничними правилами,
- аналіз допоміжних залежностей типу "функції форми",
- еталонні форми.

Метод аналізу амплітудних характеристик сигналу [29,37] припускає вимір амплітуд і швидкостей зміни ЕКГ і їхнього порівняння з заздалегідь визначеними граничними значеннями [93] з метою виявлення R зубців і шлуночкових QRS комплексів. Цей граничний метод дуже чуттєвий до шумів у записі ЕКГ, що й обмежило його застосування в дійсні час.

Одним з найпоширеніших методів виявлення комплексів QRS є аналіз першої похідної і її екстремумів [39,28,40]. Це порозумівається порівняльною простотою логіки алгоритмів, обчислювальною легкістю і фізіологічністю підходу. Було встановлено [39], що швидкість зміни напруги ЕКГ більш 5 мВ/мс може спостерігатися тільки усередині комплексу QRS. На підставі цього факту будуються процедури виявлення характерних елементів ЕКГ. Цей метод також виявляє нестійкість у випадку зашумлених кривих ЕКГ.

У роботі [41] введено поняття "функції форми" сигналу, тобто такого нелінійного оператора, що діє на ділянку сигналу, що відбиває ті чи інші властивості ЕКГ. Як функцію форми може використовуватися функція від модуля другої похідної що обчислюється для низькочастотної складовий ЕКГ Функція форми використовується не тільки для пошуку границь QRS комплексів, але і для стиску ЕКГ. Отже, додаючи функції форми різний вид, можливо не тільки домагатися якісних шляхів ідентифікації комплексів QRS, але також вирішувати інші задачі обробки ЕКГ.

Основна ідея методів еталонів [42,43] складається в наступному. Один комплекс QRS на початку запису ЕКГ приймається за еталон. Далі він зіставляється з наступними комплексами і, можливо, коректується. Зіставлення

QRS комплексів може здійснюється по-різному, у залежності від обраної метрики близькості (наприклад, середньоквадратична, рівномірна і кореляційна). Цей метод володіє більшою завадостійкістю. Однак основний недолік його полягає в тому, що випадковий вибір зашумленого еталона приводить до помилок при його порівнянні з іншими ділянками ЕКГ.

Принципово іншим підходом до задачі ідентифікації QRS комплексів є структурний підхід. Він полягає в тому, що для опису об'єктів розпізнавання і побудови самої процедури використовується апарат математичної лінгвістики [44,45,46]. Першим кроком аналізу є сегментація сигналу й опис останнього у виді послідовності елементарних символів. У процесі розпізнавання встановлюється, чи є дана послідовність синтаксично правильною стосовно заданої граматики. Існують два підходи в структурному аналізі ЕКГ: структурно-лінгвістичний і структурно-статистичний.

Структурно-лінгвістичний аналіз форми ЕКГ базується на правилах розбору послідовностей імен сегментів [45,44]. Алгоритми, що реалізують цей підхід, порівняно прості і не вимагають великих обчислювальних ресурсів. Ефективність розпізнавання визначається повнотою граматичних правил і граничних значень, що підбираються дослідно-логічним шляхом, для чого потрібно великий і представницький навчальний матеріал.

Алгоритми структурно-статистичного аналізу ЕКГ оперують з апріорними й апостеріорними імовірностями сполучень значень різних сегментів [47]. Так само, як при лінгвістичному розборі, тут можуть будуватися правила перевірок одиночних сполучень чи сегментів їхніх груп. Для побудови граматики також потрібно репрезентативний архів, але процес навчання може бути автоматизований. Істотним обмеженням даного підходу є низька швидкодія програм, що реалізують алгоритм структурно-статистичного аналізу ЕКГ.

Результати виявлення елементів ЕКГ і виміру їхніх параметрів використовуються для інтерпретації ЕКГ із метою постановки діагностичних висновків. Існує два розповсюджених підходи до рішення цієї задачі.

Перший підхід - детерміністичний; він являє собою спробу формалізувати логіку лікаря-кардіолога [39]. При такому підході використовується метод вибору

типу "ні". Дані вимірів зубців ЕКГ тестують за встановленими критеріями й одержують набір несуперечливих висновків по ЕКГ.

При другому підході використовуються методи різноманітної статистичної класифікації для розрахунку імовірності того чи іншого діагностичного висновку [48]. При цьому групу пацієнтів розбивають по діагностичних категоріях на підставі незалежної, тобто не електрокардіографічної інформації: даної катетеризації серця, коронарної ангіографії, результати автопсії і т.д. Розрахунок імовірності заснований на одночасному використанні - звичайно багатомірних векторів - великого числа ЕКГ перемінних. Для мінімаксної класифікації використовують загальноприйняті статистичні параметри і байесовські процедури.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Ефективність процесу автоматизації і механізації виробництва радіоелектронних засобів в багато чому визначається, з однієї сторони, конструктивно-технологічними характеристиками її основних компонентів, а з іншої – вибором технологічного процесу виготовлення і його забезпечення обладнанням і оснасткою. Уніфікація і стандартизація компонентів, технологічність конструкцій сприяють прийняттю прогресивних технічних рішень, скороченню номенклатури і кількості технологічних установок, економії матеріалів, зниженню трудомісткості виготовлення. Правильний вибір технологічного процесу забезпечує можливість подальшого вдосконалення технологічного обладнання, впровадження засобів автоматизації, організації інтегрованого виробництва на базі систем автоматизованого проектування і управління.

2.1. Характеристика виробу та його призначення

2.1.1. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей виробу та технологічних особливостей його виготовлення.

До монтуємих на друкованій платі (ДП) виробів електронної техніки (ВЕТ) відносяться дискретні електрорадіоелементи – резистори, конденсатори, транзистори, діоди, інтегральні мікросхеми, великі інтегральні мікросхеми, резисторні, конденсаторні зборки і інші вироби – дроселі, трансформатори, з'єднувачі, установочні колодки і панельки, перемикачі.

Всі вони відрізняються один від одного типом, розміром і формою корпусу, варіантом його виконання, розміщенням, числом, формою і матеріалом виводів, варіантом формування виводів, номіналом (найменуванням), точністю номіналу, типом ключа, що вказує на положення першого або полярного виводу, і ряду інших особливостей; загальне число таких відмінностей перевищує 2000. Це веде до ускладнення підготовки виробництва із-за надлишку необхідного технологічного оснащення і обладнання, необхідно мати багато варіантів його виконання, збільшення циклу підготовки виробництва.

До носіїв для транспортування, зберігання і подачі ВЕТ в механізми технологічного обладнання ставляться наступні вимоги:

- захист від механічних дій і статичної електрики;
- збереження орієнтації ВЕТ;
- можливість застосування в обладнанні, що обладнане відповідними завантажуючими пристроями;
- порівняна дешевизна при умові одноразового використання;
- можливість повернення на завод-виробник при умові багаторазового використання.

Друкована плата є основним конструктивним елементом, що об'єднує систему друкованих і інших провідників, змонтованих на ній вироби електронної техніки, в єдиний функціональний вузол. Одночасно вона є механічним і тепловідвідним елементом конструкції вузлів на друкованій платі. Конструкція і спосіб виготовлення ДП визначають не тільки схемотехнічні характеристики, надійність виробу, але і його технологічність.

2.1.2 Технологічні вимоги до проектованого пристрою

В умовах застосування засобів автоматизації і нової елементної бази з'являється ряд додаткових вимог, які необхідно виконати при конструюванні ДП:

1. Фіксуючі отвори ДП, що необхідні для закріплення на координатному або робочому столі технологічного обладнання, виконують по квалітету Н9, їх діаметр і розміщення не обговорюються. При автоматизованому складанні граничні відхилення на міжцентрову відстань між фіксуючими отворами встановлюють не більше $\pm 0,05$ мм, між фіксуючими отворами і контактними площадками - не більше $\pm 0,1$ мм. При цьому навколо цих отворів залишатися вільною зона діаметром не менше 10 мм.

2. Оптимальна відстань між виводом ВЕТ і стінкою монтажного отвору повинна складати 0,2...0,3 мм. При меншій відстані припай запливає в отвір, з'являються пустоти і непропаї. З збільшенням зазору зростає розхід припою, з'являються посадочні раковини в припої. При виборі діаметру отвору необхідно також збільшити товщину шарів металізації і гарячого лудження.

3. Граничні відхилення між центрами монтажних отворів під автоматизоване складання без застосування засобів технічного зору не повинні перевищувати $\pm 0,05$ мм, між осями контактних площадок $\pm 0,1$ мм.

3. При встановленні на ДП "беззвивідних" компонентів поверхневого монтажу (КПМ) і застосування паяння хвилею припою можуть проявитися два негативних ефекту. Коли КПМ розміщені довгою стороною вздовж руху ДП, хвостова частина його "затінює" контактну площадку від хвилі припою, що викликає з'явлення неприпаю. Рекомендується по можливості розміщувати довшу сторону КПМ поперек руху ДП.

4. Якщо розмір двох контактних площадок ДП, до яких паяється КПМ, не рівні, то внаслідок різниці сил поверхневого натягу припою в галтельних установках може спостерігатися перекис відносно площини ДП. Контактні площадки для приєднання одного елемента повинні бути однаковими.

Під вузлом на друкованій платі – ВДП розуміють ДП з вмонтованими на них ВУТ; вони є основною складовою частиною електронного вузла рівня розукрупнення (РЕМ1, ЕМ1) або, по-іншому, типового елемента заміни. Таке обмеження пов'язано з тим, що більшість закінчуючих операцій виготовлення

ЕМ1, або типового елемента заміни (монтаж перемичок, збирання рамок, з'єднувачів і механічних деталей) виконуються вручну навіть в умовах гнучких виробничих систем, так як відсутні достатньо ефективні засоби автоматизації цих операцій.

По конструкції ВДП можна розділити на три групи.

1. В отвори ДП встановлені тільки ВЕТ в корпусах з штирковими виводами. Для цієї групи характерна більша різниця в товщині і неоднакова тепло- і металоємність з'єднаних проводів ВЕТ і контактних площадок ДП, що створює невідповідні умови для одночасного рівномірного нагріву. Так, товщина виводів ВЕТ в десятки раз перевищує товщину міді на контактних площадках і в металізованих отворах ДП. Використовувані в якості основи склотекстоліт, гетинакс, а також клеї для приклеювання фольги до основи, дуже чутливі до теплової дії при паянні, складу паяльних флюсів і розчинників для відмивання їх залишків, з вмонтованими на них згідно електричної схеми ВЕТ. Вони складають перший рівень розукрупнення радіоелектронних засобів.

2. На контактні площадки ДП встановлюються ВЕТ з планарними виводами і КПМ, які з'єднуються паянням з однієї сторони ДП. До цієї групи відноситься і поверхневий монтаж. В відмінності від першої групи тут немає великої різниці в товщині з'єднаних монтажних елементах і при інших однакових умовах забезпечуються більш широкі можливості для рівномірного і одночасного нагріву паяючих виводів ВЕТ і контактних площадок.

3. До цієї групи відносять ВДП, в яких застосовані ВЕТ в корпусах як із штирковими, так і планарними виводами, що з'єднані паянням з двох сторін ДП.

ВДП відносять до категорії складальних одиниць, тому при формуванні вимог до їх технологічності необхідно враховувати такі фактори, як можливість бездефектного складання, застосування групових високопродуктивних способів паяння, контролю і ремонтоздатності, можливість швидкої фіксації ВЕТ і точного базування ДП, автоматичної подачі ВЕТ. Технологічність ВДП в багато чому визначає можливість автоматизації і механізації виробничого процесу. Технологічність ВДП повинна бути вище в умовах серійного і багатосерійного виробництва продукції. Але вимагання максимальної технологічності не обов'язково повинно бути єдиним і під нього повинні підстроюватися інші вимоги, скажемо, схемотехнічні і конструктивні.

Розглянемо фактори і вимоги технологічності з врахуванням приведеної точки зору.

Вибір і розміщення елементної бази. В багатьох рекомендаціях рекомендується вибирати однорідну елементну базу, бажано з одним типом

корпуса або тільки в корпусах зі штирковими виводами. При цьому скорочується набір технологічного оснащення для складання на ДП і може бути застосований один спосіб паяння. З цієї точки зору ця вимога є доцільною. Але в багатьох випадках виконання її є ускладнено, так як наявна елементна база не може забезпечити задану швидкодію пристрою, коли любі збільшення зв'язків в спробах створити на ДП ряди однорідних корпусів ВЕТ, зручних для механізованого паяння, ведуть до затримки корисних сигналів в електричних ланцюгах, до спотворення фронтів імпульсних сигналів і інших негативних результатів.

Забезпечення складаємоті ВЕТ. В звичайних умовах рахується, що точність виготовлення корпусів ВЕТ і типології ДП гарантують хороше бездефектне складання ВЕТ і ДП. Але точність процесу складання визначається не тільки точністю виконання елементів складальних одиниць, але й похибками в ланцюзі механізмів і оснастки, які забезпечують іксацію, позиціонування ДП і переміщення ВЕТ в складальному автоматі.

Точність складального автомату визначається похибками механічних вузлів: координатного стола, складальної головки, маніпулятора, що передає ВЕТ із накопичувача в складальну головку, під платника, зажимів центра тора складальної головки. До зростання похибок може привести зношення механічних вузлів. Вклад в суму похибок дає і сама ДП. Сюди входять неточності свердління отворів, виконання фотооригіналів і фотошаблонів і їх закріплення при експонуванні рисунку, усадка матеріалу ДП, підтравлення друкованих провідників і інші відхилення в отриманні рисунку на ДП.

Паяння і паянні з'єднання, як правило служать для кріплення ВЕТ на ДП, так і для отримання функціонально закінченого вузла. Виконання цих функцій буде успішним, якщо забезпечується достатня механічна надійність, добре паяння малий перехідний електричний опір, правильна форма з'єднань, можливість контролю якості з'єднань, а також при необхідності до паювання і перепаявання.

Механічна надійність паяних з'єднань звичайно перевищує механічну надійність друкованих провідників і забезпечує нормальну роботу схеми навіть в умовах великих ударних навантажень.

В апаратурі вітчизняного виробництва намагаються зняти з паяних з'єднань механічні навантаження, що викликані масою ВЕТ, шляхом їх приклеювання і наступного лакування ВДП при захисті від вологи. Найбільш значні навантаження в паяному з'єднанні в процесі експлуатації створюються в результаті термічних циклів нагріву-охолодження із-за різниці коефіцієнтів термічного розширення ВЕТ і ДП.

Низький перехідний електричний опір досягається автоматично в випадку застосування звичайних поєднань провідникових матеріалів і припою і відсутності дефектів в паяному з'єднанні.

Паяємість виводів ВЕТ і ДП – один з найбільш важливих факторів забезпечення якісного зварювання.

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення ВДП в багато чому визначається конструкцією ВДП і особливо елементною базою, що застосовується. Він також

залежить від об'ємів виробництва, але в меншій степені, оскільки визначається необхідним мінімумом всіх технологічних операцій і переходів, а об'єм виробництва впливає на ступінь автоматизації, механізації і організації виробництва.

Технологічний процес виготовлення ВДП можна розбити на ряд більш мілких технологічних операцій, що виконуються на різних ділянках або в єдиному потоці.

1. Технологічний процес підготовки ВЕТ до монтажу включає в себе наступні основні операції:

2. розпаковування із первинної тари постачальника; контроль паяємості виводів; формування виводів; лудження виводів; відмивання залишків флюсу.

3. Технологічний процес виготовлення ДП: отримання типової плати з друкованим монтажем.

4. Технологічний процес складання і монтажу: розконсервація ДП контроль паяє мості ДП; вклейка електрорадіоелемента в стрічку по програмі; контроль рисунку ДП; нанесення припайної пасти; збір ВЕТ на автоматах; збір ІС і КПМ на світомонтажних столах; сушіння (полімеризація клею); контроль правильності встановлення ВЕТ; паяння (флюсування, підігрів паяння); відмивання залишків флюсу (і сушіння); контроль якості паяних з'єднань; до паювання (збір негерметичних ВЕТ, з'єднувачів, виправлення дефектів); відмивання залишків флюсу; функціональний контроль; захист від вологи (захист перед лакуванням, сушіння).

Після виготовлення ВДП направляють на слюсарно-складальні операції встановлення ВДП в рамку, приєднання планок, інших механічних деталей, в результаті виконання яких отримують електронний модуль або типовий елемент заміни.

2.2.1 Технологічні операції підготовки.

Розпаковування. З заводу-виробника ВЕТ поступають в різній таріупаковці. Більша частина його розрахована на завантажуючи вузли автоматів, в яких здійснюється забирання ВЕТ із тари і збір на ДП. В цих випадках можна говорити про розпаковування, як про один із технологічних переходів складальної операції. Але значне число ВЕТ поступають в тарі, із якої ВЕТ необхідно перекласти в проміжкові тару-касету. Це, в деякій мірі, відноситься до ВЕТ 4-го типу, що постачаються в спеціальній тарі-супутниках. Розпаковування із цієї тари заключається в знятті з корпусу тари тонкої пластмасової кришки шляхом її поперечного стискання. Кришка прогинається, її ширина зменшується, і вона відділяється від корпусу.

Формування виводів – це операція згинання виводів для надання їм конфігурації, що визначає положення корпусу ВЕТ відносно ДП. Наприклад,

Пподібне формування штиркових виводів дозволяє встановити ВЕТ без зазору між його корпусом і ДП. Якщо ж поблизу кінців виводи вигнути зигзагоподібно, то становиться можливим встановлення з зазором між корпусом ВЕТ і ДП. Формування планарних виводів в вигляді букви Z, тобто згинання виводів в двох місцях з утворення виступів (сходки) застосовується для паяння на контактні площадки ДП.

Лудження виводів. Основне значення цієї операції – забезпечення паяє мості виводів, так як гаряче покриття олов'яно-свинцевим сплавом покращує паяємість в порівнянні з іншими способами і покриттями і зберігає її на протязі року і більше. Операція складається в зануренні виводів в ванну розплавленого припою, нагрітого до температури 303...533К (230...280 °С), тобто до значення, близького до температури паяння.

Важливою умовою є утворення міцного металічного зв'язку між припоєм і основним металом чи покриттям, що характеризується формуванням на їх границі розділу шару інтерметалічних з'єднань. Їх товщина повинна бути не більше 0,8...1,1мкм. З збільшенням товщини зменшується пластичність і міцність з'єднання.

Для запобігання надлишкової теплової дії на чутливі елементи напівпровідникових приладів температура нагрівання не повинна перевищувати 553К, тривалість нагріву – 3...4 с, припій не повинен напливати на вивід ближче ніж на 1 мм від корпусу ВЕТ.

Після лудження на корпусах ВЕТ не повинно бути сколів і тріщин, що викликані термічними навантаженнями. допускається нерівномірність товщини полуди, наявність на торцях виводів бурульок припою висотою не більше $\frac{1}{2}$ ширини діаметру виводу, різна довжина лудженої частини виводів. Мінімальна відстань від дзеркала припою до корпусу ВЕТ повинна бути не менше 1,3 мм.

2.2.2 Лудження і оплавлення друкованих плат.

Кращими способами підготовки поверхні ДП до паяння є гаряче лудження і оплавлення гальванічного сплаву олово-свинець. утворення металічного зв'язку між оловом і міддю, висока щільність гарячого або оплавленого покриття забезпечує зберігання паяє мості друкованих провідників і отворів на протязі довгого періоду.

Гаряче лудження друкованих плат виконується електричними припоями типу ПОС-61 шляхом занурення в ванну з розплавленим пропоєм і наступним видаленням залишків припою обдувкою струями гарячого повітря. На ДП повинен залишатися шар припою товщиною 6...10 мкм. При меншій товщині не гарантується довготривале зберігання паяє мості. Регулюють товщину зміни параметрів обдувши гарячим повітрям (температура, тиск і кут нахилу потоку відносно ДП).

Типова плата в границях заданого числа елементів, що розміщені на ній, дозволяє з допомогою провідникового монтажу реалізувати велику кількість різних схемних рішень, в результаті чого скорочуються строки служби проектування і виготовлення плат. Традиційно склалось, що типові плати виготовляють в виробництві ДП, а розкладання провідів і приєднання їх до плат здійснюють в монтажно-складальних цехах.

2.2.3 Використання технології “Методу прямих відрізків”

Метод заключається в тому, що друкованим монтажем виготовляють типову двосторонню ДДП (ДДП) з постійною топологією рисунку і наскрізними металізованими отворами. Типову ДДП встановлюють на стіл монтажного автомата і по заданій програмі розводять зв'язки прямими відрізками із ізолюваного проводу, обрізуючи їх в заданих точках. При цьому ізолюваний провід автоматично без попереднього лудження припаюючої ділянки жили, без видалення ізоляції з його суміщається з контактною площадкою. Причому провід може встановлюватися на контактну площадку під любым кутом по відношенню до її осі. Після суміщення з'єднуючих елементів розщеплений електрод опускається на провід і з заданим зусиллям прижимає його до олов'яно-свинцевого покриття контактної площадки, а потім на електрод подається розігрівачий імпульс струму. Розігрітий до температури 973...1073 К (700...800 °С) електрод непрямим шляхом передає тепло з'єднуючим елементам. В результаті ізоляція на проводі оплавляється і таким чином забезпечується електричний контакт електроду з жилою проводу. Потім на електрод подається другий імпульс струму, який розігріває провід на ділянці, що обмежена зазором в розщепленому електроді. При постійно прикладеному тиску розігрітий електрод і розігріта жила проводу передають тепло покриттю контактної площадки. При цьому покриття розплавляється, і жила проводу занурюється в розплав. Після закінчення дії імпульсу електрод піднімається, а розплавлене покриття, охолоджуючись, кристалізується і таким чином формування з'єднання.

На одній стороні типової ДДП виконують постійний рисунок, що складається із контактних площадок для установки ІС, конденсаторів і приєднання з'єднувача, шин живлення і заземлення, на іншій – рисунок із контактних площадок для приєднання проводу і шин живлення і заземлення. Обі сторони ДДП з'єднанні металізованими отворами.

Типова ДДП повинна виготовлятися із термостійкого склотекстоліту марки СФ-2Н-50, щоб виключити відстоювання контактних площадок в процесі високотемпературного імпульсного нагріву їх при приєднанні проводу.

Виробництво РЕА характеризується масовим застосуванням паяльних електричних з'єднань. Трудомісткість операцій монтажного паяння при виготовленні РЕА складає 17-20 % від загальної трудомісткості складально-монтажних робіт. Тому природно устремління технологів і конструкторів до її зниження. Це досягається в першу чергу механізацією і автоматизацією процесу.

Паяння груповим паяльником. Цей спосіб є досить ефективним для підвищення продуктивності процесу паяння планарних виводів ВЕТ, при якому один або два паяльники паяють одночасно всі виводи ВЕТ. Він дозволяє отримати паяні з'єднання, що не відрізняються по зовнішньому вигляду і властивостям від з'єднань які паяні вручну. Продуктивність процесу 250...3000 з'єдн./с.

Основним способом захисту від вологи ВЕТ є нанесення спеціальних лаків, номенклатура яких встановлена галузевими стандартами. Для захисту від вологи ВЕТ використовуємо лак ЗП730У1.

2.3 Вимоги до технологічності, уніфікації й стандартизації

Значення основних показників, які характеризують технологічність виробу, як сукупність властивостей конструкції, які визначають її пристосованість до раціонального використання трудових і матеріальних ресурсів при підготовці виробництва і промислового випуску в заданому об'ємі, а також при технічному обслуговуванні і ремонті в процесі експлуатації, на які слід орієнтуватися при розробці конструкції модуля:

–	коефіцієнт застосування типових технологічних процесів	0.7 ÷0.95
–	коефіцієнт автоматизації та механізації технологічних процесів	0.5 ÷0.9
–	коефіцієнт застосування друкованого монтажу	0.8
–	відносна трудоемність окремих видів робіт	0.1
–	коефіцієнт використання матеріалу для виготовлення деталі	0.8
–	коефіцієнт прогресивного формоутворення	0.2 ÷0.9
–	коефіцієнт складності обробки	0.8
–	коефіцієнт застосовуваності	0.5 ÷0.95
–	коефіцієнт повторюваності	0.5 ÷0.9
–	коефіцієнт уніфікації	0.6 ÷0.8
–	коефіцієнт стандартизації	0.4 ÷0.6.

Технічні вимоги, описані вище, обов'язково повинні враховуватися при розробці типу конструкції, її побудові, характеристик, режимів. Після отримання кінцевої конструкції необхідно здійснити ряд перевірочних розрахунків на відповідність характеристик розробленого модуля вищезазначеним технічним вимогам.

2.4 Аналіз технології

2.4.1 Аналіз технологічності конструкції

Забезпечення технологічності конструкції – одна з головних функцій під час підготовки виробництва. Вона передбачає взаємозв'язане вирішення конструкторських та технологічних задач в напрямку підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних витрат.

Оцінка технологічності конструкції може бути якісною і кількісною. Якщо оцінка характеризує узагальнену технологічність конструкції, її проводять на

етапах проектування, коли вибирають краще конструкторське рішення. Тоді не потрібно визначення ступеня відмінності технологічності конструкції різних варіантів. На цьому етапі вирішують питання, що відносяться до виробу в цілому.

Концепція компоновки конструкції, уніфікація матеріалів та комплектуючих виробів, уніфікація та стандартизація елементів конструкції, пристосованість її до контролю параметрів, регулювання ремонту та інше. Кількісну оцінку технологічності конструкції виробу визначають показником, числове значення якого характеризує ступінь вимог до її технологічної конструкції.

Різноманітність факторів впливу на технологічність та відсутність необхідних початкових даних на певних етапах не дозволяють встановити одиничні показники, хоча в принципі ними могли б бути трудомісткість та собівартість.

Таблиця 2.1 Параметри технології виготовлення приладу

№ п/п	Найменування параметра.	Позначення показника	Значення
1.	Кількість мікросхем та мікрозбірок у виробі	H_{mc}	10
2.	Кількість електрорадіовиробів, включаючи модулі та мікромодулі.	H_{ERE}	19
3.	Кількість операцій монтажу, які можна здійснити механізованим чи автоматизованим методом.	$H_{m.mонт}$	7
4.	Кількість операцій певного типу.		7
5.	Кількість певних елементів, підготовка яких може бути здійснена автоматизованим чи механізованим методом.	$H_{m.ндс.}$	19
6.	Кількість операцій контролю та настройки, які можна здійснити автоматизованим чи механізованим методом.	$H_{MKП}$	4
7.	Кількість типорозмірів електрорадіоелементів	H_{TEPE}	15
8.	Кількість друкованих плат	$H_{MKП}$	1
9.	Загальна кількість друкованих плат у виробі.	$H_{ДП}$	1

2.4.2 Розрахунок показників технологічності

Кількісна оцінка технологічності конструкції блоку вміщує ряд показників, що відбивають як конструкторські так і технологічні

характеристики, а саме:

1. Коефіцієнт застосовності деталей ($j=1$):

$$K_{з.д} = 1 - \frac{ДГ.ОР}{ДГ}$$

де: $ДГ.ОР$ - кількість типорозмірів оригінальних деталей у виробі;

$$ДГ.ОР = 0;$$

$ДГ$ - загальна кількість типорозмірів деталей; $ДГ = 15$,

$$K_{з.д} = 1 - \frac{0}{15} = 1.$$

2. Коефіцієнт повторності деталей та вузлів ($j=1$):

$$K_{ПД} = 1 - \frac{ДГ - EГ}{ДГ + EГ}$$

$$ДГ + EГ$$

де: $EГ$ - загальна кількість типорозмірів вузлів в виробі; $EГ = 0$;

$ДГ$ - загальна кількість деталей, $ДГ = 47$; $EГ$ -

загальна кількість вузлів, $EГ = 0$.

$$K_{ПД} = 1 - \frac{14}{47} = 0,702$$

3. Коефіцієнт використання мікросхем та мікрозборок ($j=1$):

де: $H_{мс}$ - кількість мікросхем;

$H_{ЕРЕ}$ - кількість радіоелементів.

$$K_{викмс} = \frac{H_{мс}}{H_{мс} + H_{ЕРЕ}} = \frac{10}{10 + 19} = 0,3448$$

$$H_{мс} + H_{ЕРЕ} = 10 + 19$$

4. Коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу ($j=1$):

$$K_{ЛМ} = \frac{H_{ЛМ}}{H_{м}}$$

де: $H_{ЛМ}$ - кількість монтажних з'єднань, які можуть виконуватися механізованим чи автоматизованим способом, $H_{ЛМ} = 367$;

$H_{м}$ - загальна кількість монтажних з'єднань, $H_{м} = 560$,

$$K_{ЛМ} = \frac{367}{560} = 0,6553$$

5. Коефіцієнт механізації підготовки радіоелементів ($j=1$):

$$K_{МПЕРЕ} = \frac{H_{МПЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}}$$

де: $H_{мпере}$ - кількість радіоелементів, підготовка яких до монтажу виконується чи може виконуватися механізованим чи автоматизованим способом; $H_{мпере} = 17$,

$$K_{МПЕРЕ} = \frac{17}{19} = 0,894.$$

19

Комплексний показник технологічності конструкції блоку визначається наступним чином:

$$K = \frac{\sum K_1 \cdot j_1}{\sum j_1}$$

де: j_1 - функція нормування і-го показника.

$$K = \frac{1 + 0,702 + 0,3448 + 0,6553 + 0,5 \cdot 0,894}{4 + 0,5} = \frac{2,928}{4,5} = 0,6998$$

Розрахований комплексний показник технологічності конструкції підтверджує високий рівень застосування прогресивних методів виготовлення виробу, оскільки показник для класу електронних приладів знаходиться в межах

0,4 ÷ 0,8.

2.4.3 Обґрунтування вибору технологічного устаткування для виробництва модуля

У відповідності з ГОСТ 14.004-83, залежно від номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску РЕА сучасне виробництво поділяють на різні типи: одиничне, серійне та масове.

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД тип виробництва визначається коефіцієнтом серійності:

$K_c = 1$ (масове виробництво);

$$K_c = \frac{1}{t^6}$$

ТШТ $K_c = 20 - 10$ (крупносерійне)

$K_c = 10 - 20$ (середньосерійне) $K_c =$

більше 20 (дрібносерійне) Де:

$$t = \frac{F_d}{60 N}$$

t - такт випуску,

Де: N - річна програма випуску;

F_d - для однієї зміни 2070 хв/шт, для двох змін 4140.

$T_{ум}$ - штучний час, $T_{ум}$ приблизно рівний 1 год.

$$T_g = 1,4$$

$$K_c = 1,1.$$

Отже спроектований прилад для масового виробництва.

Із збільшенням виробництва економія від поглибленої розробки технологічних процесів підвищується. Поглиблена розробка технологічного процесу стає вигідною, отож в нашому випадку її розробляють поглиблено.

Виробництво РЕА характеризується предметною спеціалізацією складальних цехів, в кожному з яких здійснюється замкнутий процес складання однорідної продукції.

Ступінь типізації технічних процесів складання, програма випуску, трудомісткість складання, а також форми спеціалізації цеху та його кооперування з іншими складальними цехами підприємств.

На підприємстві серійного випуску РЕА використовуються однопредметні безперервно поточні лінії. Ритм ліній дорівнює або кратний ритму випуску предмета.

Серійне складання ведеться партіями. Після кожної операції над партією робітник переналагоджує робоче місце, що пов'язане з підготовчо-заключним часом.

Особливості кожного з видів виробництва накладають свій відбиток на характер проектування технологічних процесів. Відомо, що кожен з них вибирається з кількох можливих і повинен бути найекономнішим при реалізації. У зв'язку з цим при розробці нових та удосконаленні відомих технологічних процесів велике значення має вибір раціональних методів їх проектування.

Для високих рівнів організації виробництва доцільно застосовувати уніфіковані процеси. Роботи по їх уніфікації ведуть до впровадження групових та типових процесів. Типізація технологічних процесів полягає в класифікації їх

деталей та технологічних процесах їх виробництва.

В даній комплексній випускній роботі по типовому технологічному процесі виготовляються:

- Плата (комбінаційним позитивним методом).

Уніфіковані технологічні процеси дозволяють ефективно застосовувати найпрогресивніший підхід до розробки технологічних процесів з пошуком оптимальних варіантів. Залучення висококваліфікованих фахівців до розробки уніфікованих технологічних процесів дозволяє глибоко вивчити, узагальнити та впровадити в практику виробництва наукові і технологічні досягнення в галузі вибору методу організації процесів, технологічного устаткування, оснащення та пристосування.

На етапі ТВП приділяється увага вирішенню комплексу питань щодо технологічного оснащення. Відповідно до ГОСТу 14301-83 до до засобів технологічного оснащення належать: технологічне устаткування, власне технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів.

До технологічного устаткування належать знаряддя виробництва, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують матеріал, засоби впливу на них і при необхідності джерела енергії. Знаряддя виробництва, що додають до технологічного устаткування для виконання визначеної частини процесу, становить власне технологічне оснащення, а засоби виробництва, в яких ручна праця частково або повністю замінена машиною, відносять до засобів механізації. В засобах автоматизації функції керування надають машинам та приладам.

При підготовці виробництва приділяють увагу уніфікації та стандартизації засобів технологічного оснащення, виявляють необхідність в оригінальному оснащення процесу. Оснащення робочих місць здійснюють у відповідності з розробленими типовими та груповими технологічними процесами. Проводять проектування спеціального інструменту, пристосувань штативів, пресформ та іншого оснащення з врахуванням останніх досягнень науки.

2.4.4 Обґрунтування основних режимів роботи обладнання Вихідними даними для вибору режимів є:

Дані про деталь, яку виготовляємо (робоче креслення і технічні умови), рід матеріалу і його характеристики (марка, стан, механічні властивості), форма, розмір, допуски на обробку, допустимі відхилення від геометричної форми, потрібна частота поверхні, вимоги до стану поверхні шару;

Відомості про заготовку, рід заготовки, величина і характер розподілу припусків, стан поверхневого шару; Паспорти обладнання.

Елементи режимів вибирають таким чином, щоб була досягнута максимальна продуктивність праці при мінімальній собівартості даної технологічної операції. Ця вимога виконується при прийнятті заходів щодо збільшення експлуатаційних можливостей обладнання.

Також на вибір основних режимів роботи обладнання впливає економічна сторона. При розробці технологічних процесів виготовлення приладу були вибрані напівоптимальні температури, підвищення яких може привести до погіршення фізико-хімічних властивостей матеріалу (що може привести до

зниження експлуатаційних можливостей приладу в цілому), крім того збільшується використання енергії, що збільшить собівартість.

До такого ж негативного ефекту може привести перевищення вказаного часу, оскільки відбувається простій робочих місць на ділянках складально-монтажних робіт.

Отже, виходячи з вищесказаного ми вибираємо найоптимальніші режими роботи обладнання для даного типу виробництва, використання яких доцільне і технологічно і економічно обгрунтоване і найдоцільніше.

Оптимальні режими роботи було вибрано згідно з рекомендаціями з довідника для проектування технологічних процесів в радіоапаратобудуванні.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис структурної схеми пристрою

Як видно зі структурної схеми, розроблюваний пристрій складається з трьох основних вузлів: блоку збору даних (БЗД), блоку керування та радіомодема. Блок збору даних та блок керування конструктивно представляють собою друковані вузли, розміщені в одному корпусі. Радіомодем розміщується в зручному місці в салоні швидкої допомоги (бажано якомога ближче до антени). З'єднання з БЗД здійснюється з допомогою кабелю.

Виконання приладом своїх функцій відбувається під керуванням мікроконтролера, по визначених наперед алгоритмах. Вибір алгоритму здійснюється з допомогою клавіатури. За роботою контролера стежить схема Watchdog, яка спрацьовує при його зацикленні (“зависанні”), видаючи сигнал Reset.

Збір, зберігання та передача даних забезпечується з допомогою ряду периферійних пристроїв (мікросхем): аналого-цифрового перетворювача, оперативного запам'ятовуючого пристрою, годинника, комутатора та ряду портів вводу-виводу.

АЦП забезпечує можливість прийому інформації з старих моделей кардіографів з лінійним виходом. В пристрої використовується багатоканальний АЦП, що дозволяє використовувати його також і як комутатор входів.

Порти RS232 представляють собою схеми узгодження рівнів транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ) та названого вище стандарту. Таким чином схеми забезпечують перетворення логічних станів 0В і +5В в стани -12В та +12В.

Згідно технічного завдання, пристрій повинен забезпечувати підключення як кардіографа з цифровим виходом, так і тонометра з тим же інтерфейсом. Для зменшення кількості задіяних виводів мікроконтролера та розміру програми, вирішено підключати ці пристрої через комутатор, який представляє собою мультиплексорну схему для перемикання сигналів між двома портами.

Передача даних відбувається в пакетному режимі, дані отримані в результаті

оцифрування аналогового сигналу, чи зчитування з порта вводу/виводу до початку передачі зберігаються в буферній пам'яті (ОЗП). Об'єм ОЗП розраховується таким, щоб помістити всі відведення. В кінці кожного відведення записується дата і час завершення запису. Це дасть можливість при виникненні збою в роботі пристрою, визначити, які відведення встиг записати в пам'ять контролер і відправити їх в центр, або продовжити знімати кардіограму, починаючи з наступного. Використання такого алгоритму забезпечує зменшення часу, необхідного для завершення сеансу при виникненні аварійної ситуації в роботі приладу.

Після завершення зчитування та отримання команди "Передача", мікроконтролер починає пересилання даних з буферної пам'яті в порт радіомодема. Сам радіомодем представляє собою окремий функціонально завершений блок, керування яким здійснюється з допомогою інтерфейсу RS232.

В блоці передбачено відображення інформації про режими його роботи на рідкокристалічному індикаторі, що дає можливість персоналу контролювати правильність виконання команд. На екран, крім інформації про режим роботи та помилки, виводяться також і короткі текстові повідомлення, відправлені з комп'ютера в центрі. Таке рішення дозволяє отримати додатковий канал зв'язку з лікарем у швидкій допомозі.

Порт для підключення ПЕОМ використовується при настройці пристрою. В цьому випадку керування блоком передається на персональний комп'ютер, а мікроконтролер служить лише для інтерпретації прийнятих з нього команд в формат, сумісний для периферійних мікросхем.

Ряд периферійних пристроїв (АЦП, ОЗП, годинник, рідкокристалічний індикатор, клавіатура) об'єднані шиною ІС, що дало змогу значно спростити схемотехніку та конструктив плат пристрою.

3.2 Розрахунок параметрів схеми

3.2.1 Розрахунок частоти дискретизації кардіосигналу

Розрахунок частоти дискретизації кардіосигналу проводиться за теоремою

Котельникова:

$$f_{\text{диск}} = 2 \cdot f_{\text{max}} \quad (3.1)$$

де: f_{max} - частота верхньої гармоніки сигналу.

Для кардіосигналу верхня гармоніка становить $f_{\text{max}} = 300 \text{Гц}$. Така частота вибрана з досить значним запасом для того, щоб при оцифруванні сигналу не втрачалась інформація про шуми серця.

Таким чином кардіосигнал повинен дискретизуватись з частотою:

$$f_{\text{диск}} = 2 \cdot 300 = 600 \text{Гц}$$

3.2.2 Розрахунок необхідної величини оперативної пам'яті

В розроблюваному пристрої використовується пакетна передача інформації. Це означає, що кардіосигнал повинен бути попередньо збережений в буферній пам'яті, звідки після закінчення оцифровки він передається на модем і далі в центр. Таким чином, розмір оперативної пам'яті повинен забезпечувати можливість запису всіх відведень кардіограми. Необхідний об'єм ОЗП можна розрахувати за формулою:

$$V = n \cdot f_{\text{диск}} \cdot t_{\text{відв}} \quad (3.2)$$

де: n - кількість відведень кардіограми; $t_{\text{відв}}$ - час, виділений на одне відведення.

Для аналізу серцевої діяльності достатньо шести відведень. В даному пристрої на кожне відведення виділено по 15 секунд, що забезпечує можливість точної обробки засобами ЕОМ. Таким чином, об'єм оперативної пам'яті, необхідний для зберігання даних повинен становити: $V = 6 \cdot 600 \cdot 15 = 54000$ (відліків)

Для точного визначення розміру пам'яті в байтах необхідно мати інформацію про розрядність даних на виході аналого-цифрового перетворювача.

3.3 Опис протоколів обміну даними

3.3.1 Опис послідовного інтерфейсу RS232C

Як було сказано вище, до блока збору та передачі даних повинен підключатись кардіограф та тонометр з цифровим виходом. Обидва прилади розраховані на підключення до ЕОМ через один з послідовних портів COM1 або COM2. Тобто обмін даними відбувається в форматі інтерфейсу RS232. Цей інтерфейс є найбільш широко вживаним при з'єднанні комп'ютера з периферійним пристроєм, оскільки забезпечує порівняно високу швидкість передачі інформації. В нашому випадку роль комп'ютера відіграватиме БЗПД, а периферійними пристроями будуть кардіограф і тонометр.

В стандарті Асоціації електронної промисловості передбачається наявність обладнання двох типів: термінального та зв'язкового. Термінальним обладнанням (DTE – data terminal equipment) як правило є комп'ютер. Під зв'язковим обладнанням (DCE – data connection equipment) переважно розуміють модем. З'єднання DTE та DCE відбувається через 25 вивідні роз'єми типу D. Термінальне обладнання як правило обладнується роз'ємом зі штирками (вилкою), а зв'язкове – роз'ємом з отворами (розеткою).

Через роз'єм передаються 25 сигнальних ліній, кожна з яких має своє встановлене стандартом призначення та свій номер, який починається з числа 100. Самі сигнали мають назви, отримані з перших букв відповідних англійських назв. Не дивлячись на те, що стандартом передбачено використання 25 сигнальних ліній, як правило використовуються лише перших 8. Те ж стосується і нашого випадку.

Сигнали поділяються на два типи: послідовні дані та керуючі сигнали квітування. Інтерфейс RS232 передбачає використання двох незалежних каналів прийому та передачі послідовних даних, завдяки чому можливе функціонування приладів в дуплексному режимі. Сигнали квітування – це засіб, з допомогою якого DTE отримує можливість почати діалог з DCE без фактичної передачі даних по послідовній лінії зв'язку.

В таблиці 3.1 вказані основні лінії інтерфейсу RS232, сигнали, які по них передаються, напрямок їх передачі та описано функції цих сигналів.

Таблиця 3.1 – Основні лінії інтерфейсу RS232.

Номер роз'єма	Номер лінії	Сигнал	Напрямок	Функція, що виконується
1	101	FG	—	Fundamental Ground – основна, або захисна земля. Підключення землі до стойки чи шасі обладнання
2	103	TxD	до DCE	Transmitting Data – послідовні дані, що передаються від DTE до DCE.
3	104	RxD	до DTE	Received Data – послідовні дані, що приймаються DTE від DCE.
4	105	RTS	до DCE	Ready To Send – запит на передачу. Активним рівнем цього сигналу DTE вказує, що воно хоче послати дані в DCE

5	106	CTS	до DTE	Clear To Sending – скид передачі. Активним рівнем цього сигналу DCE вказує готовність приймати дані від DTE.
6	107	DSR	до DTE	Data Sending Ready – готовність модему. Активним рівнем цього сигналу DCE повідомляє, що зв'язок встановлено.
7	102	SG	—	Signal Ground – Зворотній тракт загального сигналу (землі).
8	109	DCD	до DTE	Data Carrier Detect – виявлення несучої. Активним рівнем цього сигналу DCE повідомляє про наявність несучої цифрового сигналу в каналі зв'язку.

В випадку з'єднання двох приладів часто використовується так званий нуль-модем, який відіграє роль DCE. Нуль-модем представляє собою дві розетки типу

D, з'єднані кабелем згідно рисунку 3.4.

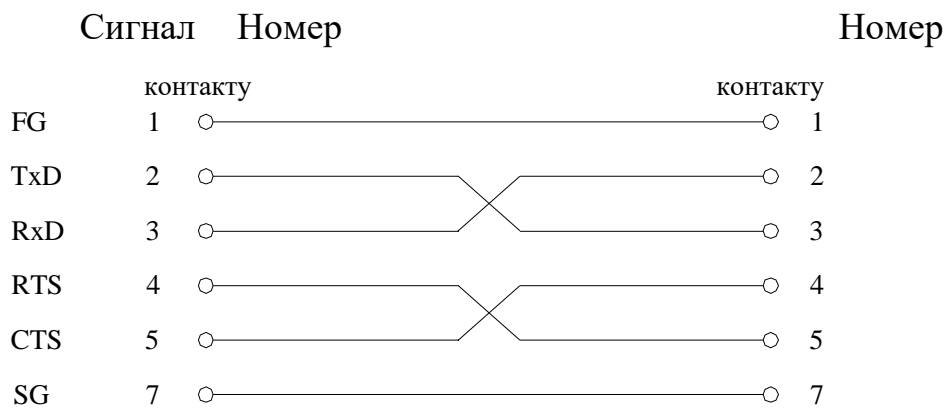


Рисунок 3.1 – Один з варіантів нуль-модема

На даний час розроблено достатню кількість інтегральних мікросхем для інтерфейсу RS232. Крім того, більшість сучасних мікроконтролерів мають альтернативні порти, які забезпечують передачу та прийом послідовних даних, а також основних керуючих сигналів.

Згідно стандарту, типові логічні рівні для ліній TxD, RxD, RTS і CTS встановлені наступні: логічна одиниця становить -9В , логічний нуль - $+9\text{В}$.

Мінімальні значення відповідно -6В та $+6\text{В}$, максимальні: -15В і $+15\text{В}$.

3.3.2 Опис шини I²C

Згідно розрахунків, наведених вище, об'єм ОЗП повинен становити 54000 відліків. Для адресування такого об'єму пам'яті необхідно використовувати 16 адресних ліній. В випадку використання восьмирозрядного АЦП, до цієї кількості зв'язків додається ще восьмирозрядна шина даних. Друкована плата такого вузла буде надзвичайно складною. Враховуючи те, що до схеми не ставляться жорсткі вимоги щодо швидкодії, досить доцільним є використання шини I²C (Inter-Integrated Circuit). Стандарт I²C розроблений спеціально для використання в невеликих системах з розгалуженими периферійними зв'язками. Згідно цього стандарту, всі сигнали керування, адресування приладів, передача даних відбувається лише по двох лініях. Використання цієї шини в даному приладі дало

б можливість замінити шіснадцяти-розрядну шину адресу та восьми-розрядну шину даних двома лініями шини I²C. Тому є сенс розглянути її більш детально.

Шина I²C представляє собою протокол для послідовної передачі даних по двох сигнальних лініях. Ці лінії є двонаправленими і визначені як тактова лінія (SCL) і лінія даних (SDA). Обидві лінії під'єднані до шини живлення через обмежувачий резистор (див. рис. 4.2). Таким чином, коли шина вільна – на обох лініях встановлюються високі логічні рівні. Пристрої, підключені до цієї лінії, повинні мати виходи з відкритим колектором для того, щоб забезпечити виконання функції монтажного “Г”. Дані по шині I²C можуть передаватись зі швидкістю 100 кбіт/с в стандартному режимі, або 400 кбіт/с в швидкому.

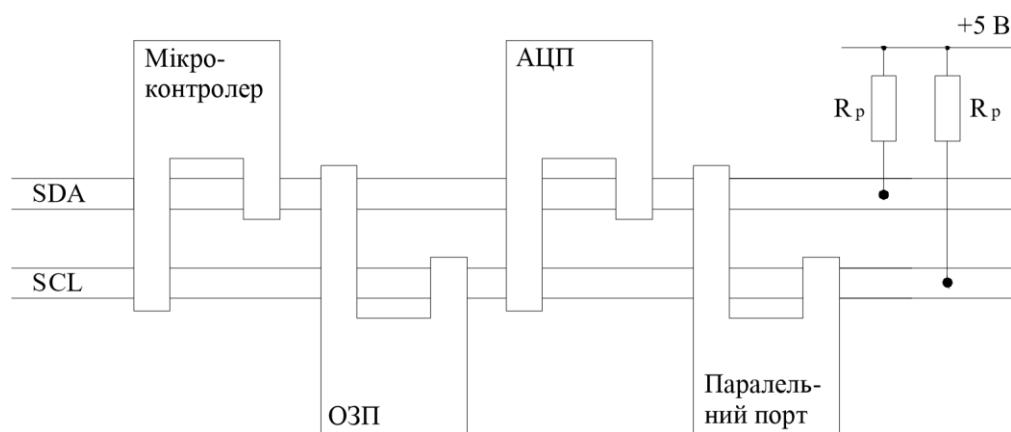


Рисунок 4.2 – Використання шини I²C

Число пристроїв, підключених до шини, обмежується ємністю між двома сигнальними лініями та між лініями та землею, яка не повинна перевищувати 400 пФ. Довжина ліній може становити до 10 м. Логічні рівні для даної шини не регламентовані і залежать від типу пристроїв, які нею об'єднуються. Так, для ТТЛ-логіки логічним нулем буде 0 В, логічною одиницею +5 В.

Організація шини побудована на принципі керівник-підлеглий (masterslave). Керівником як правило виступає мікроконтролер. Підлеглим може бути аналого-цифровий перетворювач, оперативний запам'ятовуючий пристрій, пристрій вводу-виводу, тощо. При передачі чи зчитуванні даних мікроконтролер захоплює управління і з цього моменту стає керівником або власником шини (master). Обмін інформацією відбувається лише між керівником та підлеглим, до якого він звертається. Всім іншим пристроям на цей час забороняється передавати на шину

будь-які дані.

Інформація (адрес підлеглого, байт даних) передається по шині послідовно, біт за бітом, по лінії SDA. Для кожного біта, який з'являється на лінії SDA генерується імпульс на тактовій лінії (SCL). Дані на SDA повинні бути стабільними на протязі періоду високого логічного рівня лінії SCL. Високий, або низький логічний рівень на лінії даних може змінюватись лише на протязі низького рівня на SCL (див. рис. 4.3).

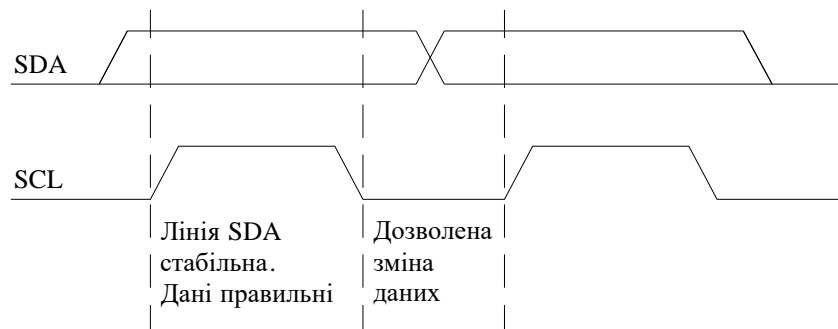


Рисунок 3.3 – Передача біта по шині I²C

В протоколі I²C затверджено ряд особливих сигналів, які передбачають специфічні комбінації змін станів ліній SDA і SCL. Всі операції на шині ініціалізуються спеціальним сигналом СТАРТ, який генерується керівником і змушує всі пристрої, під'єднані до шини прийняти інформацію, що передається після цього сигналу (як правило, це адрес підлеглого). Команда СТОП передається після закінчення обміну інформацією між керівником та підлеглим і сигналізує про звільнення шини.

Команду СТАРТ мікроконтролер може видати лише якщо обидві лінії SDA і SCL мають високі логічні рівні. При цьому відбувається перехід SDA з високого логічного рівня на низький, лінія SCL зберігає високий логічний рівень (див. рис. 4.4). Після цієї команди мікроконтролер стає керівником, а всі інші пристрої - підлеглими.

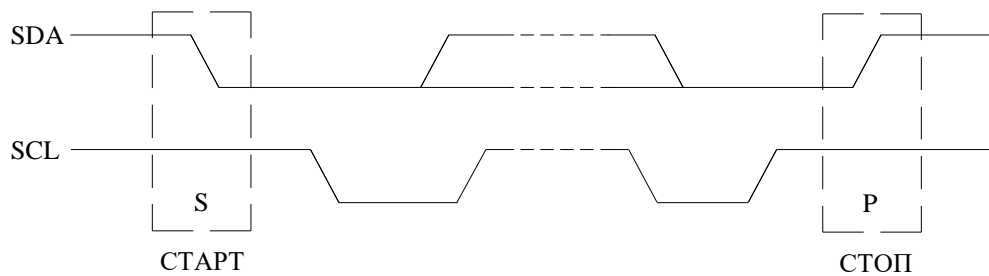


Рисунок 3.4 – Команди СТАРТ і СТОП

Перехід лінії SDA з низького рівня на високий після встановлення високого логічного рівня на лінії SCL означає команду СТОП. Згідно протоколу I²C, шина вважається вільною не безпосередньо після подачі команди СТОП, а після проходження певного часу.

Передача даних по шині здійснюється лише побайтно. Кожен байт повинен бути завдовжки 8 біт. Кількість байт, які передаються за один раз необмежена. Після кожного байту повинен слідувати біт підтвердження АСК. Передача даних починається з старшого біта. Якщо приймач не може прийняти переданий байт даних через виконання якоїсь іншої функції (наприклад обробку внутрішнього переривання), він може захопити лінію SCL, перевівши її в низький логічний рівень. Це змусить передавача припинити передачу даних і перейти в режим очікування. Обмін інформацією поновиться після того, як приймач буде готовим до прийому нового байту даних і звільнить лінію SCL.

Передача даних з сигналом підтвердження є обов'язковою. Схематично формування сигналу АСК (acknowledge – підтвердження) показано на рисунку 4.5. Тактовий імпульс підтвердження генерується керівником. На протязі цього імпульсу передавач звільняє лінію SDA (переводить її в високий логічний стан). Приймач повинен в цей час перевести лінію в низький стан (підтвердити прийом байта). Виходи всіх пристроїв з'єднані по схемі монтажного "І", тому результирующим значенням на лінії буде логічний нуль. Це означатиме, що дані прийняті успішно. Якщо рівень на лінії залишиться високим – дані не були прийняті.

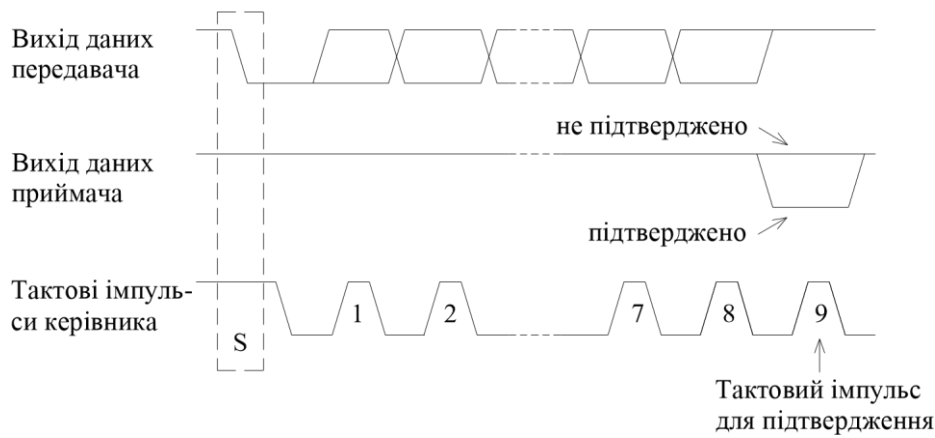


Рисунок 3.5 – Формування сигналу підтвердження

Таким чином, якщо підлеглий-приймач підтвердив прийняту адресу, але трохи пізніше, під час передачі, не може більше приймати дані то керівник повинен припинити передачу. Це реалізується наступним чином: підлеглий генерує сигнал не підтвердження, залишивши лінію SDA в стані високого логічного рівня і керівник в свою чергу видає команду СТОП.

Аналогічно, якщо керівник-приймач змушений припинити приймання даних (наприклад, для обробки переривання), він повинен повідомити про це підлеглому-передавачу не генеруючи сигнал підтвердження після останнього прийнятого байта. Підлеглий-передавач після передачі кожного байта даних повинен звільняти лінію SDA, дозволяючи керівнику видати команду СТОП.

Передача інформації здійснюється згідно формату показано на рисунку 3.6. Після команди СТАРТ (S) пересилається адрес підлеглому. Цей адрес має довжину 7 біт. Після адресу передається восьмий біт, який вказує напрямок переміщення даних (R/W_—). Логічний нуль вказує передачу (write – запис), одиниця означає прийом (read – зчитування). Ці перших вісім біт утворюють контрольний байт.

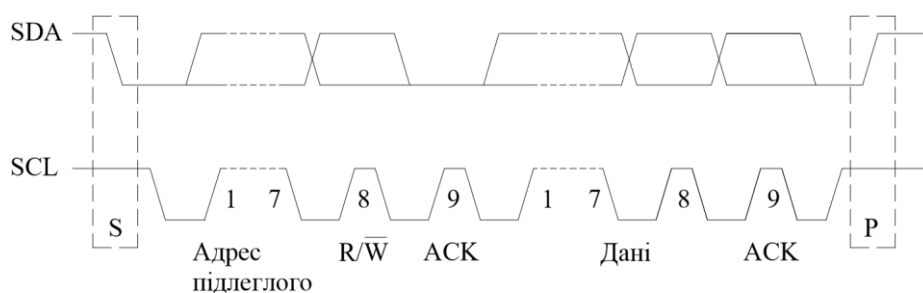
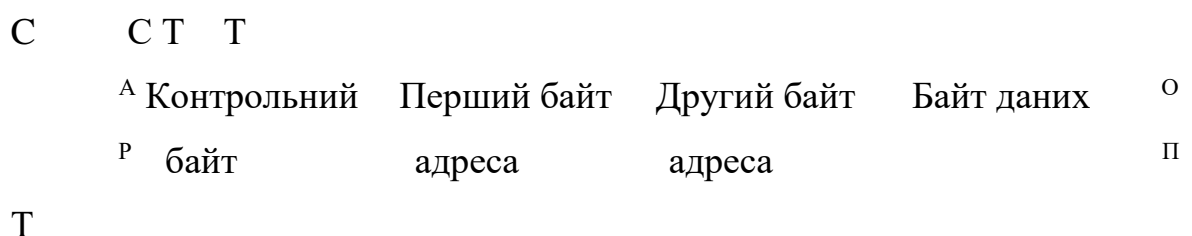


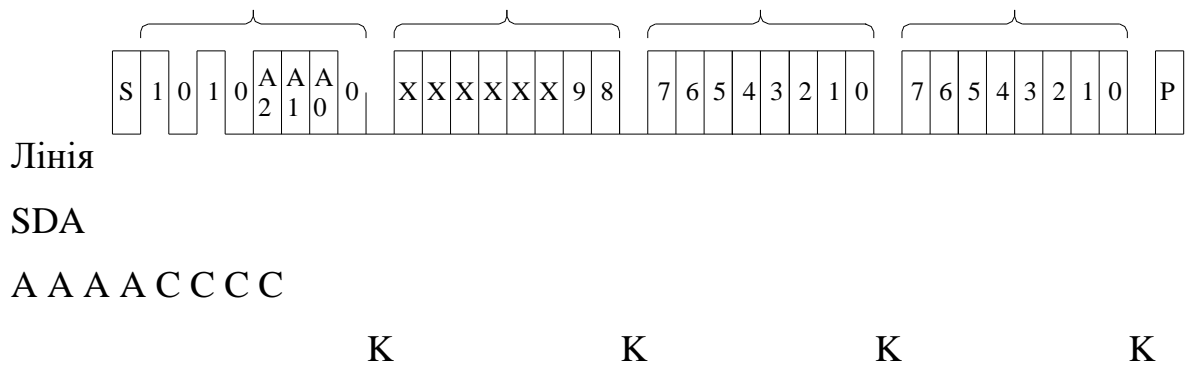
Рисунок 3.6 – Повний вигляд формату передачі даних

Пересилання інформації як правило закінчується командою СТОП (P), за винятком ситуацій, коли керівнику все ще потрібна шина для зчитування чи передачі даних іншому підлеглому. В цьому випадку генерується повторна команда СТАРТ (Sr) без попередньої команди СТОП. Послідовність бітів при такому варіанті передачі інформації така ж як і в звичайному випадку.

Контрольний байт, який керівник посилає на шину після цієї команди СТАРТ, приймається відразу всіма пристроями. Отриманий адрес порівнюється з кодом, “зашитим” в постійній пам’яті, чи забезпеченим комбінацією підключення зовнішніх виводів (як правило використовується поєднання обох варіантів). В випадку співпадання адреса з цим кодом, пристрій відповідає керівнику сигналом підтвердження. Як правило пристрої, розраховані на підключення до шини I²C, передбачають можливість програмування трьох молодших бітів адреса. Чотири старших програмуються фірмою-виробником і наводяться в документації на мікросхему. Таким чином, до шини можна підключити більше 100 пристроїв, в тому числі до восьми однотипних.

При обміні даними з мікросхемою запам’ятовуючого пристрою, крім адресу підлеглого (вказується в контрольному байті) необхідно додатково вказувати адресу комірки. На рисунку 4.7 показано часову діаграму запису одного байта в ОЗП об’ємом 1024 байта (1 кбайт). Як видно з рисунку, ряд бітів першого байта адреса не мають значення, і передаються лише для відповідності зі стандартом I²C (підтримується лише побайтна передача інформації).





x – значення біта не суттєве. АСК – біт підтвердження.

Рисунок 3.7 – Запис одного байта в ОЗП

Біт напрямку передачі даних передається лише з контрольним байтом. Тобто, при звертанні до підлеглого немає можливості змінювати цей напрямок між командами СТАРТ і СТОП. Тому зчитування байта з оперативного запам'ятовуючого пристрою проводиться за два звертання (див. рис. 4.8).

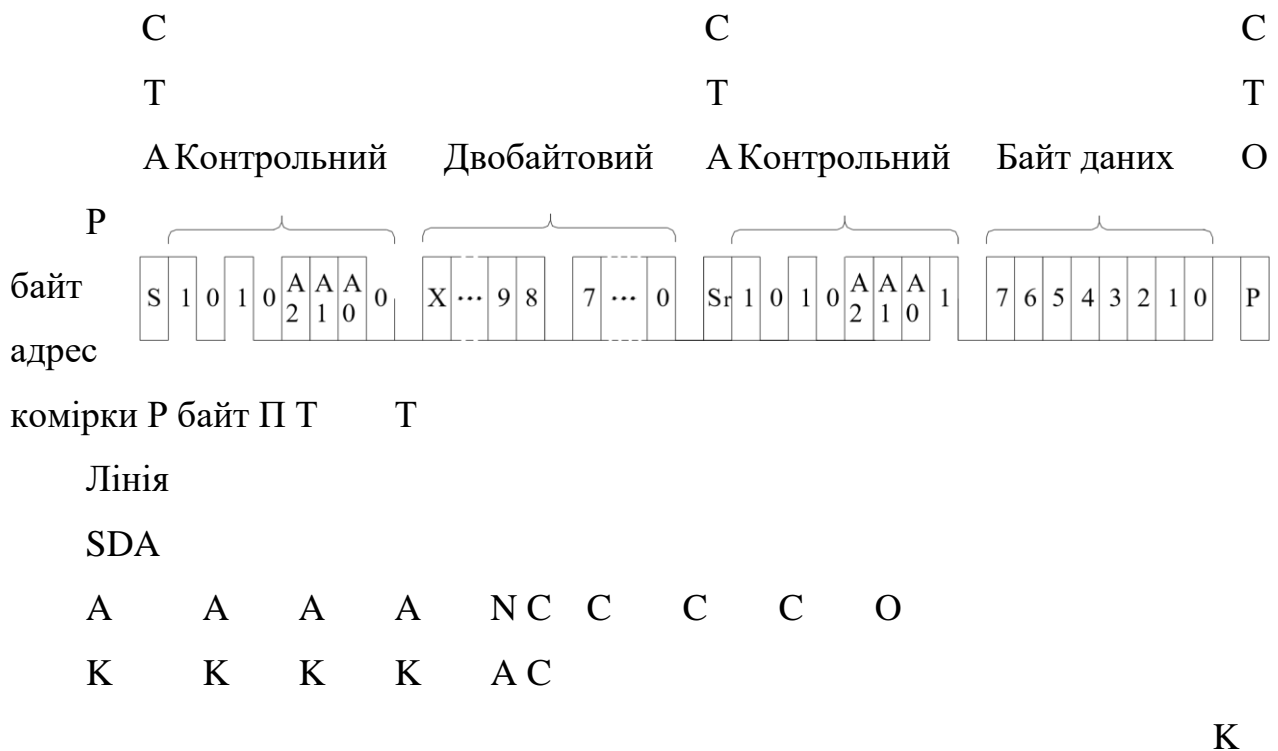


Рисунок 3.8 – Зчитування одного байта з ОЗП

При першому звертанні в режимі запису (біт $R/W_{\text{—}} = 0$) передається адрес комірки, який фіксується в адресних регістрах ОЗП. При наступному звертанні відбувається зчитування байта за поточним адресом. Такий протокол читання накладає певні обмеження на використання шини I²C, з огляду на порівняно невелику швидкість обміну інформацією з пам'яттю.

3.3.3 Перевірочний розрахунок на швидкодію шини

Згідно протоколу, описаного в пункті 4.3.2, для адресації мікросхеми аналого-цифрового перетворювача і зчитування даних використовується два байти, на керуючі сигнали (СТАРТ, СТОП, підтвердження) – 4 біти. Таким чином, для зчитування одного відліку використовується $n_{АЦП} = 8 + 8 + 4 = 20$ біт.

В випадку запису в мікросхему ОЗП додається ще два байти для адресування комірки пам'яті і 2 біти підтвердження. Отже для запису одного відліку в пам'ять використовується $n_{ОЗП} = 20 + 16 + 2 = 38$ біт. Звідки бачимо, що для зчитування та запису в пам'ять одного відліку кардіосигналу необхідно передати по шині $n = n_{АЦП} + n_{ОЗП} = 20 + 38 = 58$ біт.

Проведемо розрахунок мінімальної швидкості передачі даних по шині, яка б задовольнила параметри дискретизації сигналу. Частота дискретизації становить 600 Гц, звідки період дискретизації:

$$T_{\text{дискр.}} = \frac{1}{f_{\text{дискр.}}} = \frac{1}{600} = 0,00167 \quad (\text{с}) \quad (3.3)$$

За цей період контролер повинен встигнути зчитати дані з АЦП і переслати їх в оперативну пам'ять, тобто по шині потрібно передати 58 біт.

Звідси мінімальна швидкість передачі даних по шині повинна становити:

$$v_{\text{min}} = \frac{n}{T_{\text{дискр.}}} = \frac{58}{0,00167} = 34730 \quad (\text{біт/с}) \quad (3.4)$$

Стандарт I²C підтримує два режими передачі даних: нормальний – 100 біт/с і швидкий – 400 біт/с. Отже в даному приладі для зв'язку між елементами цілком може бути використана розглянута шина.

3.4 Вибір елементів схеми

3.4.1 Вибір мікросхеми оперативного запам'ятовуючого пристрою

Згідно з розрахунками, проведеними в пункті 3.2.2, для зберігання оцифрованого кардіосигналу необхідно 54000 байт. Мікросхеми оперативних запам'ятовуючих пристроїв мають об'єми пам'яті, що визначаються за формулою

$v = 2^n$, де n – число розрядів адресу. Найближчим до розрахованого значення є об'єм пам'яті 65536 байт (64 кбайт).

Для шини I²C розроблено і випускаються ряд мікросхем програмованих постійних запам'ятовуючих пристроїв з електричним стиранням (ЕСПЗП). Параметри цих пристроїв цілком дозволяють використовувати їх як оперативну пам'ять. При виборі мікросхеми для розроблюваного приладу було вирішено використати продукцію фірми “Atmel”. Її вироби користуються попитом в усьому світі, відрізняються хорошою якістю та надійністю, а також мають досить широкий асортимент. Крім того, “Atmel” надає вичерпну інформацію про свої розробки, що значно спрощує пошук відповідної елементної бази.

Організацію пам'яті в даному пристрої було вирішено реалізувати на двох мікросхемах AT24C256. Такий вибір дає можливість, використавши швидкий режим (400 Гц), звести до мінімуму затрати часу на передачу даних по лініях SDA та SCL.

Мікросхеми AT24C256 мають об'єм пам'яті 256 кбіт і восьмибітну організацію. Таким чином, отримуємо об'єм 32768 байт, або 32 кбайта. Дві таких мікросхеми повністю задовольняють вимоги пункту 3.2.2.

Пристрої виготовлені за КМОН технологією, що дало можливість одержати хороші енергетичні характеристики. Так, максимальний струм запису становить не більше 3 мА, струм читання – 400мкА, струм зберігання інформації – 100 нА. Цикл стирання поєднаний з циклом запису (стирання відбувається при записі нової інформації), максимальна кількість перезаписів становить не менше 1000000 циклів. Такі показники роблять мікросхему досить зручною для використання як банку пам'яті в пристроях, до яких не ставляться високі вимоги щодо швидкодії. Тривалість зберігання інформації становить понад 200 років. В мікросхемі передбачено можливість вибору значень трьох молодших бітів адресу, що реалізується підключенням відповідних виводів до шини живлення, або до “землі”.

Структурна схема мікросхем AT24C256 показана на рисунку 3.9. Як можна побачити з рисунку, структура пристроїв пам'яті, розроблених для шини I²C, відрізняється від звичної побудови ОЗП. Крім масиву комірок, дешифраторів

рядків та стовпців і схеми керування записом-читанням, введено блоки керування вводом-виводом, пам'яттю, а також генератор високої напруги. Логіка керування вводом-виводом забезпечує можливість передавати та приймати інформацію через один порт. Логіка керування пам'яттю розпізнає прийняту інформацію і видає відповідні сигнали на решту блоків. На цей блок покладена зокрема функція розпізнавання контрольного байта та блокування запису в комірки масиву. Остання можливість досягається приєднанням виводу WP до шини живлення. При цьому запис даних у адресний простір від 0000h до 7FFFh (тобто весь адресний простір мікросхеми) буде блокованим. В середині мікросхеми цей вивід через обмежувачий резистор під'єднаний до "землі". Таким чином, якщо запис не потрібно забороняти, вивід WP можна не задіювати взагалі.

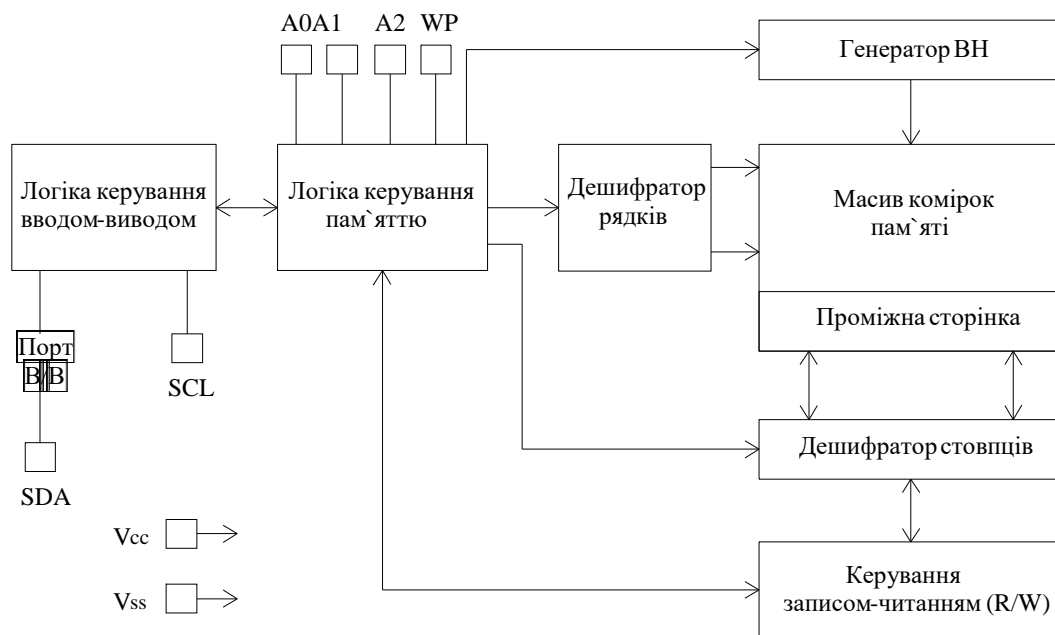


Рисунок 3.9 – Структурна схема ЕСППЗП АТ24С256.

Генератор високої напруги забезпечує можливість запису даних в комірки пам'яті навіть при напрузі живлення +5 В (ТТЛ рівень логічної одиниці), або навіть при нижчих (4.8 В, 2.7 В). Проміжна сторінка використовується при послідовному записі в пам'ять. Для мікросхеми АТ24С256 об'єм цієї сторінки становить 64 байти. Її використання дає можливість прискорити процедуру запису даних (див. нижче). В таблиці 3.2 наведено основні статичні характеристики мікросхеми АТ24С256.

Таблиця 3.2 – Основні статичні характеристики АТ24С256.

Параметр	Познач.	мін.	макс.	Одиниця	Примітка
Високий логічний рівень	U _{Вх.В.}	0.7U _Ж	—	В	Для входів А0, А1, А2, SCL, SDA, WP
Низький логічний рівень	U _{Вх.Н.}	—	0.7U _Ж	В	Для входів А0, А1, А2, SCL, SDA, WP
Гістерезис тригера Шмідта	U _{Гіс.}	0.7U _Ж	—	В	Для ліній SDA, SCL
Низький логічний рівень для вихідної напруги	U _{Вих.В.}	—	0.40	В	—
Вхідний струм	I _{Вх.}	-10	10	мкА	—
Вихідний струм	I _{Вих.}	-10	10	мкА	—
Ємність входів (виходів)	C _{Вх.} (C _{Вих.})	—	10	пФ	—
Струм споживання мікросхеми	I _{сп.Зп.}	—	3	мА	В режимі запису
	I _{сп.Чит.}	—	400	мкА	В режимі читання
	I _{сп.Зб.}	—	1	мкА	В режимі зберігання

Вхідні кола мікросхеми побудовані з використанням тригерів Шмідта. Як

видно з таблиці, гістерезис тригера Шмідта становить $0.7U_{ж}$ ($U_{ж}$ – напруга живлення мікросхем), тобто при $U_{ж}=5$ В гістерезис становитиме 3.5 В. Це означає, що при виникненні на інформаційних лініях завад у вигляді “просічок” величиною до 3.5 В, мікросхема на них не реагуватиме. Таке рішення дало можливість одержати кращу захищеність від завад на інформаційних лініях і відповідно більш стійку роботу запам’ятовуючого пристрою.

Умовою правильного функціонування мікросхеми є також додержання цілого ряду часових параметрів. Позначення цих параметрів показане на рисунку 3.10, а відповідні значення наведено в таблиці 3.3. На рисунку зображено дві лінії SDA: вхідну та вихідну. Такий поділ є суто умовним і використаний для того, щоб показати, як видаються сигнали зі сторони мікроконтролера та оперативного запам’ятовуючого пристрою. Як було сказано вище, ввід та вивід даних здійснюється через один порт.

Як видно з таблиці, більшість параметрів не мають обмеження за мінімальним значенням, тобто найменша швидкість передачі даних не встановлена. Виняток складають лише тривалість фронту та тилу імпульсів.

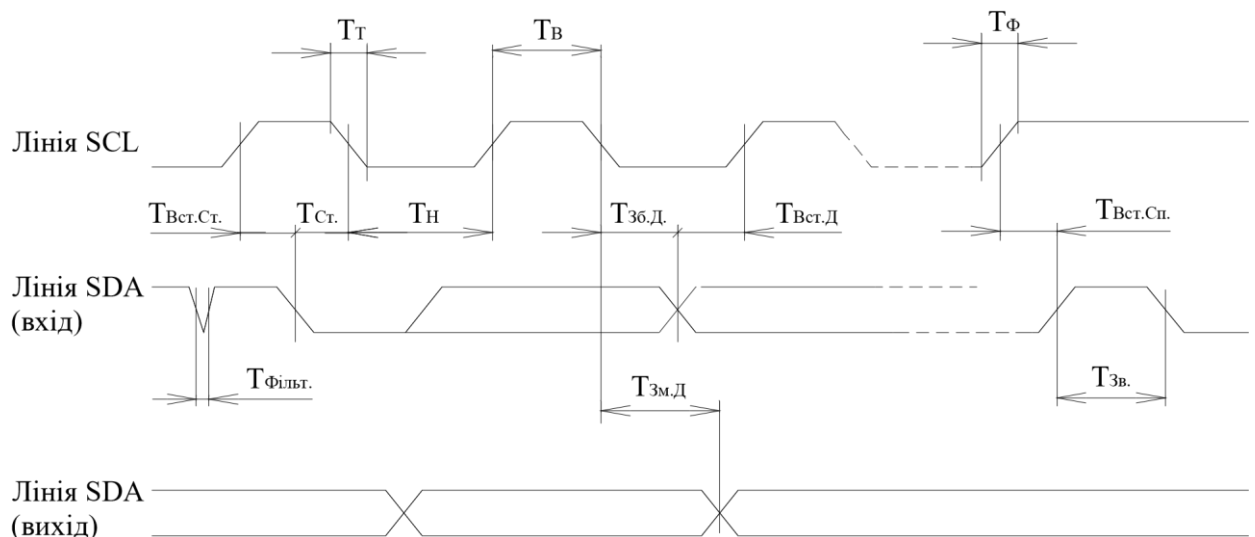


Рисунок 3.10 – Часова діаграма роботи АТ24С256.

Важливим є виконання параметру $T_{Звільн.}$ (час звільнення шини або, іншими словами, час, на протязі якого шина повинна залишатись вільною, перш ніж почнеться наступна передача). Мікросхема АТ24С256 після прийому команди СТОП переходить на виконання певних внутрішніх функцій, тому, при

ігноруванні цієї часової затримки, наступна команда може бути не розпізнана, або розпізнана невірно.

Таблиця 3.3 – Основні динамічні характеристики АТ24С256.

Параметр	Познач.	мін.	макс.	Одиниця
Максимальна частота імпульсів лінії SCL	F _{SCL}	—	400	кГц
Тривалість високого рівня імпульсу	T _B	600	—	нс
Тривалість низького рівня імпульсу	T _H	1300	—	нс
Тривалість фронту імпульсу	T _Ф	—	300	нс
Тривалість тилу імпульсу	T _T	—	300	нс
Час встановлення команди СТАРТ	T _{Вст.Ст.}	600	—	нс
Час встановлення команди СТОП	T _{Вст.Сп.}	600	—	нс
Тривалість команди СТАРТ	T _{Ст.}	600	—	нс
Час встановлення даних на лінії SDA	T _{Вст.Д.}	100	—	нс
Час зберігання даних на лінії SDA	T _{Зб.Д.}	0	—	нс
Час зміни даних при зчитуванні	T _{Зм.Д.}	—	200	нс
Час звільнення шини (час, на протязі якого шина повинна залишатись	T _{Звільн.}	1300	—	нс

вільною, перш ніж почнеться наступна передача)				
Тривалість завад, які подавлюються вхідним фільтром	ТФільт.	—	50	нс
Кількість циклів перезапису	N	1 млн.	—	циклів

В мікросхемі передбачені два режими читання та запису інформації: побайтний та сторінковий, або послідовний. Перший був детально розглянутий при описі шини I²C. При записі в пам'ять великих масивів даних, які розміщуються одні за одними є сенс використати послідовний запис. В цьому випадку контролер генерує, як і в першому випадку, команду СТАРТ, видає контрольний байт та адресу першої комірки. Далі передається перший відлік. Після одержання сигналу підтвердження мікроконтролер відразу передає наступний відлік. Збільшення адреса відбувається автоматично під керуванням логіки пам'яті. Вся передана інформація зберігається в проміжній сторінці, ємність якої становить 64 байти. Після отримання сигналу СТОП, інформація з проміжної сторінки переписується в пам'ять. Таким чином, за один сеанс зв'язку можна передати одразу 64 послідовних відліки.

В випадку послідовного читання проміжна сторінка не використовується взагалі. Тобто існує можливість послідовного читання всіх комірок за один сеанс зв'язку з мікросхемою.

При послідовному читанні спочатку встановлюється адреса першої комірки пам'яті, від якої проводитиметься читання. Це проводиться в режимі запису (див. рис. 4.7), але без передачі байта даних. Далі повторно генерується команда СТАРТ і передається контрольний байт, в якому біт R/W__ рівний логічній одиниці (читання), після чого приймається перший відлік. Отримавши байт даних, мікроконтролер видає сигнал підтвердження. Логіка пам'яті інкрементує адресу і видає наступний байт і т.д. Після прийому останнього байту даних

мікроконтролер замість сигналу підтвердження генерує команду СТОП. Використання послідовного запису-читання та швидкості обміну по шині 400 кбіт/с дасть можливість вивільнити значний резерв часу для виконання контролером додаткових функцій.

Мікросхеми виготовляються в восьмививодних корпусах двох типів: DIP та SOIC. Розводка виводів в усіх мікросхем такого типу – однакова, що обумовлює їх високу взаємозамінність

3.4.2 Вибір модема

Згідно технічного завдання, в розроблюваному пристрої повинен бути використаний радіомодем Pacific Crest. Проаналізувавши характеристики виробів цієї фірми, вирішено зупинити вибір на радіомодемі типу RFM96.

Даний тип модемів розроблений для систем телевимірювання та телекерування і забезпечує високу надійність передачі даних між віддаленими чи мобільними об'єктами.

Модем складається з цифрової частини (забезпечує обмін інформацією по послідовному інтерфейсу RS232, а також керування режимами роботи модема) і радіочастотного трансивера (забезпечує генерування високочастотного промодульованого сигналу). При потребі може бути використаний також вихідний підсилювач, який забезпечує потужність передавача до 35 Вт. В залежності від комплектності, антена може підключатись як до виходу підсилювача, так і безпосередньо до виходу модема.

Схема модема має встроєний програмований цифровий синтезатор частот, що дозволяє налаштувати його на будь-яку частоту в межах дозволеного для цивільної апаратури діапазону. Нижче наведено основні технічні характеристики радіомодема.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики радіомодема Pacific Crest RFM96

Параметр	Одиниця			макс.	Примітка
		мін.	тип.		
Робочий діапазон частот,	МГц	150	—	170	VHF 15
		415	—	427	UHF 41

дозволений Державною Комісією з Радіочастот		442	—	447	UHF 43
Тип модуляції	GMSK (Гаусовська частотна модуляція)				
Ширина каналу	кГц	—	25	—	—
Загальна кількість синтезованих частотних каналів	—	—	1600	—	—
Випромінювана потужність	Вт	—	2	—	—
		—	15	—	—
		—	35	—	—
Швидкість передачі даних	бод	—	4800	—	—
		—	9600	—	—
Час ініціалізації передавача	мс	—	12	18	—
Тривалість неперервної передачі	с	—	—	60	—
Чутливість приймача	мкВ	0,45	—	—	—
Час ініціалізації приймача	мс	—	12	18	—
Кодування інформації	Код Хемінга, CRC 16 біт				
Зовнішній інтерфейс	RS232, з'єднувач DB9, або герметизований (аналог 2PM)				
Антенний інтерфейс	З'єднувач типу BNC, 50 Ом				

Робочий діапазон температур	0С	-30	—	+60	—
Напруга живлення	В	10	—	16	—
Споживана потужність при напрузі живлення 13,6 В	Вт	—	1,2	—	В режимі прийому
		—	10,2	—	В режимі передавача з потужністю 2 Вт
		—	59	—	В режимі передавача з потужністю 15 Вт
		—	129	—	В режимі передавача з потужністю 35 Вт
Габаритні розміри	мм	71x33x132			Без підсилювача (2 Вт)
		90x94x132			3 підсилювачем (15/35 Вт)
Маса	кг	—	0,26	—	Без підсилювача (2 Вт)

		—	1,25	—	3 підсилювачем (15/35 Вт
--	--	---	------	---	--------------------------------

Згідно інформації фірми Pacific Crest corporation, радіомодеми RFM96 забезпечують менше 1% помилок при вхідному сигналі 0,5 мкВ. Враховуючи використання захисту інформації з допомогою коду Хемінга та використання шістнадцяти-бітного коду CRC, імовірність неправильного розпізнавання переданих даних зводиться до мінімуму. Це має велике значення для стійкості блоку проти різного типу завад (іскріння контактів тролейбуса, електрозварка, тощо).

Крім того, використання модема з кодуванням інформації на апаратному рівні дозволяє спростити алгоритм функціонування мікроконтролера і зменшити затрати процесорного часу на передачу даних.

Максимальна відстань на яку можуть бути передані дані з допомогою радіомодема, визначається параметрами антени та потужністю передавача. При використанні звичайної автомобільної антени та підсилювача ВЧ з потужністю 15 Вт (потужність, вказана в технічному завданні), стійкий зв'язок забезпечується на відстані до 10-12 км. Максимальна відстань, на якій можлива передача даних становить 18-20 км, однак через велике послаблення сигналу можливе суттєве зростання проценту помилок і відповідно тривалості сеансу зв'язку. При цьому вважається, що між автомашиною та лікарнею немає значних за розмірами перешкод – гір, великих пагорбів тощо. В зоні “прямої видимості” зв'язок можливий навіть на відстані 25 км.

Таким чином, при застосуванні вибраного модема прилад є цілком придатним для використання в межах середнього за розмірами обласного центру України, а також прилеглих до нього населених пунктів. При потребі передачі інформації на більшу відстань (наприклад в межах району), можливе комплектування приладу підсилювачем ВЧ з потужністю 35 Вт.

3.4.3 Вибір рідкокристалічного індикатора

Для індикації режимів роботи приладу та виводу текстових повідомлень вирішено використати рідкокристалічний графічний дисплей типу SC32240A фірми Volymin з робочим полем 320x240 символів (1/4 VGA). Перевагами цього дисплею є малі габаритні розміри, невисока споживана потужність, встроєна схема керування, що забезпечує простий восьми-бітний інтерфейс та живлення від напруги +5В. Для використання в розроблюваному блоці вибрано тип SED1335. Дисплей має сірий індикатор, жовту світлодіодну підсвітку і розрахований на експлуатацію в розширеному діапазоні температур (від –20 до +60 °С). Тип прошивки вмонтованого ПЗП – англійський-кирилиця.

Всі дисплеї фірми Volymin побудовані з використанням однотипних контролерів, що забезпечує їх високу взаємозамінність. Модулі рідкокристалічної індикації забезпечують виконання наступних програмних функцій:

вибір однієї з двох кодових сторінок; можливість завантаження символів; вертикальний і горизонтальний скролінг; встановлення контрастності символів; програмний скид; програма самотестування.

Технічні характеристики індикаторів подані в таблицях 3.5 і 3.6.

Таблиця 3.5 – Механічні характеристики

Параметр	Одиниця	Значення
Розмір модуля	мм	152,0x109,0x12,7
Площа огляду	мм	115,19x86,39
Розмір символу	мм	3,20x5,55
Крок розміщення символів	мм	3,7x5,95
Розмір точки	мм	0,34x0,34
Крок розміщення точок	мм	0,02x0,020

Таблиця 3.6 – Електричні характеристики

Параметр		Одиниця	мін.	тип.	макс.	Примітка
Керуюча напруга		В	—	4,8	—	При температурі
			—	4,5	—	При температурі 25°C
			—	4,2	—	При температурі 50°C
Напруга живлення (U _ж)		В	4,7	5	5,3	—
Вхідна напруга	Високий рівень	В	2,2	—	U _ж	—
	Низький рівень	В	0	—	0,6	—
Вихідна напруга	Високий рівень	В	2,4	—	—	—
	Низький рівень	В	—	—	0,4	—

Індикатори зберігають працездатність при вологості до 90% (без конденсації) та вібрації амплітудою до 2 мм з частотою 10...50 Гц. Удароміцність становить 20g вздовж будь-якої осі.

Запис та зчитування інформації відбувається за відповідними протоколами. Вигляд цих протоколів показаний на рисунках 3.11 і 3.12.

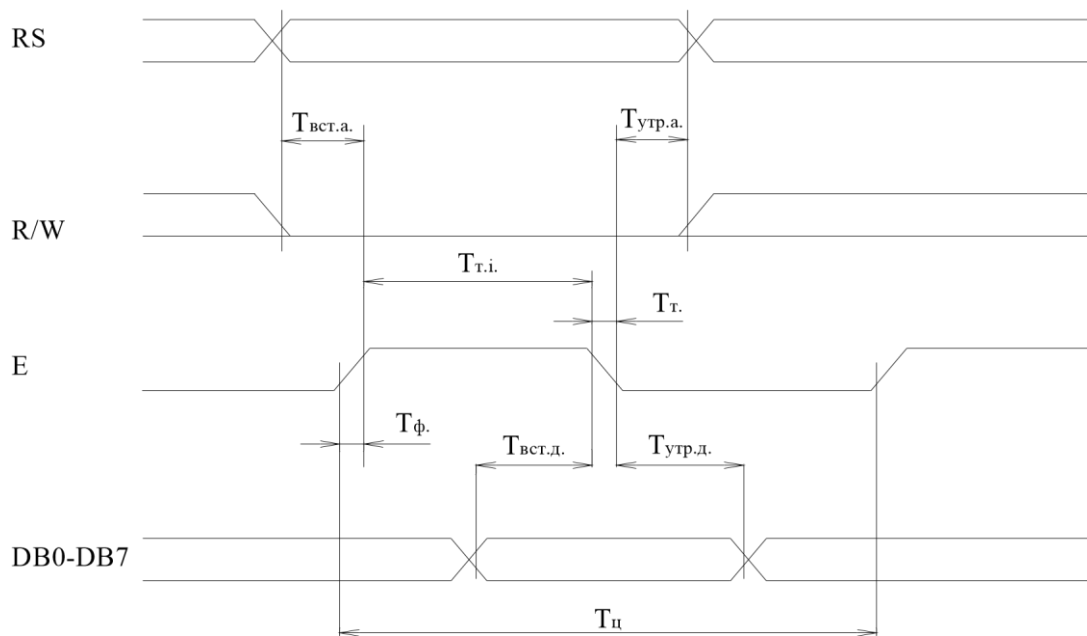


Рисунок 3.11 – Протокол запису даних в модуль

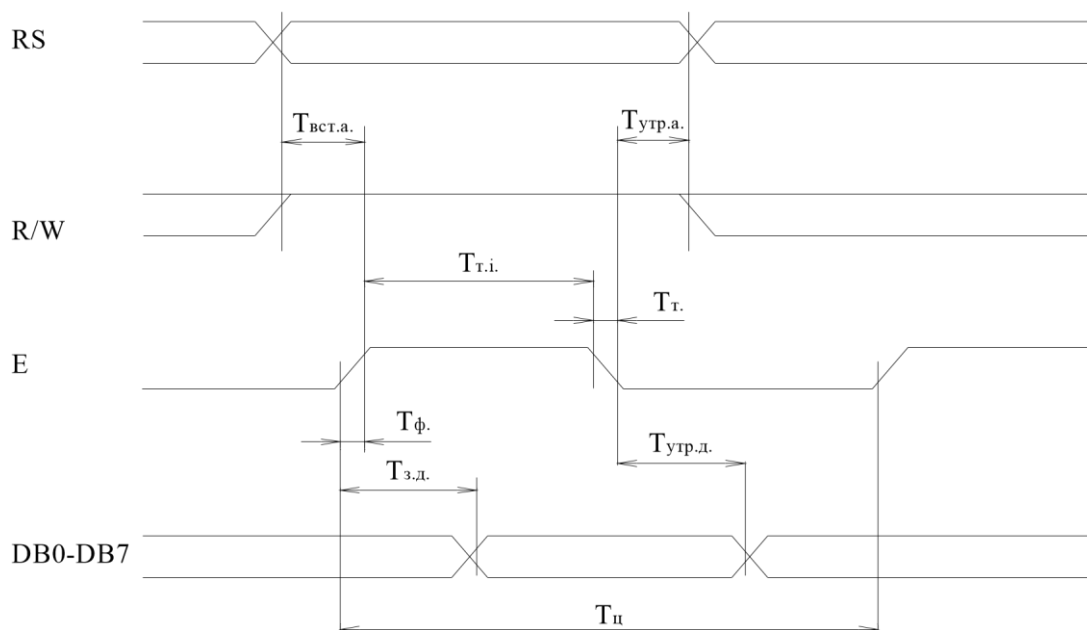


Рисунок 3.12 – Протокол зчитування даних з модуля

Значення вказаних часових інтервалів наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 3.7 – Динамічні характеристики дисплеїв

Параметр	Позначення	мін.	макс.	Одиниця
Тривалість циклу запису/читання	$T_{ц}$	500	—	нс
Тривалість тактового імпульсу	$T_{т.і.}$	220	—	нс
Тривалість фронту/тилу	$T_{ф}, T_{т}$	—	25	нс
Час встановлення адреса регістра	$T_{вст.а.}$	40	—	нс
Час утримування адреса регістра	$T_{утр.а.}$	10	—	нс
Час встановлення даних	$T_{вст.д.}$	60	—	нс
Час утримування даних (запис)	$T_{утр.д.}$	10	—	нс
Час затримки встановлення даних	$T_{з.д.}$	60	120	нс
Час утримування даних (читання)	$T_{утр.д.}$	20	—	нс

В таблиці 3.8 наведений повний перелік команд контролера дисплея HD447780U.

Таблиця 3.8 – Набір інструкцій модулів

Інструкція	Код									
	RS	R/ W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Очистка екрану	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Курсор в home- позицію	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Режим вводу	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Контроль ввімкнення вимкнення	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Зсув курсору/дисплея	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
Встановлення настройок	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

Встановлення адресу в пам'яті генератора символів	0	0	0	1	Адрес в пам'яті генератора символів
Встановлення адресу в пам'яті дисплея	0	0	1	Адрес в пам'яті дисплея	
Читання стану/адресу	0	1	BF	Значення лічильника адресу	
Запис в пам'ять генератора символів/дисплея	1	0	Запис даних		
Читання з пам'яті генератора символів/дисплея	1	1	Читання даних		

В таблиці прийняті наступні позначення:

I/D – автоматичне збільшення (1)/зменшення (0) позиції курсору;

S – Використання зсуву дисплея (1);

D,C,B – встановлює режим ввімкнення всього дисплея, курсору, та режим мигання курсору (1 – ввімкнено, 0 – вимкнено);

S/C – переміщення дисплея (1)/переміщення курсору (0);

R/L – зсув вправо (1)/вліво (0);

DL – довжина даних: 1 – 8 біт, 0 – 4 біти.

N – кількість ліній дисплея: 1 – 2 лінії, 0 – 1 лінія;

F – розмір символу: 1 – 5x10 пікселів, 0 – 5x7 пікселів; BF – прапорець зайнятості:

1 – модуль зайнятий виконанням внутрішніх операцій, 0 – модуль готовий прийняти команду.

Детальніше опис інструкцій поданий в додатку. Там же ж наведено стандартну таблицю кодування символів для типу прошивки ЕН (англійський кирилиця) і конструктив модуля з зазначенням всіх розмірів і розводки виводів.

Дисплеї призначені для монтажу на поверхню і займають невеликий об'єм, тому легко інтегруються в конструкцію розроблюваного приладу.

3.4.4 Вибір інших елементів схеми

Як було зазначено в пункті 3.3.1, логічні рівні інтерфейсу RS232 становлять – 12В для логічної одиниці, та +12В для логічного нуля. В той же час логічні рівні ТТЛ мікросхем, як відомо, становлять відповідно +5В та 0В. Для забезпечення можливості обміну інформацією між блоком збору та передачі даних і зовнішніми приладами за протоколом RS232, необхідно передбачити використання схем зсуву логічних рівнів.

В даному пристрої вирішено використати мікросхеми фірми Analog

Devices ADM3202, які поєднують в собі дволінійні драйвер та приймач ліній

RS232.

Драйвер забезпечує зсув логічних рівнів TTL відповідно до вимог стандарту RS232, приймач здійснює зсув в зворотньому напрямку. Мікросхема виготовлена за КМОН технологією, що забезпечує хороші енергетичні характеристики, і живиться від однополярної напруги +5В, що робить її дуже зручною для використання розроблюваному приладі.

Основні параметри мікросхеми наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Електричні параметри ADM3202

Параметр	Позначення	Одиниця	мін.	тип	макс.
Напруга живлення	U_{CC}	В	3.3	5	6
Вихідна напруга подвоювача	$V+$	В	U_{CC} -0.3	10	15
Вихідна напруга інвертора	$V-$	В	-15	-10	- $U_{CC}+0.3$
Вхідна напруга передавача	TIN	В	-0.3	—	$(V+)+0.3$ 3
Вхідна напруга приймача	R_{IN}	В	-30	—	30
Вихідна напруга передавача	$TOUT$	В	-15	—	15
Вихідна напруга приймача	$ROUT$	В	-0.3	—	$U_{CC}+0.3$

Споживана потужність	P	мВт	—	450	—
----------------------	---	-----	---	-----	---

Мікроконтролер використано AT89C52 фірми Atmel, який розроблено на базі добре відомого та широко вживаного AT89C54. Обидві моделі є повністю сумісними як в конструктивному так і в функціональному плані. C52 відрізняється від C51 збільшеним розміром пам'яті даних (ОЗП) та пам'яті програм (ПЗП). Для AT89C52 обидві пам'яті мають об'єм 4 кбайт. Використання такого процесора дало можливість зробити інтерфейс приладу більш зручним і зрозумілим.

Всі периферійні пристрої для шини I²C, крім мікросхем ОЗП (паралельні порти вводу/виводу, годинник, восьми-розрядний АЦП), використано фірми Philips. Драйвер клавіатури – мікросхема фірми Atmel. Система Watch Dog та комутатор зібрані на вітчизняних мікросхемах серії K1533.

При виготовленні блоку клавіатури та блоку збору даних використано поверхневий тип монтажу з елементами об'ємного. Таке рішення дозволило підвищити надійність приладу та зменшити його габарити. Використання вибраних типів елементів забезпечує хороші енергетичні показники розробки.

3.5 Опис електричних принципових схем

3.5.1 Опис схеми електричної принципової блоку збору даних

Функціонування приладу відбувається під керуванням контролера DD14. Контролер забезпечує зчитування інформації з входів, пересилання її в буферну пам'ять і далі на радіомодем.

Дані з послідовних портів (роз'єми XP1 і XP2) проходять через схеми з логічних івнів DD1 DD2 і подаються на комутатор зібраний на мікросхемах DD4, DD5. Мультиплексор DD4 забезпечує комутування вихідних сигналів інтерфейсу RS232 (TxD, RTS), демультиплексор DD5 – вхідних (RxD, CTS). Цих чотирьох сигналів цілком достатньо для обміну інформацією з зовнішніми приладами. Комутування відбувається під керуванням сигналу “Вибір”, який подається

контролером (0 – порт кардіографа, 1 – порт тонометра).

Дані з портів, пройшовши через комутатор, подаються на контролер і далі пересилаються ним в буферну пам'ять (мікросхеми DD9, DD10). Пересилання інформації в ОЗП відбувається по лініям послідовного інтерфейсу I²C. Після кожного відведення записується два байти з датою та часом його зняття. Зчитування інформації з годинника відбувається також по шині I²C.

Аналогічно відбувається і зчитування кардіограми з аналогових входів (роз'єми XS1 і XS2). Сигнал, пройшовши через буфер на операційних підсилювачах DA1 та DA2, оцифровується багатоканальним АЦП DD3, який одночасно забезпечує можливість вибору одного з двох входів. Вибір здійснюється записом в АЦП відповідної команди. Передача даних від мікроконтролера в аналого-цифровий перетворювач і в зворотньому напрямі відбувається по шині I²C. Параметричний стабілізатор на елементах R9, VD1 та ємнісний фільтр C9 забезпечують формування опорної напруги, необхідної для роботи АЦП.

Після завершення зчитування даних, мікроконтролер переходить в стан очікування команди з клавіатури. Блок індикації та управління, до складу якого входить клавіатура, під'єднується до блоку збору даних через роз'єм XS3. Після отримання команди “Передача”, контролер намагається встановити зв'язок з центральним комп'ютером через радіомодем, попередньо відправивши відповідна повідомлення на рідкокристалічний дисплей блоку індикації та управління.

Команди та дані на радіомодем і в зворотньому напрямі передаються через схему зсуву рівня, роз'єм XP3 та з'єднуючий кабель.

Якщо встановити зв'язок не вдалося – на дисплей відправляється повідомлення “Помилка зв'язку”.

В блоці збору даних передбачено ще один додатковий послідовний порт для підключення ПЕОМ. Для цього порту використовуються всі 9 ліній інтерфейсу RS232, відповідно, сигнали подаються і приймаються через дві схеми зсуву логічних рівнів: DD14 і DD15. Додатковий порт використовується при тестуванні та налагодженні приладу, однак може бути також використаним і для підключення діагностичної апаратури. Для всіх портів вводу/виводу використано

вилки DB9, що дає можливість підключати зовнішні прилади з допомогою стандартних інтерфейсних кабелів.

Для підвищення надійності функціонування приладу використано систему Watchdog (спляча собака), яка стежить за роботою мікроконтролера, і при його “зависанні” видає сигнал перезавантаження (Reset). Схема зібрана на елементах DD6, DD7, DD12, резисторах R10, R15, R16 та конденсаторі C10.

На логічних елементах мікросхеми DD7 зібраний генератор прямокутних імпульсів з частотозадаючою ланкою R16, C10. Імпульси з виходу генератора подаються на два регістра зсуву: на вхід Reset DD6 і тактовий вхід DD12. Перший регістр ввімкнений по схемі подільника частоти з коефіцієнтом ділення 2. На його тактовий вхід подаються імпульси з порта мікроконтролера. З виходу подільника сигнал подається на вхід Reset другого регістра. Сигнал з виводу Q8 подається на вхід Reset мікроконтролера, а також, після проходження через інвертор DD7:3 – на вхід даних того ж регістра.

Схема працює наступним чином: при програмуванні мікроконтролера передбачають, щоб періодично змінювався стан одного з портів (після завершення кожної підпрограми, в режимі очікування команди, контролер з певним інтервалом записує в порт по чергово 0 і 1); сигнал з цього порта подається на вхід схеми Watchdog (на тактовий вхід DD6); частоту генератора прямокутних імпульсів вибирають такою, щоб контролер за вісім періодів встигав видати хоча б один імпульс (стан порта повинен змінитись два рази); в результаті, на виході Q1 мікросхеми DD6 періодично встановлюватиметься логічна одиниця, що призводитиме до скидання в нульовий стан регістра DD12; на виході Q8 завжди буде низький логічний рівень і, відповідно, сигнал перезавантаження (Reset) на вхід мікроконтролера не подаватиметься.

Якщо контролер “зависне” – припиниться надходження імпульсів на вхід схеми. На виході Q1 мікросхеми DD6 встановиться стан логічного нуля і почне працювати схема на регістрі DD12. Вихід Q8 регістра перебуває в стані логічного нуля, отже на вхід даних подається логічна одиниця. З кожним тактовим імпульсом відбувається заповнення розрядів регістра логічними одиницями. Якщо на протязі семи тактів мікроконтролер так і не видасть імпульсу на

визначеному порті, після надходження восьмого такту вихід Q8 регістра перейде в високий логічний стан, що призведе до видачі команди Reset контролера. На вході регістра встановиться логічний нуль, в результаті чого, після надходження восьми імпульсів від генератора сигнал Reset буде знято. Таким чином забезпечується необхідна тривалість цього сигналу. Після цього мікроконтролер перезавантажиться і перейде в стан очікування команди.

Під час завантаження передбачена видача звукового сигналу на випромінювач, розміщений на платі блоку індикації і управління. Таким чином, персонал може бути проінформованим, що мала місце аварійна ситуація.

Живлення пристрою відбувається від бортової мережі автомобіля. Зниження та стабілізація напруги на рівня 5В забезпечується інтегральним стабілізатором напруги DA3. Конденсатори C29, C36 забезпечують фільтрацію завад в бортовій мережі машини. Конденсатори C21 – C28 розміщують біля цифрових мікросхем для зменшення рівня завад від їх роботи.

3.5.2 Опис схеми електричної принципової блоку індикації і управління

До складу блоку індикації і управління входять клавіатура і рідкокристалічний індикатор. Клавіатура сформована з дванадцяти малогабаритних перемикачів (S1 – S12), об'єднаних спеціальною мікросхемою-драйвером (DD4). При натисненні будь-якої кнопки виникає внутрішнє переривання, в результаті обробки якого на виході мікросхеми встановлюється чотирирозрядний скен-код, а також генерується імпульс переривання для зовнішнього пристрою (мікроконтролера). В розроблюваному пристрої скен-код і сигнал переривання подаються не на мікроконтролер, а на мікросхему DD1 паралельного порта вводу/виводу для шини I²C. Тригер DD3:1 фіксує сигнал переривання і утримує його до тих пір, поки з мікроконтролера не прийде сигнал скиду в початковий стан.

Рідкокристалічний індикатор постачається виробником на окремій платі і монтується безпосередньо на передню панель приладу. На платі блоку індикації і управління розміщуються тільки резистор підстройки контрастності R2

і мікросхема паралельного порта вводу/виводу DD2 для узгодження інтерфейсу модуля і протоколу шини I²C.

Крім того на платі розміщується п'єзоелектричний звуковий випромінювач для акустичної індикації важливих і аварійних ситуацій в роботі контролера і світлодіод для індикації ввімкнення приладу.

3.6 Розрахунок елементів схеми

Враховуючи те, що для синтезу схеми використано в основному цифрові мікросхеми, правильність функціонування приладу забезпечується точним дотриманням усіх протоколів. Опис використаних при створенні схеми протоколів було проведено вище. В цьому пункті проведено розрахунок елементів вхідних каскадів для аналогового сигналу і схеми Watchdog.

Вхідні каскади для обох входів є повністю ідентичними, тому розрахунок проводиться лише для одного каналу. Каскад представляє собою схему масштабування вхідної напруги для узгодження динамічних діапазонів виходу діагностичної апаратури і аналого-цифрового перетворювача, а також забезпечує зсув нульового рівня.

Згідно паспортних даних кардіографів з лінійними виходами, динамічний діапазон вихідного сигналу становить 1000 мВ, тобто зміна напруги відбувається в межах –500...500 мВ. Динамічний діапазон АЦП становить 5В. Таким чином для узгодження необхідно забезпечити п'ятикратне підсилення вхідного сигналу і зсув нульового рівня на 2.5 В.

Зсув нульового рівня забезпечується подачею на неінвертуючий вхід напруги 2.5 В з подільника R2R5. Опори резисторів вибираються з міркувань зменшення вихідного опору подільника, але недопускання перегрівання елементів.

Прийнявши опори рівними 1 кОм, отримаємо потужність, що розсіюється U^2 25 подільником рівною: $P = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} = \frac{25}{2000} = 0.0125$ Вт, тобто таку, що не перевищує $R_{\text{л}}$ 2000

потужності розсіювання резисторів (0.125 Вт).

Опори резисторів R1 і R7 задають коефіцієнт підсилення каскаду:

$$K = \frac{R7}{R1} \quad (3.5)$$

$R1$

Прийнявши значення опору резистора $R1$ рівним 47 кОм (для забезпечення відповідного вхідного опору), отримаємо опір резистора $R7$ рівним:

$$R7 = K \cdot R1 = 5 \cdot 47 = 235 \text{ (кОм)}.$$

Для забезпечення можливості підстройки каскаду, вибираємо опір резистора $R7$ вдвічі більшим від розрахованого і рівним 470 кОм. В цьому випадку необхідні параметри каскаду забезпечуються при середньому положенні движка $R7$.

Розрахунок схеми Watch Dog зводиться до розрахунку тактового генератора. Тривалість сигналу Reset прямо залежить від його частоти. Згідно вимог до режиму роботи контролерів сімейства AT89Cxx, вона повинна становити не менше 4 машинних циклів. Кожен цикл складається з 12 тактів. Тактова частота контролера становить 12 МГц, звідси легко отримати мінімальну тривалість сигналу Reset:

$$T_R = N_{Ц} \cdot N_T \cdot \frac{1}{F_T} \quad (3.6)$$

F_T

де: $N_{Ц}$ - кількість циклів;

N_T - кількість тактів в одному циклі;

F_T - тактова частота контролера;

Підставивши значення, отримаємо:

$$T_R = 4 \cdot 12 \cdot \frac{10^{-6}}{12} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}$$

З опису роботи схеми Watch Dog зрозуміло, що тривалість сигналу Reset становить 8 періодів тактових імпульсів генератора. Звідси максимальна частота імпульсів повинна бути не більше

$$F_i = \frac{8}{T_R} = \frac{8 \cdot 10^6}{4} = 2 \text{ (МГц)}.$$

З іншого боку, необхідно залишити для мікроконтролера резерв часу, достатній для виконання середньої за розміром підпрограми (згідно опису роботи

схеми контролер повинен посилати хоча б один імпульс за вісім тактів генератора). Виходячи з викладених міркувань, виділяємо для процесора 1000 машинних циклів і розраховуємо частоту генератора.

$$F_i = N8 \cdot F_{NT} \quad (3.7)$$

Ц

Підставивши значення, отримаємо:

$$F_i = \frac{8 \cdot 12 \cdot 10^6}{400 \cdot 12} = 8000 \text{ (Гц)}$$

Таким чином, тактовий генератор розраховуємо на частоту 8000 Гц.

Частота генерації задається ланкою R16C10. Вхідною ємністю логічних елементів можна знехтувати і вважати, що частота генерації буде рівна:

$$F_i = \frac{1}{t} = \frac{1}{R16 \cdot C10} \quad (3.8)$$

де: $t = R16 \cdot C10$ - постійна часу RC-ланки;

Номінальний ряд резисторів є ширшим ніж конденсаторів, тому для розрахунку задамо ємністю конденсатора, а опір резистора розрахуємо:

$$16 = \frac{1}{F_i \cdot C10} \cdot R \quad (4.9)$$

$F_i \cdot C10$

Прийmemo значення ємності C10 рівним 0.01 мкФ і розраховуємо опір резистора R16:

$$R = \frac{1}{8000 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6}} = 12500 \text{ (Ом)}$$

Прийmemo значення резистора рівним 12 кОм і перерахуємо частоту генератора:

$$F_i = \frac{10^6}{120000 \cdot 0.01} = 8333 \text{ (Гц)}$$

Враховуючи, що жорстких вимог до точності генератора немає, таке значення цілком задовольняє розрахунок.

Резистор R15 забезпечує додатній зворотній зв'язок і на частоту генератора не впливає. Опір цього резистора повинен бути в межах 100-200 кОм. Для даної

схеми вибрано значення 180 кОм.

При розрахованих параметрах генератора, в випадку виникнення аварійної ситуації (“зависання” контролера), його перезавантаження відбудеться через час

$$t = \frac{8}{8333} \approx 0.001 \text{ с, тобто практично непомітно для персоналу. Після}$$

перезавантаження можна продовжити знімання кардіограми.

3.7 Розрахунок похибки приладу

Похибка розраховується для аналогового каскаду. Значення похибки визначається за формулою:

$$dPr. = dB_{x.k.} + dAЦП. \quad (3.10)$$

де: $d_{B_{x.k.}}$ - похибка вхідного каскаду;

$d_{AЦП}$ - похибка квантування АЦП.

Похибка вхідного каскаду визначається відхиленням від номіналу опорів резисторів R1, R7. Запишемо функцію передачі каскаду:

$$K = \frac{-V_{ux.}}{U_{Bx.}} = -\frac{R1}{R7}. \quad (3.11)$$

Абсолютна похибка буде рівна:

$$\Delta K = \frac{R7}{R1^2} \cdot \Delta R1 + \frac{R1}{R7^2} \cdot \Delta R7. \quad (3.12)$$

Відносна похибка визначатиметься за формулою:

$$dK = \frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta R1}{R1} + \frac{\Delta R7}{R7} = dR1 + dR7. \quad (3.13)$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{\Delta R1}{R1} + \frac{\Delta R7}{R7}$$

Для вхідного каскаду використано резистори з точністю 1%, звідки похибка значення коефіцієнта масштабування становитиме $dK = 1+1 = 2\%$.

Похибка встановлення напруги зміщення нульового рівня зумовлюється неточністю резисторів подільника R2, R5 і неточністю встановлення напруги живлення. Значення напруги зміщення розраховується за формулою:

$$U_3 = U_{ж} \cdot \frac{R_5}{R_2 + R_5}. \quad (3.14)$$

Похибка вузла 5 матиме вигляд:

$$\Delta U_3 = U_{ж} \cdot \frac{R_+}{(R_2 + R_5)^2} \cdot \Delta R_2 + U_{ж} \cdot \frac{R_2 + 2 \cdot R_5}{(R_2 + R_5)^2} \cdot \Delta R_5 + \frac{R_5}{(R_2 + R_5)^2} \cdot \Delta U_{ж} \quad (4.15)$$

Враховуючи, що опори $R_2=R_5=R$ можна записати:

$$\Delta U_3 = U_{ж} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot \Delta R}{(R + R)^2} + U_{ж} \cdot \frac{R + 2 \cdot R}{(R + R)^2} \cdot \Delta R + \frac{R}{(R + R)^2} \cdot \Delta U_{ж}, \quad (3.16)$$

або:

$$\Delta U_3 = U_{ж} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} + U_{ж} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} + \frac{1}{2 \cdot R} \cdot \Delta U_{ж}, \quad (3.17)$$

Похибка резисторів становить 1%, похибка встановлення напруги живлення – 4.5% ($\Delta U_{ж} = 0,075$ В), відповідно:

$$\Delta U_3 = 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,01 + 5 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0,01 + \frac{1}{2 \cdot 1000} \cdot 0,075 = 4,2 \text{ (мВ)}.$$

Приводимо похибку до діапазону вимірювання: $dU = \frac{4,2}{500} = 0,0084 \approx 0,84$ %.

Аналого-цифровий перетворювач вносить похибку за рахунок обмеженої розрядності вихідного коду. Для вибраного АЦП ця розрядність становить 8.

Таким чином, квантування вхідного сигналу відбувається по $n = 2^8 = 256$ рівням. Звідси отримується похибка, спричинена кроком квантування:

$$\Delta U = U_{\text{макс.}} \cdot \frac{1}{2^n}, \quad (3.18)$$

де: $U_{\text{макс.}}$ - максимальна амплітуда вхідного сигналу; n - розрядність АЦП.

Підставивши значення, отримаємо:

$$\Delta U = 500 \cdot \frac{1}{2^8} = 1,8 \text{ (мВ)}.$$

Приводимо похибку до діапазону вимірювання: $dU = \frac{1,8}{500} = 0,0036 \approx 0,36$ %.

Загальна похибка при оцифруванні кардіосигналу становитиме:

$$d_{\text{пр.}} = 2 + 0,84 + 0,36 = 3,2 \text{ \%}.$$

Згідно паспортних даних моделей кардіографів з лінійними виходами, похибка при реєстрації кардіограми становить до 20 %. Таким чином розроблений прилад забезпечує перетворення та передачу інформації практично без втрат.

3.8 Розрахунок вібростійкості

Більшість елементів конструкції пристрою можна представити у вигляді коливальних систем. Кожна коливальна система характеризується власною коливною частотою f_0 . Поведінка коливальної системи при дії на неї ззовні вібрацій залежить від відношення частоти цих вібрацій f до частоти f_0 .

Відношення амплітуди коливань кінця плати до амплітуди коливань основи позначимо g :

$$g = \frac{1}{1 - f^2}, \quad (3.19)$$

$$g = \frac{1}{1 - f^2}$$

де: f - частота коливань основи;

f_0 - власна частота коливань плати.

Для розрахунку частоти власних коливань плати з розміщеними на ній елементами скористаємося формулою

$$f_0 = 10^5 \cdot K_H \cdot K_B \cdot B \cdot a^h \cdot b, \quad (3.20)$$

де: K_H - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу плати, $K_H = 0.47$;

K_B - коефіцієнт, що враховує вплив маси елементів, розміщених на платі, $K_B = 0.6$;

B - частота, $B = 200$ Гц; h - товщина плати, для текстоліту СФ2 – 50Г – 1,5 $h = 1.5$ мм; a і b - геометричні розміри плати.

Розрахунок проводиться окремо для кожного блоку. Для блоку збору даних значення коефіцієнта K_B і геометричних розмірів плати будуть наступними: $K_B = 0.6$, $a = 200$ мм, $b = 110$ мм. Підставивши значення в формулу, отримаємо:

$$f_0 = 10^5 \cdot 0.47 \cdot 0.6 \cdot \frac{1.5 \cdot 200}{110 \cdot 200} = 384 \text{ (Гц)}.$$

Проведемо розрахунок для блоку індикації і управління ($K_B = 0.4$, $a = 70$ мм,

$b = 50$ мм.):

$$f^0 = 10^5 \cdot 0.47 \cdot 0.4 \cdot \frac{1.5 \cdot 200}{50 \cdot 70} = 1311 \text{ (Гц)}.$$

Згідно ОСТ4.ГО.010.009, друковані плати без амортизації повинні мати стійкість до частоти 60 Гц. Таким чином обидві плати цілком відповідають вимогам даного ОСТ і амортизації не потребують.

3.9 Розрахунок надійності

У зв'язку із значним зростанням складності електронної апаратури перед конструкторами постало завдання створення більш надійних пристроїв.

Якщо при конструюванні не передбачені заходи по збільшенню надійності, то може виявитись, що відмови в роботі будуть настільки частими, що більшу частину експлуатаційного періоду прилад проведе в ремонті.

Оскільки надійність є одним із основних параметрів виробу, то, проектуючи апаратуру, надійність треба враховувати поряд з іншими параметрами і на основі цих розрахунків робити висновки щодо правильності вибраної схеми та конструкції виробу.

Розрахунок надійності з визначенням імовірності безвідмовної роботи і середнього наробітку на відмову досить повно характеризує надійність апаратури.

Розрахунок надійності полягає у визначенні показників надійності виробу за відомими характеристиками надійності складових елементів за умов експлуатації.

Для розрахунку надійності створюється логічна модель, при складанні якої припускається, що відмови елементів незалежні, а елементи і система можуть перебувати в одному з двох станів: працездатному чи непрацездатному.

Розрахунок показників надійності (інтенсивності відмов для усіх елементів, які використовуються в приладі, наробіток на відмову, імовірність безвідмовної роботи на протязі заданого часу роботи) проводиться згідно методики приведеної в [10].

Для схем без резервування або для кожного блоку при наявності

резервування визначають:

Інтенсивність відмов для кожного типоміналу елементів з врахуванням умов експлуатації

$$l_i = l_{0i} k_1 k_2 k_3 k_4 a_i(T, k_n), \quad (3.21)$$

де: l_{0i} – номінальна інтенсивність відмов (табл. 3.30 [10]); k_1, k_2 – поправочні коефіцієнти в залежності від впливу механічних факторів (табл. 3.31 [10]); $k_1 = 1,04$, $k_2 = 1,03$; k_3 – поправочний коефіцієнт в залежності від впливу вологості і температури (табл. 3.22 [10]); $k_3 = 2,0$; k_4 – поправочні коефіцієнти в залежності від впливу атмосферного тиску (табл.

3.23 [10]); $k_4 = 1,45$; $a_i(T, k_n)$ – поправочні коефіцієнти в залежності від температури поверхні елемента і коефіцієнта навантаженості.

Результати розрахунку інтенсивності відмов елементів приведені у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Інтенсивність відмов радіоелементів проектуемого приладу

Назва елементу	Кількість	l_0 / $\cdot 10^{-6}$, 1 год.	T , °C	k_n	a_i (T, k_n)	l_i $\cdot 10^{-6}$, 1 год.
Конденсатор						
K10-17	16	0,63	25	0,5	0,2	0,393
K50-16	25	0,35	25	0,5	0,2	0,220
Мікросхема						
ADM3202	5	0,12	25	-	-	0,372
AT24C256	2	0,12	25	-	-	0,372
AT89C51	1	0,42	25	-	-	1,304
PCF8574	2	0,12	25	-	-	0,372
PCF8583	1	0,12	25	-	-	0,372
PCF8591	1	0,12	25	-	-	0,372

K140УД1А	2	0,31	25	-	-	0,963
K555ИД4	1	0,22	25	-	-	0,683
K555ИР8	2	0,22	25	-	-	0,683
K555КП2	1	0,22	25	-	-	0,683
K555ЛА3	1	0,22	25	-	-	0,683
K555ТМ2	1	0,22	25	-	-	0,683
KP142EH5A	1	0,45	25	-	-	1,988
Резистори						
МЛТ-0,125	17	0,043	25	0,5	0,53	0,071
РП1-1	3	0,1	25	0,5	0,45	0,311
Діоди						
КС133А	2	0,35	25	-	-	1,087
КД103А	2	0,5	25	-	-	1,553
Комутаційні вироби						
COSMOS Standart	12	0,25	25			0,776
DB9	4	1,55	25	-	-	4,815
ОНп-КГ	3	0,93	25	-	-	2,889
ПКн-1-22	1	0,14	25	-	-	0,435
СШ1-5	2	0,496	25	-	-	1,541
Кварцовий резонатор						
РД1-1	2	0,09	25	-	-	0,279
Монтажні вироби						
Пайка	144	0,042	25	-	-	0,131
Плата друкована	2	0,7	25	-	-	2,174
Кабель з'єднувальний	3	0,015	25	-	-	0,047

Інтенсивність відмов схеми шукається за формулою:

n

$$l = \sum_{i=1}^n l_i \cdot m_i, \quad (3.22)$$

$i=1$

де: n – кількість типоміналів елементів;

m_i – кількість елементів i -го типоміналу.

Підставивши значення, розраховані в таблиці 4.10, отримаємо:

$$l = (16 \cdot 0,393 + 25 \cdot 0,22 + 11 \cdot 0,372 + 1,304 + 2 \cdot 0,963 + 6 \cdot 0,683 + 1,988 + 17 \cdot 0,271 + \\ + 3 \cdot 0,311 + 2 \cdot 1,087 + 2 \cdot 1,553 + 12 \cdot 0,776 + 4 \cdot 4,815 + 3 \cdot 2,889 + 0,435 + 2 \cdot 1,541 \\ + 2 \cdot 0,279 + 144 \cdot 0,131 + 2 \cdot 2,174 + 3 \cdot 0,147) \cdot 10^{-6} = 113,47 \cdot 10^{-6} \text{ Середній наробіток}$$

на відмову становить:

$$T = \frac{1}{l} = \frac{10^6}{113,47} = 8849 ;$$

Імовірність безвідмовної роботи протягом заданого в технічному завданні наробітку становитиме:

$$P(t_p) = \exp(-l t_p) = \exp(-113,47 \cdot 10^{-6} \cdot 6000) = 0,506.$$

З допомогою пакету Matlab було змодельовано залежність імовірності безвідмовної роботи приладу від часу його експлуатації. На рисунку 3.13 показано результат у вигляді графіка.

Згідно проведених розрахунків прилад повністю відповідає вимогам технічного завдання

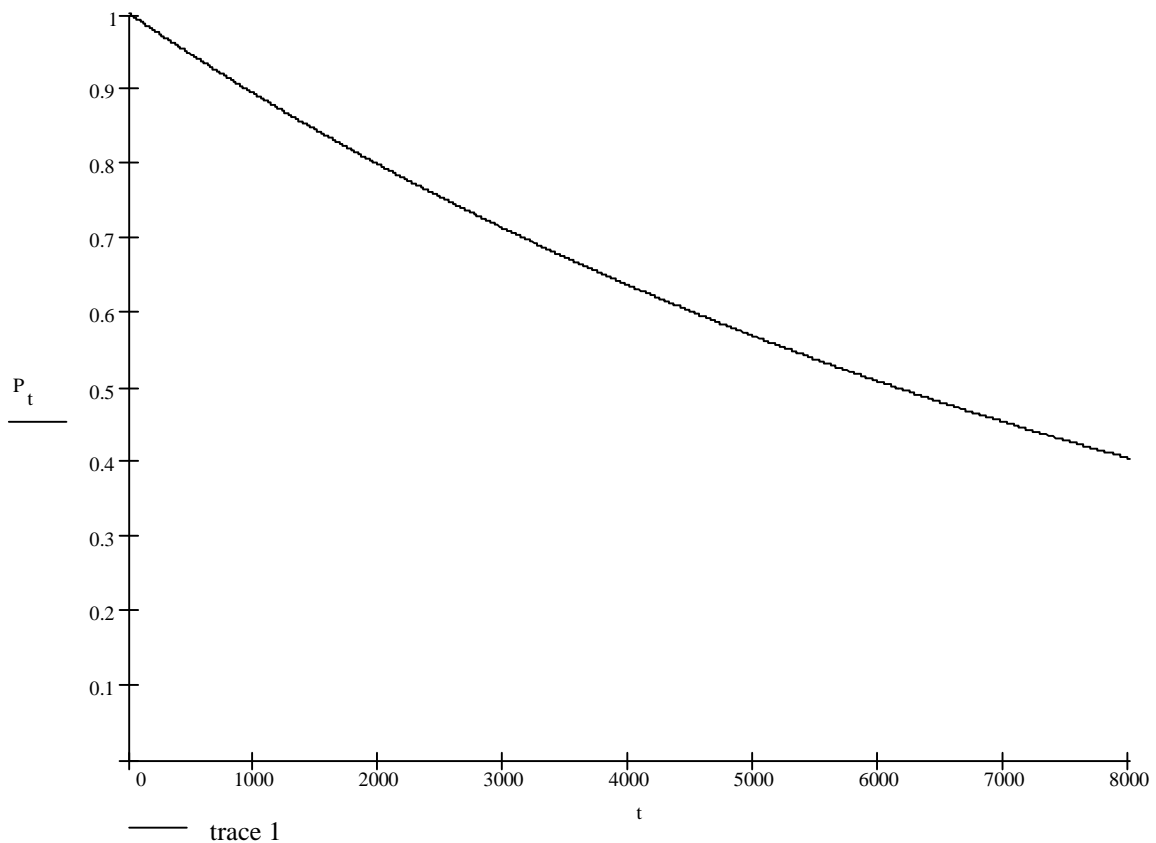


Рисунок 3.13 – Імовірність безвідмовної роботи приладу на протязі часу його експлуатації.

3.10 Розрахунок показників конструкції

Етап технологічної підготовки виробництва має не менш важливе значення ніж конструкторська підготовка. Метою цього процесу є максимальна оптимізація технологічного процесу виготовлення виробу з метою зменшення затрат праці. Для досягнення максимального результату певна технологічна підготовка повинна проводитись ще на етапі конструкторської підготовки.

Під час технологічної підготовки проводиться розробка технологічного процесу виготовлення виробу, вибір обладнання, обумовлення режимів його роботи.

Важливим є спрямування на вибір стандартного обладнання. Що дасть можливість максимально адаптувати виріб до умов сучасного виробництва. Необхідним є також проведення оцінки технологічності виробу. Перш ніж проводити оцінку технологічності розробленого приладу необхідно дати

визначення цього терміну.

Для забезпечення хорошої якісної оцінки необхідно забезпечити просту зборку і розборку приладу, легкий доступ до радіодеталей під час ремонту та налагодження. Важливою є також простота виготовлення корпусу та інших деталей. Використання пластмас в таких випадках дозволяє без особливих труднощів отримувати корпуси досить складних конфігурацій.

Кількісний аналіз технологічності рахується як сума часткових показників, помножених на певні вагові коефіцієнти, що характеризують значимість цього показника.

Коефіцієнт технологічності рахується як відношення досягнутого показника до деякого нормованого:

$$K_T = \frac{K}{K_H} \quad (3.23)$$

K_H

Показник технологічності розраховується за формулою:

$$K = \sum \frac{K_j^i \cdot j_i}{j_i} \quad (3.24)$$

де: K_i - частковий показник; j_i - ваговий коефіцієнт значимості.

Вихідні дані, необхідні для розрахунку технологічності нового приладу, зведені в таблицю 3.14. Всі часткові і відповідні вагові коефіцієнти взяті з літератури [8].

Таблиця 3.11 Вихідні дані для розрахунку технологічності приладу.

Параметр	Позначення	Значення
Кількість мікросхем та мікрозборок	H_M	19
Кількість електрорадіовиробів, включаючи модулі та мікромодулі	H_{EPE}	112
Кількість операцій монтажу, які можна здійснити механізовано чи автоматично	$H_{Монт.}$	10
Кількість операцій певного типу	H_0	12
Кількість електрорадіоелементів, підготовка яких може здійснюватись механізовано чи автоматично	$H_{M.Підг.}$	96

Кількість типорозмірів електрорадіоелементів	$H_{T.EPE}$	17
Кількість типорозмірів друкованих плат	$HT.P.$	2
Загальна кількість друкованих плат	$H Д.П.$	2

На основі наведених даних проводиться розрахунок показника технологічності.

- 1) Коефіцієнт використання мікросхем та мікромодулів:

$$\frac{H_{T.EPE}}{H_{M} + H_{EPE}} \quad H_{M}, \quad (3.25)$$

$$K_{Вик.М.} =$$

$$\frac{H_{T.EPE}}{H_{M} + H_{EPE}}$$

$$K_{Вик.М.} = \frac{17}{19 + 112} = 0,015$$

- 2) Коефіцієнт механізації та автоматизації підготовки навісних елементів монтажу:

$$K_{Мех.Підг.} = \frac{H_{EPE}}{H_{M.Підг.}} \quad (3.26)$$

$$\frac{H_{EPE}}{H_{M.Підг.}}$$

$$\frac{96}{12}$$

$$K_{Мех.Підг.} = \frac{96}{12} = 0,86 \quad 112$$

- 3) Коефіцієнт механізації та автоматизації монтажу:

$$K_{Монт.} = \frac{H_0}{H_{Mонт.}} \quad (3.27)$$

$$\frac{H_0}{H_{Mонт.}}$$

$$K_{Мех.Підг.} = \frac{10}{12} = 0,8$$

$$\frac{10}{12}$$

- 4) Коефіцієнт повторюваності мікросхем та мікроборок:

$$K_{Повт.EPE} = 1 - \frac{H_{T.EPE}}{H_{EPE}} \quad (3.28)$$

$$\frac{H_{EPE}}{H_{EPE}}$$

$$K_{Мех.Підг.} = 1 - \frac{17}{112} = 0,85$$

- 5) Коефіцієнт повторюваності друкованих плат:

$$K_{Повт.EPE} = 1 - \frac{HT.P.}{H_{EPE}} \quad (3.29)$$

Н Д.П.

$$K_{\text{Мех.Підг.}} = 1 - \frac{2}{2} = 0$$

Розраховуємо комплексний показник технологічності:

$$K = \frac{0,32 \cdot 0,015 + 0,7 \cdot 0,86 + 0,92 \cdot 0,8 + 0,87 \cdot 0,85}{1 + 0,75 + 0,31 + 0,14} = 0,84$$

Значення базового показника технологічності для радіоелектронних виробів становить 0,6. Таким чином:

$$K_T = \frac{0,84}{0,6} = 1,4 \geq 1$$

Як бачимо, з точки зору кількісної оцінки, конструкція приладу є технологічною.

3.11 Інструкція по експлуатації приладу

3.11.1 Зчитування даних з кардіографа з цифровим виходом

Ввімкніть живлення приладу. Дочекайтесь появи повідомлення “Збережено n записів”, натисніть клавішу вводу “←””; на дисплеї з’явиться повідомлення “1- Передати 2-Продовж. 3- Поновити”; виберіть режим “Поновити” клавішею “3”; в меню вибору приладу “1-Кард.1 2-Кард.2 3Тонometr 4-ЕОМ” виберіть “Кард.1” натисненням клавіші “1”; після появи повідомлення “Вибрано кард.1” натисніть ввід і проведіть зчитування. В процесі зчитування даних на дисплеї з’являється повідомлення “Зчитування..”, після завершення процесу – “Зчитування завершено”. Далі натисніть ввід – “З’явиться повідомлення “Збережено n записів””.

Будь-який етап до проведення зчитування можна відмінити натисненням клавіші “←”, при цьому прилад переходить в попередній пункт меню. Зчитування також можна перервати натисненням цієї клавіші, при цьому на дисплей виводиться повідомлення “Збережено n записів”.

3.14.2 Зчитування даних з кардіографа з лінійним виходом

Послідовність дій така ж як і в пункті 4.14.4. В меню вибору приладу “1Кард.1 2-Кард.2 3-Тонometr 4-ЕОМ” виберіть “Кард.2” натисненням клавіші

“2”. Після цього з`явиться повідомлення “1-Вхід1 2-Вхід2”. Натисненням відповідної клавіші виберіть вхід, до якого підключений кардіограф (номер входу позначений на корпусі приладу). Після появи повідомлення “Вибрано Кард.2 Вхід1” натисніть ввід і проведіть зчитування кардіограми.

3.14.3 Зчитування даних з тонометра

Послідовність дій така ж як і в пункті 4.14.4. В меню вибору приладу “1-Кард.1 2-Кард.2 3-Тонometr 4-ЕОМ” виберіть “Тонometr” натисненням клавіші “3”. Після цього з`явиться повідомлення “Вибрано тонометр”. Натисніть ввід і проведіть зчитування. Після успішного завершення зчитування повинно з`явитись повідомлення “Збережено 1 запис”.

3.14.4 Передача даних

Після появи на дисплеї повідомлення “Збережено n записів” (повідомлення з`являється при ввімкненні приладу, або після завершення процедури читання інформації) натисніть ввід. В меню “1-Передати 2-Продовж. 3- Поновити” виберіть “Передати” натисненням клавіші “1” – з`явиться повідомлення “Вибрано передачу”. Для початку передачі натисніть ввід. В процесі передачі на дисплеї з`явиться повідомлення “Передача даних”. Після успішного завершення з`являється повідомлення “Дані передано”. Після натиснення кнопки ввід з`являється меню вибору режиму: 1-Передати 2Продовж. 3- Поновити”.

Якщо передачу даних провести не вдалось – на дисплеї з`явиться повідомлення “Зв`язок не встановлено”. Імовірною причиною може бути занадто велика відстань до центру. При цьому прийнятий в центрі сигнал не буде правильно розпізнаним.

3.14.5 Прийом та перегляд повідомлень

В приладі передбачено можливість прийому та перегляду коротких текстових повідомлень. Прилад здатний зберігати в пам`яті до 10 прийнятих повідомлень довжиною до 256 символів. При надходженні наступного

повідомлення (11-го) – перше автоматично стирається.

Про надходження повідомлення прилад повідомляє переривчастим звуковим сигналом тривалістю 15 секунд. Для переходу в режим перегляду повідомлень натисніть клавішу “П”. На дисплеї висвітиться наступна інформація: в верхньому рядку напис “Повідомлення n” (n – номер повідомлення, по замовчуванню висвічується останнє прийняте повідомлення - десяте), в нижньому – текст останнього повідомлення. В стрічці відображаються лише 19 перших символів повідомлення і символ “>”, який вказує, що решта повідомлення знаходиться поза межами дисплея. Для перегляду всього повідомлення служать клавіші прокручування стрічки вперед “>” і назад “<”. Для перегляду інших повідомлень – клавіші переходу на попереднє “^” і наступне “v” повідомлення. Для виходу з режиму перегляду повідомлень в режим збору даних натисніть клавішу “Д”.

3.14.6 Зчитування даних в режимі продовження

В випадку, якщо зчитування кардіограми було перерване через аварійну ситуацію (короткочасне різке падіння напруги живлення, або “зависання” контролера), або користувачем (натиснено кнопку відміна) можливе поновлення режиму зчитування починаючи з останнього збереженого запису (відведення). Для цього в меню вибору режиму “1-Передати 2-Продовж. 3- Поновити” виберіть “Поновити”. Подальші дії – згідно вказівок викладених вище.

3.12 Основні несправності та методи їх усунення

Основні несправності приладу а також варіанти дій по їх усуненню зведено в таблицю 3.12

Таблиця 3.12 –Характерні несправності та способи їх усунення

Ознака несправності	Причина несправності	Спосіб усунення
---------------------	----------------------	-----------------

1 При включенні приладу не засвічується індикатор “Вкл.”	1) відсутній контакт в ро`емі підключення живлення.	1) перевірте надійність з`єднання, виправіть недоліки
	2) вийшов з ладу запобіжник	2) перевірте омметром справність запобіжника, при потребі замініть
	3) вийшов з ладу індикатор	3) замініть індикатор
2 Не засвічується рідкокристалічний індикатор	1) відсутній контакт в роз`емі XP4. (пристрій не реагує також і на натискання кнопок)	1) Перевірити наявність контакту, виправити недоліки.
	2) відсутній контакт в роз`емі XS4.	2) Перевірити наявність контакту, виправити недоліки.
	3) вийшов з ладу рідкокристалічний індикатор	3) Перевірити наявність сигналів на роз`емі XP1, якщо сигнали надходять нормально, замініть індикатор
3 Пристрій не реагує на натискання однієї з кнопок	1) неякісна пайка виводів кнопки	1) Перевірити стан паяних з`єднань, виправити недоліки

	2) вийшла з ладу відповідна кнопка.	2) Перевірити кнопку омметром, при потребі – замінити.
3 Відсутність прийому передачі даних	1) пошкоджений з'єднуючий кабель	1) перевірити кабель візуально та омметром, виправити несправність
	2) вийшов з ладу модем	2) перевірити модем шляхом заміни на справний, при відновленні прийомо-передачі – замінити модем.

4. Науково-дослідна частина

Різноманітне застосування кардіомоніторів (КМ) у медичній практиці привело до визначеної спеціалізації приладів. Кардіомонітори можна розділити на види і групи, що відрізняються друг від друга контрольованими параметрами, експлуатаційними властивостями методами обробки і представлення інформації. Пропонована класифікація є якоюсь мірою умовною, але дає представлення про сфери застосування й особливості КМ: амбулаторні (переносні), швидкої допомоги, клінічні, тестуючі, реабілітаційні, санаторно-курортні.

Амбулаторні КМ використовуються в стаціонарі і після виписки зі стаціонару для контролю таких змін стану серцевої діяльності за весь період добової активності, що не можуть бути виявлені під час нетривалого ЕКГдослідження в спокої. На підставі отриманих даних здійснюється вибір і дозування лікарських препаратів і визначення припустимих фізичних навантажень. Малі габаритні розміри, маса й автономне живлення дозволяють носити КМ на собі з укріпленими електродами 24 ч.

У кардіомоніторі Холтера ведеться безупинний запис ЕКС на магнітну стрічку з дуже малою швидкістю (1 мм/с). Для цього здійснюється трансформація низькочастотного спектра ЕКС області частот, реєстрованих магнітним носієм. Звичайно застосовуються широтно-імпульсна і рідше амплітудна чи частотна модуляції ЕКС. Касета з записом проглядається кардіологом за допомогою спеціального пристрою зі швидкістю, що перевищує швидкість запису в 60-120 разів. Надалі метод Холтера був удосконалений шляхом автоматичного машинного швидкісного аналізу ЕКС. Звичайно діагностуються основні типи аритмій і параметри зсуву ST-сегмента.

Застосування в амбулаторних КМ напівпровідникових запам'ятовуючих пристроїв і мікропроцесорів дозволило провести автоматичний аналіз аритмій і змішання сегмента ST безпосередньо в приладі з запам'ятовуванням патологічних фрагментів ЕКС. Зручність КМ із напівпровідниковою пам'яттю полягає в тім, що дані обробки ЕКС можна одержати оперативно в будь-який момент часу, і запуск може бути здійснений самим хворим при поганому чи самопочутті під час серцевого приступу.

Кардіомонітори **швидкої допомоги** призначені для контролю стану серцевої діяльності, відновлення втраченого чи порушеного ритму серця вдома й у машині швидкої допомоги. Усі КМ дозволяють вести спостереження ЕКГ, вимірювати частоту серцевих скорочень (ЧСС), проводити дефібриляцію чи стимуляцію серця. Кардіомонітори повинні працювати від акумулятора машини, внутрішньої батареї і від мережі. Маса КМ близько 5-8 кг.

Клінічні КМ призначені для стаціонарів і можуть у залежності від призначення бути декількох типів.

1.1 Кардіологічні КМ застосовуються в палатах інтенсивного спостереження за кардіологічними загостреннями в період захворювання. Основне призначення КМ — сигналізація про збудження ритму і провідності

серця. Такі КМ звичайно працюють в автоматизованій системі оперативного лікарського контролю за декількома хворими.

1.2 Хірургічні КМ застосовуються під час операцій на серці і судинах і в післяопераційних палатах. На відміну від інших типів КМ вимірюють ряд додаткових параметрів кровообігу і дихання (систолический, середнє і діасистолістичний кров'яний тиск; хвилинний об'єм серця; периферичний пульс; температуру тіла; газовий склад і т.д.). Особливістю хірургічних КМ є використання в основному прямих методів виміру параметрів.

1.3 Акушерські КМ встановлюються в родильних залах, передродових палатах і у відділеннях інтенсивного догляду за немовлятами. Кардіомонітори застосовуються при патологіях серцево-судинної системи породілей і контролю за немовлятами. Кардіомонітори матері і плоду дозволяють вимірювати ЧСС матері і плоду по прямому ЕКС і доплерівському ехокардіосигналу, виявляти збудження ритмів і вимірювати силу маткових скорочень. Кардіомонітор для новонароджених (переношених, недоношених і травмованих у родах) і дітей до дворічного віку, що страждають запаленням легень, вимірює ЧСС, частоту дихання і сигналізує збудження і зупинках дихання.

Тестуючі КМ призначені для функціональної діагностики стану серцевосудинної системи здорових і хворих людей. Вони дозволяють автоматизувати процес ЕКГ-досліджень під навантаженням під декількома відведеннями і визначати газовий склад видихуваного повітря. Звичайно КМ поставляються з велоергометрами чи біжучою доріжкою для дозування навантаження.

Реабілітаційні КМ необхідні для контролю серцево-судинної системи в умовах зростаючих навантажень і перевірки ефективності призначених лікарських препаратів. Для цієї мети можливе застосування амбулаторних КМ, але більш зручно, користатися моніторингом по радіоканалі чи телефону. На хворому закріплюється передавач ЕКС з електродами, і ЕКС перетворюється в частотно-модульований сигнал (для радіоканалу) чи в частотно-модульований акустичний сигнал (для передачі ЕКС по телефону). Аналіз ЕКС ведеться кардіологом чи автоматично в центрі спостереження.

Санаторно-курортні КМ знаходять застосування в кардіологічних санаторіях для контролю лікування, особливо в бальнеологічних умовах; при грязьово- і світлолікуванні, лікувальних ваннах і інших процедурах. Електроди ЕКГ можуть бути опущені у ванну і не кріпитися на хворому. Для дозування навантаження (теренкур) може бути використаний КМ, що видає сигнал тривоги при відході ЧСС за встановлені межі.

З усіх перерахованих типів КМ найважливіше значення мають клінічні КМ для палат інтенсивного спостереження. Крім того, їхня будова найбільш складна і містить у собі елементи інших типів КМ. Тому далі будуть розглядатися тільки клінічні КМ для палат інтенсивного спостереження.

4.1 Узагальнені структурні схеми кардіомоніторів

Незважаючи на велику розмаїтість КМ, усі вони можуть би описані однією

узагальненою структурною схемою (рис. 4.1). Електрокардіосигнал з електродів надходить у блок посилення і перетворення, що підсилює його до рівня, необхідного для його обробки. Блок обмежує спектр частот вхідного сигналу з метою підвищення завадостійкості і надійного виділення інформативних ознак ЕКС і робить його дискретизацію (аналого-цифрове перетворення), якщо надалі передбачається цифрова обробка сигналу. При використанні безпроводного каналу зв'язку між хворим і КМ електрокардіосигнал з електродів модулює генератор передавача, розміщеного на хворому. Прийнятий сигнал із приймача надходить у блок посилення і перетворення.

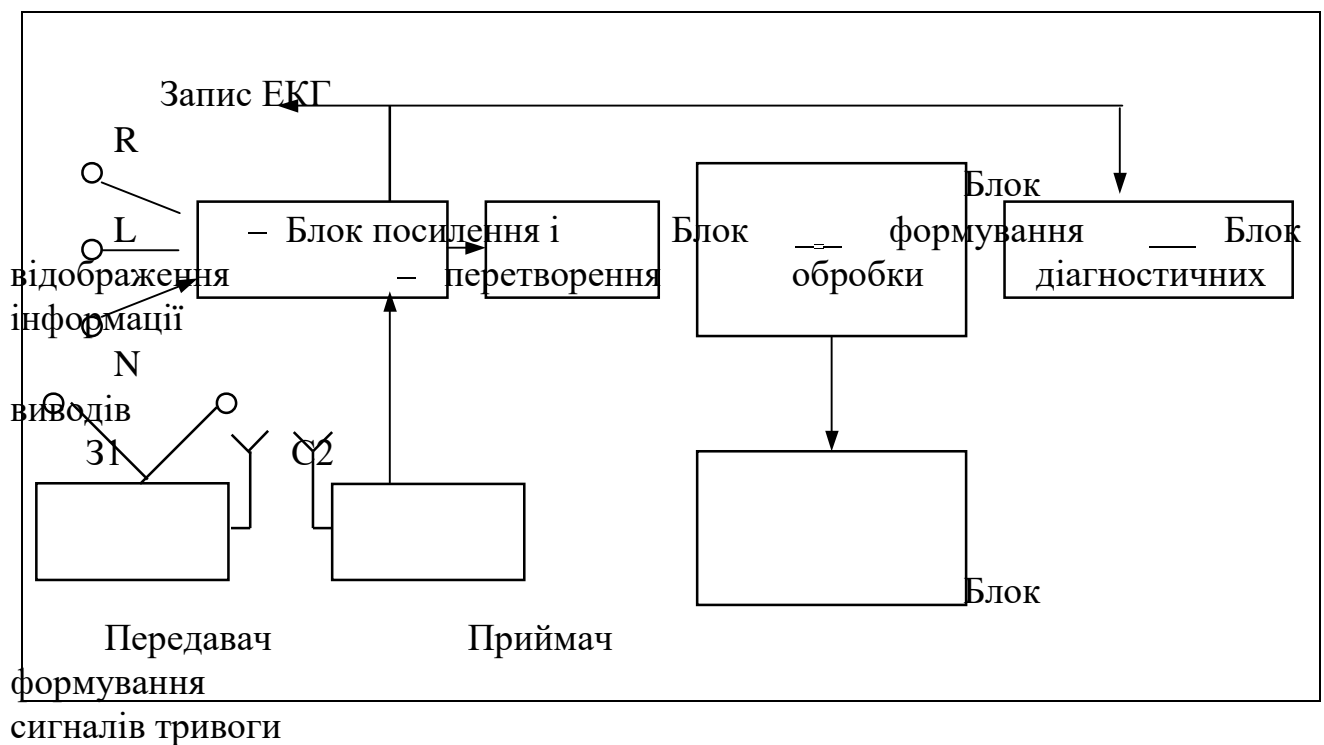


Рисунок 4.1 Узагальнена структурна схема кардіомоніторів

Посилений і перетворений у цифрову форму ЕКС (якщо передбачається цифрова обробка сигналу) надходить у блок обробки, де відповідно до прийнятих алгоритмів аналоговими чи цифровими методами здійснюється: виявлення QRS-комплексів чи R-зубців, класифікація QRS-комплексів на нормальні і патологічні. Ідентифіковані комплекси QRS і значення інтервалів RR надходять у блок формування діагностичних виводів. На підставі отриманих даних по алгоритмах виділення аритмій формуються відповідні діагнози.

Діагностичні виводи порівнюються в блоці формування сигналів тривоги з порогоми, установленими для сигналізації. Електрокардіосигнал і діагностичні виводи про характер аритмій індикуються в блоці відображення інформації.

У залежності від технічного виконання КМ можуть бути інструментальними й обчислювальними.

Відо- Запис ЕКГ —

— Блок розгортки —

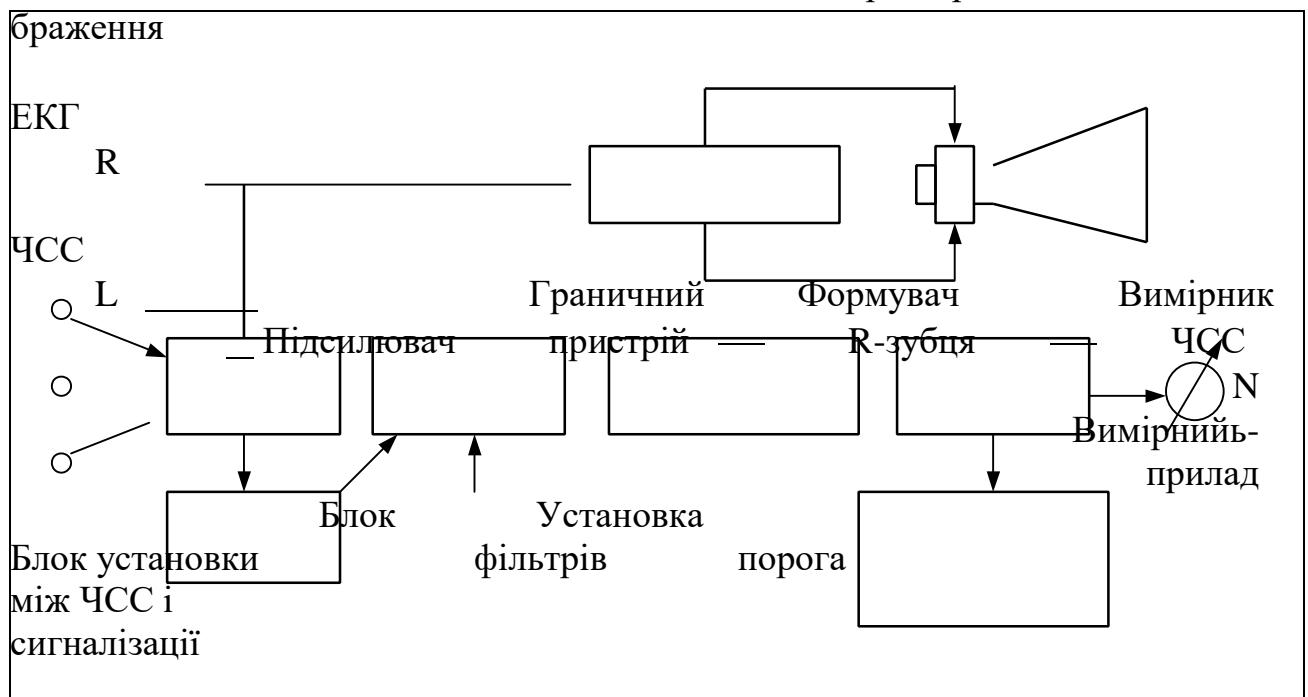


Рисунок 4.2 Структурна схема аналогового кардіомонітора

Інструментальні КМ історично були першими. Вони характеризуються цілком апаратними засобами реалізації, що використовують аналогові методи обробки ЕКС і відображення інформації. В інструментальних КМ можуть бути використані цифрові засоби відображення і виміру параметрів, засновані на «твердій» логіці, тобто без можливості зміни програм обробки, властивій обчислювальній техніці на основі ЕОМ. Спрощена структурна схема інструментального КМ приведена на рис. 4.2

В інструментальних КМ застосовуються аналогова обробка ЕКС, заснована на виявленні R-зубців методом частотної й амплітудно-часової селекції. Цей метод володіє високою завадостійкістю, але вносить у ЕКС значні перекручування, що не дозволяє вірогідно диференціювати нормальні і патологічні шлуночкові комплекси. Тому КМ такого типу в основному дозволяють вести спостереження ЕКГ по екрані ЕЛТ, вимірювати ЧСС і класифікувати фонові збудження ритму по встановлених порогах для ЧСС. Прикладом такого КМ може служити ритмокардіометр РКМ-01.

Розглянуті КМ не дозволяють класифікувати аритмії по типі випадкових подій, багато хто з яких можна знайти на підставі автоматичного аналізу RR-інтервалів. Застосування цифрових схем на твердій логіці в блоці формування діагностичних висновків (див. рис. 2.1) дозволило створити простий КМ — ритмокардіоаналізатор РКА-01, що дозволяє виявляти екстрасистоли і випадання QRS-комплексів.

У кардіосигналізаторі КС-02 екстрасистоли і випадання..

QRS-комплексів виявляються шляхом перетворення інтервалів в амплітуду

пилкоподібної напруги і порівняння її з граничними значеннями.

Інструментальні КМ мають обмежені функціональні і технічні можливості і на дійсному етапі не задовольняють, медичним задачам.

Обчислювальні КМ дозволяють вирішувати значне коло медичних, технічних і експлуатаційних задач за допомогою, ЕОМ, тобто програмним способом, що дозволяє розширювати класи виявлення аритмій за рахунок ускладнення алгоритмів. Функції обчислювальної техніки в КЧ зводяться до цифрової обробки ЕКС, аналізу дані обробки, відображенню результатів аналізу і керуванню приладом. У якості ЕОМ використовуються убудовані апаратні засоби обчислювальної техніки: однокристальні одноплатні мікроЕОМ і мікропроцесорні системи.

Найбільш простий шлях реалізації обчислювальних КМ — це застосування в них одноплатних функціонально закінчених мікроЕОМ. На мал. 3 приведена структурна схема КМ на основі двох мікроЕОМ.

Посилений ЕКС дискретизується аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) і в цифровому виді надходить на вхід мікроЕОМ_1. У цієї мікроЕОМ здійснюється операція стиску вихідного опису. Вона зменшує кількість відліків у 10-15 разів, що знижує вимоги до швидкодії апаратних засобів і дозволяє синтезувати прості структурні алгоритми виявлення QRS-комплексу, виділення його характерних точок. Стиснутий опис ЕКС надходить у мікроЕОМ_2. МікроЕОМ_2 виконує всі наступні процедури аналізу аритмій: вимір RR-інтервалів; зміна параметрів QRS-комплексів; класифікацію по їх формі на нормальні і патологічні; виявлення аритмій і можливих перешкод.

Програми спостереження вводяться в мікроЕОМ_2 за допомогою клавіатури КМ. Виходи мікроЕОМ_2 з'єднуються з блоком інтерфейсу, що здійснює зв'язок з центральним постом (ЦП), і блоком формування результатів аналізу. У зручній для лікаря формі результати аналізу надходять на пристрій відображення даних — електронно-променеий дисплей телевізійного типу. При виникненні порушень ритму, небезпечних для хворого, включається сигналізація тривоги.

Застосування двох мікроЕОМ в обчислювальній частині КМ продиктовано твердим режимом реального часу при достатній складності реалізованих програм і обмеженості об'єму постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗУ), програмованого виготовлювачем мікроЕОМ за замовленням користувача. Більш гнучким рішенням є застосування обчислювачів на основі типових комплексів інтегральних мікросхем.

Поле введення

програм
спостереження

Опис

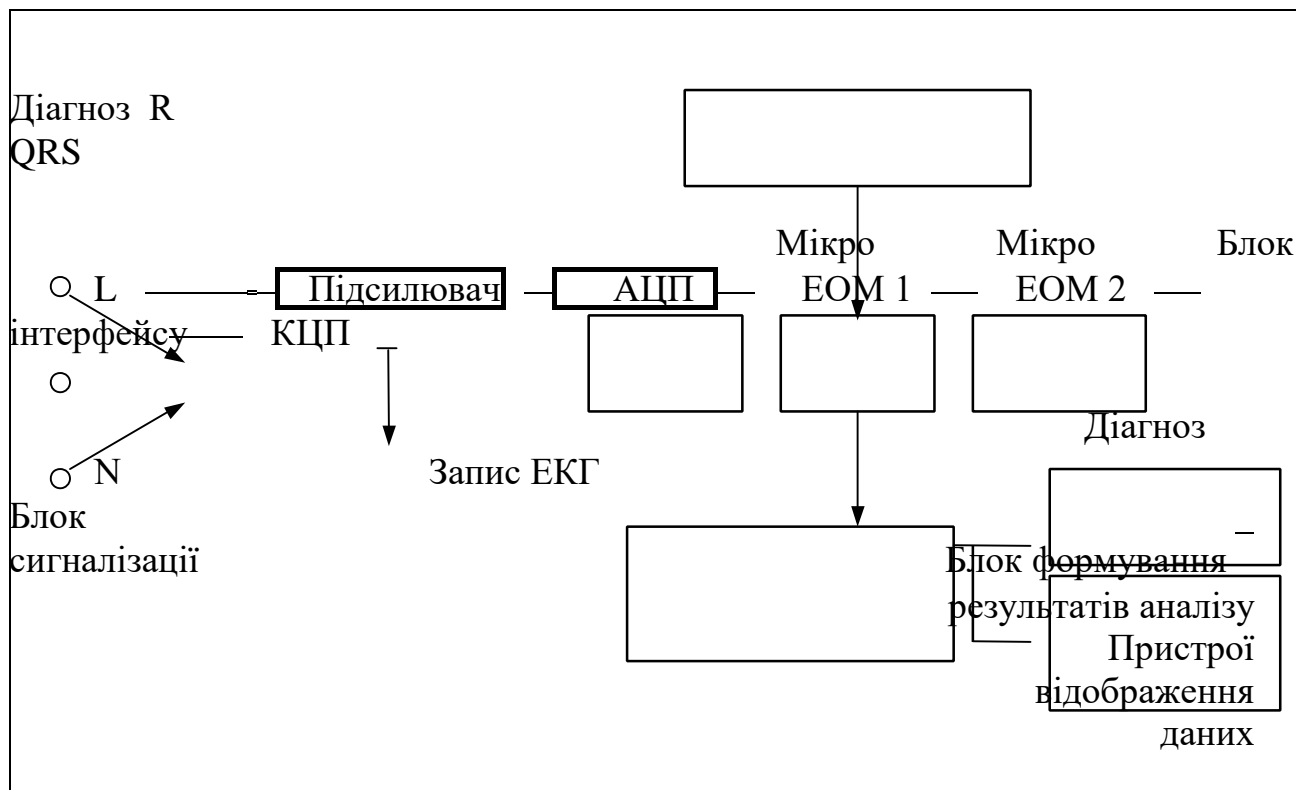


Рисунок 4.3 Структурна схема цифрового кардіомонітора

Таке виконання обчислювальної частини КМ хоча і вимагає витрат на розробку але не накладає яких-небудь серйозних обмежень на характеристики КМ і АСОВК.

4.2 ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СКЛАД ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Електронні пристрої (ЕУ) кардіомоніторів у самому загальному випадку являють собою сукупність апаратних засобів, призначених для перетворення, обробки і відображення інформації. У нашому випадку під інформацією розуміється електрокардіосигнал (ЕКС) і даної його обробки в кардіомоніторах на всіх етапах, а також керуючі і тестуючі сигнали. Основний склад ЕУ охоплює широкий арсенал аналогових і цифрових напівпровідникових схем, що забезпечують виконання функцій:

- ◆ посилення ЕКС при значимих синфазних електричних перешкодах;
- ◆ перетворення ЕКС у зручну для обробки форму;
- ◆ аналізу ЕКС у часовій чи частотній областях у реальному масштабі часу;
- ◆ нагромадження й обробки даних аналізу;
- ◆ оперативного відображення і документування ЕКС і результатів його обробки;
- ◆ дистанційної передачі ЕКС і результатів обробки по каналах зв'язку;
- ◆ сполучення кардіомоніторів з автоматизованими системами;

- ◆ автоматизації процесу керування приладом;
- ◆ самодіагностування несправностей.

4.3 Пристрої знімання екс у кардіомоніторах

Усі пристрої знімання медичної інформації підрозділяють на 2 групи: електроди і датчики (перетворювачі). Електроди використовуються для знімання електричного сигналу, що реально існує в організмі, а датчик — пристрій знімання, що реагує своїм чуттєвим елементом на вплив вимірюваної величини, а також здійснює перетворення цього впливу у форму, зручну для наступної обробки. Електроди для знімання біопотенціалів серця прийнято називати електрокардіографічними (електроди ЕКГ). Вони виконують роль контакту з поверхнею тіла й у такий спосіб замикають електричний ланцюг між генератором біопотенціалів і пристроєм виміру.

Автоматичний аналіз електрокардіосигналів у кардіомоніторах висуває тверді вимоги до пристроїв знімання — електродам ЕКГ. Від якості електродів залежить вірогідність результатів аналізу, і отже, ступінь складності засобів, застосовуваних для виявлення сигналу на тлі перешкод. Низька якість знімання ЕКС практично не може бути скомпенсовано ніякими технічними рішеннями.

Вимоги, застосовувані до електродів ЕКГ, відповідають основним вимогам до будь-яких перетворювачів біоелектричних сигналів:

- по точності сприйняття сигналу (мінімальні втрати корисного сигналу на переході електрод-шкіра і збереження частотної характеристики сигналу);
- ідентичність електричних і конструктивних параметрів (взаємозамінність, можливість компенсації електричних параметрів);
- сталість у часі функцій перетворення (стабільність електричних параметрів);
- низькому рівню шумів (забезпечення необхідного співвідношення сигналшум).
- малому впливу характеристик електродів на вимірювальний пристрій.

Як показало застосування перших кардіомоніторів, звичайні пластинчасті електроди ЕКГ, широко використовувані в ЕКГ, не задовольняють вимогам тривалого безупинного контролю ЕКС через великий рівень перешкод при зніманні.

4.4 Підсилювачі електрокардіосигналу, особливості джерела збудження.

Джерелом збудження підсилювача ЕКС ($U_{сЕКС}$) є біологічний об'єкт —

людин, що може бути представлений еквівалентним рівнянням електричним генератором. А як відомо, властивості будь-якого електричного генератора визначаються характером зміни ЕДС у часі і внутрішньому опорі.

Електрокардіосигнал є частиною ЕДС серця, вимірюваної на поверхні тіла за допомогою електродів, розташованих певним чином. Закон зміни ЕКС у часі може вважатися квазіперіодичним з періодом кардіокомплексів 0,1—3 с. Мінімальне значення відповідає фібриляції шлуночків, а максимальне — блокадам серця. Форма еквівалентного кардіокомплексу близька до трикутного з амплітудою, що лежить у діапазоні 0—5 мВ. Смуга прийнятих кардіокомплексом частот охоплює діапазон від 0,05 до 800 Гц.

Міжелектродний опір, що включає опори переходів шкіра-електрод, відповідає внутрішньому опору джерела збудження $U_{сЕКС}$ і змінюється в значних межах. Для технічних розрахунків звичайно приймають діапазон 5—100 кому.

Крім перерахованих параметрів при проектуванні ЕКС необхідно враховувати ряд істотних особливостей джерела збудження.

1. Нестабільність внутрішнього опору за рахунок змін опорів переходів шкіра-електрод. При цьому потрібно вважатися з великими значеннями міжелектродного опору і їхнім розбалансом у системі відведень ЕКС.

2. Утворення на переходах шкіра-електрод напруг поляризації, що створюють на входних контактах $U_{сЕКС}$ напруга зсуву, що досягає (300 мВ. Така напруга може викликати насичення підсилювача.

3. Повільний дрейф напруги поляризації і різких його змін при зсуві електродів через рухи хворого. Стрибки напруги поляризації створюють важко переборні перешкоди.

4. Наявність напруг перешкод, що попадають на входні затиски $U_{сЕКС}$ синфазно і протифазно. Перешкоди можуть бути біологічного і фізичного походження. До біологічних перешкод відносяться біопотенціали інших органів і м'язів, а до фізичних — наведені на об'єкт напруги від неекранованих ділянок мережної проводки, мережних шнурів інших приладів і провідних поверхонь (вторинна напруга наведення). Особливо великий рівень мають синфазні сигнали перешкод напруги мережі, що попадають на об'єкт через ємнісний зв'язок.

5. Наявність імпульсних перешкод при впливі на об'єкт терапевтичних апаратів: кардіостимулятора і дефібрилятора. Потрапляючи на вхід $U_{сЕКС}$, артефакти імпульсів кардіостимулятора спотворюють ЕКС і викликають у ряді

випадків помилкове виявлення кардіокомплексу, а імпульси дефібрилятора можуть зашкодити вхідні ланцюги УсЕКС.

Основні параметри УсЕКС у значній мірі визначаються властивостями вхідних каскадів — передпідсилювачів. До них пред'являються тверді вимоги: високий вхідний опір, великий коефіцієнт ослаблення синфазних сигналів, малий рівень шумів, висока стабільність коефіцієнта підсилення, великий динамічний чи діапазон порівняно низький коефіцієнт підсилення. Передпідсилювачі будуються на основі ОУ чи в комбінації ОУ з вхідними диференціальними каскадами на польових транзисторах.

Необхідність у поліпшенні методів посилення сигналів малого рівня на тлі синфазних перешкод в умовах можливого влучення небезпечних струмів на об'єкт привело до широкого застосування підсилювачів, що розв'язують, (РУ) біопотенціалів. Хоча розв'язка може бути виконана на виході УсЕКС, переважніше її здійснювати в передпідсилювачі, тому що в цьому випадку ізоляція забезпечується конструктивно простіше і зменшується споживана потужність ізольованого джерела живлення.

По своїх характеристиках РУ близькі до ОУ, але мають додатковими, властивими тільки їм властивостями:

- захистом від високих різностей потенціалів між вхідним і вихідним ланцюгами (висока напруга розв'язки) і між входами;
- високим ступенем придушення синфазних перешкод (змінних, постійних, імпульсних), тобто високим коефіцієнтом послаблення синфазних сигналів;
- дуже високим повним опором витоку з входу на "землю" ланцюга живлення.

Узагальнена структурна схема усього УсЕКС із гальванічною розв'язкою в передпідсилювачі приведена на мал. 1.7. Передпідсилювач має невеликий коефіцієнт підсилення, і основне посилення ЕКС здійснюється в підсилювачі напруги (УН). З огляду на, що у вихідній частині РУ можливий ємнісний зв'язок між каскадами, для запобігання відходів ізоляції при переключенні відведень і скачках напруги перешкод застосовується ручне чи автоматичне заспокоєння. Схема автоматичного заспокоєння (АУ) містить компаратор і аналоговий ключ для перезаряду конденсатора зв'язку. З виходу УН сигнал надходить на активний фільтр нижніх частот (ФНЧ) зі змінюваною f_v при великому рівні перешкод. До виходу ФНЧ може бути підключений реєстратор ЕКГ.

Для автоматичного аналізу ЕКС важно, щоб сигнал не виходив за динамічний діапазон при відходах ізоляції за припустимої межу. Тому з виходу ФНЧ ЕКС подається на стабілізатор ізоляції, що являє собою фільтр верхніх частот (ФВЧ) з $f_H=0,5—2$ Гц. Далі за допомогою аналогових комутаторів (АК₁ і АК₂) можливі ручне й автоматичне регулювання посилення і зсуву ізоляції (РРУ, РРС, АРУ й АРС). При автоматичному регулюванні керування здійснюється сигналами процесора. Після блоку регулювання ЕКС (БР ЕКС) сигнал устанавлюється до рівня, необхідного для подальшої обробки.

4.5 Пристрої відображення інформації

Пристрої відображення медичної інформації в кардіомоніторах повинні відбивати стан серцевої діяльності по ЕКС, а також допоміжні дані про хворого і технічні дані про роботу кардіомонітора. Таким чином, відображені дані включають:

- ◆ апріорні дані про хворого (прізвище, ім'я і по батькові, номер історії хвороби, вік, стать, дата надходження, анамнез, попередній діагноз);
- ◆ електрокардіосигнал (повинний супроводжуватися індикацією швидкості руху зображення і каліброваним імпульсом);
- ◆ значення параметрів ритму серця (частота серцевих скорочень, частота екстрасистол, параметри розподілу RR-інтервалів);
- ◆ результати автоматичного аналізу аритмій (повинні відобразитися словами діапазону в тім чи іншій формулюванні, прийнятої для конкретного типу кардіомоніторів);
- ◆ сигналізацію тривоги з появою небезпечних аритмій (звичайно індікується кольором світлового табло з диференціацією ступеня небезпеки);
- ◆ поточний час, час появи подій і час початку проведеної терапії й інших заходів;
 - ◆ сигналізацію виявлення QRS-комплексу;
 - ◆ стан проходження сигналів керування і контролю працездатності приладу;
 - ◆ дані про збудження роботи кардіомонітора і локалізації несправності.

Відображувана інформація може носити часовий оперативний характер, коли попередня інформація стирається з появою нової, і характер нагромадження даних за визначені інтервали часу. В останньому випадку пристрій відображення повинен містити чи використовувати зовнішній пристрій пам'яті для збереження даних.

4.6 Основні медичні й експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів

Тривалий досвід розробки і впровадження кардіомоніторів (КМ) у клінічну практику дозволяє сформулювати ряд медичних і експлуатаційних вимог, яким повинні задовольняти КМ. Деякі з них суперечливі, а виконання інших утруднено, але перераховані нижче вимоги дозволять уявити собі ідеалізований КМ і оцінити ступінь близькості реальних КМ — ідеальному.

1. Для кожного конкретного типу КМ необхідний оптимальний набір діагностичних ознак. Надмірність діагностичних ознак ускладнює програмні й апаратні засоби, не підвищуючи ефективності КМ, а в деяких випадках є причиною помилкової діагностики.

2. Кардіомонітори повинні з високою надійністю виявляти особливо небезпечні аритмії (фібриляцію шлуночків). Загроза аритмії по типу випадкових подій (Екстрасистолії, випадання QRS-комплексів) не можуть бути виявлені з абсолютною точністю, особливо при складних збудженнях ритму, що характеризуються різкими змінами амплітуди і форм шлуночкових комплексів. Підвищення ж чутливості КМ буде супроводжуватися збільшенням числа помилкових тривог.

Експлуатаційна документація повинна містити дані про якість виявлення аритмій у контрольованих умовах.

3. Сигналізація тривоги в КМ повинна бути диференційована по ступеню небезпеки для хворого і розрізнятися характером звуку і кольором табло. Бажано надати лікарю можливість вимикання сигналізації по аритміях, що не мають значення для даного хворого чи присутнім у нього постійно. Це дозволить зменшити число помилкових тривог і виключити зайву емоційну напругу чергового персоналу.

4. Рівень перешкод у електрокардіосигналі (ЕКС) повинний контролюватися і при перевищенні їх припустимої межі індикуватись на передній панелі КМ. Зашумлені ділянки ЕКС повинні виключатись з аналізу аритмій. До перешкод варто віднести дуже малий і дуже великий рівні вхідного сигналу, що утрудняють його обробку.

5. У КМ повинний бути детектор порушень у системі виводів (відриви електрода, збільшення перехідного опору шкіра — електрод).

6. Необхідно забезпечити правильну роботу КМ під час електричної стимуляції серця, коли артефакт стимулу може сприйматись як шлуночковий комплекс. Бажано, щоб КМ виявляв інтерференцію ритмів і неефективну стимуляцію.

7. Кардіомонітор повинний мати вихід поточного ЕКС для запису на кардіографі електрокардіограми (ЕКГ) і вихід збережених фрагментів ЕКС по сигналі тривоги для аналізу причин, що викликають цей сигнал. Реєстратор ЕКГ у цьому випадку повинний включатись автоматично.

8. Повинна бути забезпечена можливість роботи КМ в автоматизованій системі оперативного лікарського контролю (АСОВК) шляхом передачі даних у центральну пост (ЦП) спостереження.

9. У КМ повинна застосовуватися автоматична початкова установка ряду параметрів (посилення ЕКС, стабілізація ізолінії, центрування ЕКС у динамічному діапазоні, вихідні пороги поділу класів аритмій і т.п.), що дозволяють починати роботу з приладом відразу після включення.

10. Необхідне застосування наочних засобів відображення інформації, що дозволяють компонувати дані обробки ЕКС у зручній і виразній формі (наприклад, кольорових дисплеїв телевізійного типу).

11. Кардіомонітор повинний мати пристрої документування поточної і накопиченої інформації про серцевий ритм (одержання «твердих» копій необхідних даних).

12. Необхідно забезпечити самоконтроль КМ в момент включення й у процесі роботи без перерви в обробці ЕКС із сигналізацією про несправності.

13. Конструкція КМ, його елементна база і схемні рішення повинні передбачати тривалий безупинний режим роботи, забезпечуючи високі показники надійності.

14. Для скорочення часу ремонту в КМ повинні застосовуватися автоматичні методи пошуку несправностей за допомогою убудованих програмних і апаратних засобів.

15. Кардіомонітор повинний мати захист від ушкодження при впливі на хворого дефібрилюючим імпульсом.

16. Тому що під час лікування можливі внутрісерцеві втручання (ендокардіальна електрична стимуляція серця) і збудження шкірних покривів (ін'єкції, крапельниці і т.п.), те КМ повинні бути забезпечені по вищому класі захисту від враження електричним струмом хворого й обслуговуючого персоналу (клас II, тип CF).

17. Необхідно домагатися найкращого співвідношення вартість — ефективність, з огляду на те, що в палаті інтенсивної терапії може знаходитися від 6 до 12 кардіомоніторів.

Крім перерахованих основних медичних і експлуатаційних вимог на КМ поширюються державні і галузеві стандарти на електронні медичні прилади, що регламентують показники якості, діапазон зміни параметрів і погрішності вимірів. Розробка оптимальних по свої функціях КМ ускладнюється тим, що не існує типового складу устаткування палати інтенсивного спостереження і КМ або мають надмірність у своєму складі, або виявляються в не укомплектованому виді.

4.7 Підвищення ефективності застосування кардіомоніторів

Радіоелектронна медична апаратура (РЕМА) вирішує загально технічні задачі (перетворення і посилення сигналів, вимір і обчислення параметрів сигналів, індикація і документування дані обробки сигналів) і є інструментом діагностики захворювань, контролю стану хворих за фізіологічними показниками, життєзабезпечення і лікування хворого. Сказане у великому ступені відноситься і до кардіомоніторів, тому що вони контролюють стан серцевої діяльності.

Розробка нових типів КМ, що використовують останні досягнення науки і техніки, разом з ростом потреби лікувальних закладів у кардіологічних приладах привели до значного збільшення частки витрат на технічні засоби медицини, що досягають у розвинутих країнах 40% і більш від загальних витрат на охорону здоров'я. Тому питання ефективності застосування РЕМА здобуває ще більше значення.

Для підвищення ефективності КМ необхідно виконати ряд умов:

1. Автоматичні методи діагностики стану хворого не повинні замінити функції лікаря, що приймає остаточне рішення на основі отриманих даних і клінічної картини захворювання. Зайва самовпевненість інженерів може привести до розчарування медичного персоналу і дискредитації автоматичних методів. Кардіомонітори в міру нагромадження статистичних даних їхньої роботи і росту досвіду медичного персоналу повинні передбачати можливість поліпшення (корекції) алгоритмів обробки ЕКС таким чином, щоб задовольнити вимоги лікарів.

2. При виборі типу КМ варто керуватися медичними критеріями, що відповідають представленню лікаря про характер конкретного лікувального процесу. До цих критеріїв потрібно віднести: категорію хворих (інфаркти міокарда, стенокардії, збудження ритму), необхідні види контрольованих параметрів, достатність і істота інформативних ознак сигналу (знання алгоритмів обробки сигналів).

3. Оцінити наочність інформації, що представляється, що дозволяє

лікарю швидко приймати рішення.

4. Дотримувати нормальний технічний стан, що підтримується середнім технічним персоналом чи клініки спеціальними ремонтними службами, а також міжвідомчою перевіркою метрологічними органами Держстандарту не рідше 1 рази в рік. Порядок проведення цих заходів викладається в супровідній документації. Проведення профілактичних перевірок запобігає несподіваний вихід з ладу КМ і скорочує час простою приладу. Це тим більше важливо, що в КМ можливі сховані відмовлення, що не приводять до очевидних відмовлень (деякі несправності ПЗУ, дрейф параметрів від температури і часу, що перевищує припустимі норми, ослаблення ізоляції мережного ланцюга і т.д.). Крім того, завжди будуть існувати "несправності", зв'язані з недосконалістю алгоритмів обробки ЕКС, що звичайно виявляються у випадку сигналів складної форми (комбіновані аритмії, незвичайна форма кардіокомплексу і т.п.). Лікарю необхідно враховувати цю особливість при оцінці працездатності приладу.

5. Необхідна визначена організація роботи медичного персоналу в палаті інтенсивної терапії. З огляду на специфіку РЕМА, що охоплює велику область медичних і технічних знань, медичний персонал повинний бути знаком з основними фізичними законами, а технічний — мати підготовку по медичній електроніці.

6. При виборі типу КМ необхідно зіставити між собою поняття "вартість — ефективність". Оцінити ефективність можна детально ознайомивши з усіма можливостями КМ, багато хто з який часто опускаються в експлуатаційній документації. Можна використовувати для цих цілей і інші критерії, що більше підходять до індивідуальним особливостям клініки і її фінансовому стану.

Без виконання викладених вище умов і вимог важко очікувати ефективності застосування КМ у широкій медичній практиці.

У цілому прогнозування ефективності медичної техніки цілком залежить від того, на скількох найближчим часом удасться забезпечити взаємозалежну роботу розроблювачів і лікарів.

5 Спеціальна частина

5.1 Параметри ініціалізації контролера дисплея SED1335

Параметри команд ініціалізації повинні бути визначені першими. Квадратні дужки навколо імені параметра показують число, представлене параметром, раніш чим величина, записана в регістрі параметрів. Наприклад, $[FX] = FX + 1$.

5.1.1 Команда SYSTEM SET і її параметри

- **FX** Горизонтальний розмір поля символу визначається з горизонтального розміру дисплея в пікселях $[VD]$ і числа символів на рядок $[VC]$.

$$[VD] / [VC] < [FX]$$

VD: # крапок у напрямку X

VC: # символів у напрямку X

- **C/R** C/R може бути визначений з VC і FX.

$[C/R] = \text{RND}([FX] / 8) * [VC]$ де RND(x) позначає x округлений до наступного цілого числа. $[C/R]$ -

число байтів на рядок, не число символів.

- **TC/R** TC/R повинно задовольняти умові $[TC/R]$ і $[C/R] + 4$.

- **f_{OSC}** і **f_{FR}** Відразу після установки TC/R, повинні бути також встановлено, частота кадрів, f_{FR}, і кількість рядків на кадр $[L/F]$. Нижнє обмеження частоти генератора, f_{OSC}, визначається в такий спосіб:

$$f_{OSC} > ([TC/R] * 9 + 1) * [L/F] * f_{FR}$$

- Якщо немає кварцу з величиною близької до розрахованого f_{OSC}, то можна використовувати більш високочастотний кварц, а величина TC/R може бути виправлена, використовуючи рівняння, приведені вище.

- Нижче приведені ознаки неправильної установки TC/R. Якщо з'являється кожний з них необхідно перевірити величину TC/R і виправити її по необхідності.

- Зупиняється вертикальне сканування, і з'являються високонтрастні горизонтальні рядки.

- Усі пікселі присутні чи відсутні.

- Вихідний сигнал LP відсутній чи переключений.

- Зображення нестабільно.

Таблиця 5.1 Приклад параметрів для РКД Epson

Дозвіл (X x Y)	[FX]	[FY]	[C/R]	TC/R	fOSC (МГц)
256 x 64	[FX] = 6 пікселям: $256/6 = 42$ залишок 4 = 4 погашених пікселя	8 чи 16, залежить від екрана	[C/R]=42=2АН байтам: C/R=29Н. Під час використання HDOT SCR, [C/R]=43 байтам	2DH	1.85
512 x 64	[FX] = 6 пікселям: $512/6 = 85$ залишок 2 = 2 погашених пікселя	8 чи 16, залежить від екрана	[C/R]=85=55Н байтам: C/R=54Н. Під час використання HDOT SCR, [C/R]=86 байтам	58Н	3.59
256 x 128	[FX] = 8 пікселям: $256/8 = 32$ залишок 0 = немає погашених пікселів	8 чи 16, залежить від екрана	[C/R]=32=20Н байтам: C/R=19Н. Під час використання HDOT SCR, [C/R]=33 байтам	22Н	2.90

Продовження таблиці 5.1 .

512 x 128	[FX] = 10 пікселям: 512/10 = 51 залишок 2 = 2 погашених пікселя	8 чи 16, залежить від екрана	[C/R]=102=66H байтам: C/R=65H. Під час використання HDOT SCR, [C/R]=103 байтам	69H	5.55
--------------	--	---------------------------------------	---	-----	------

Примітки:

1. Пікселі що залишилися з правої сторони дисплея автоматично гасяться SED1335F. Не має необхідності обнулювати пам'ять дисплея, що відповідає цим пікселям.
2. Кадрова частота передбачається рівною 60 Гц.

5.1.2 Приклад ініціалізації

Приклад ініціалізації, показаний на малюнку 68, для SED1335F з 8 розрядним мікропроцесорним інтерфейсом шини дисплея (512 x 128 пікселів).

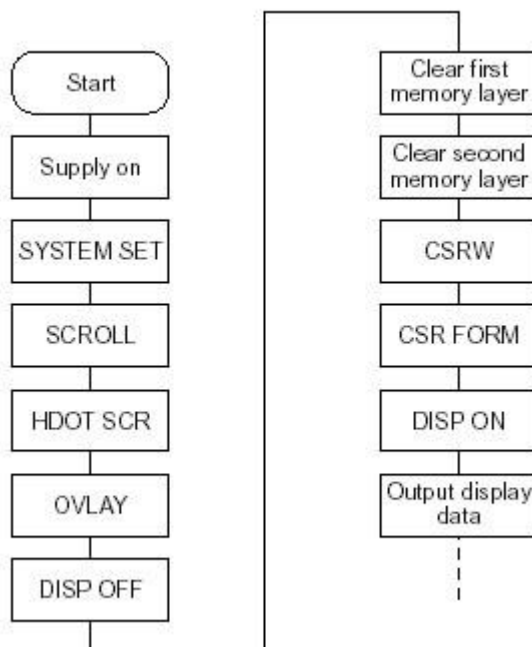


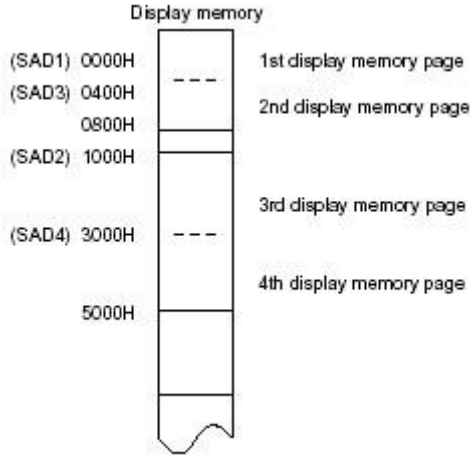
Рисунок 5.1 Процедура ініціалізації

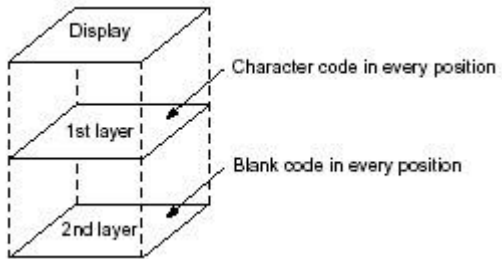
Примітка: Встановити адресу курсору в початок кожного екранного шару пам'яті, і використовуйте MWRITE для заповнення пам'яті символами пробілу, 20H(тільки текстовий екран) чи 00H(тільки графічний екран).

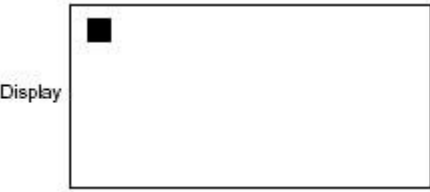

Визначення пам'яті, яку потрібно очистити, дається в розділі 5.1.3.

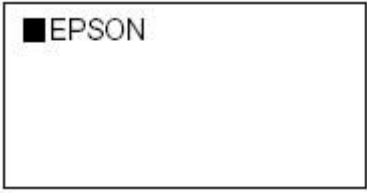
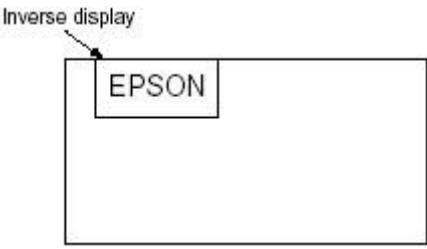
Таблиця 5.2 Процедура ініціалізації

№	Команда	Операція
1	Включення	
2	Живлення	Чекає щонайменше 3 мс після скидання з ініціалізацією VDD > 4.5У
3	SYSTEM SET C = 40H P1 = 38H P2 = 87H P3 = 07H P4 = 3FH P5 = 49H P6 = 7FH P7 = 80H P8 = 00H	M0: Внутрішній генератор символів ROM M1: Генератор символів RAM максимум 32 символу M2: 8 рядків на символ W/S: Двухпанельне керування IV: Немає компенсації верхнього рядка FX: Горизонтальний розмір символу = 8 пікселям WF: Двухкадрове АС керування FY: Вертикальний розмір символу = 8 пікселям C/R: 64 адреси дисплея на лінію TC/R: Повний адресний діапазон на лінію = 90 $f_{OSC} = 6.0$ МГц, $f_{FR} = 70$ Гц L/F: 128 рядків дисплея AP: Горизонтальний розмір віртуального екрана 128 адрес
4	SCROLL C = 44H P1 = 00H P2 = 00H P3 = 40H P4 = 00H	Встановити початкову адреса першого екранного блоку в 0000H Відображуваних рядків у першому екранному блоці 64 Встановити початкову адреса другого

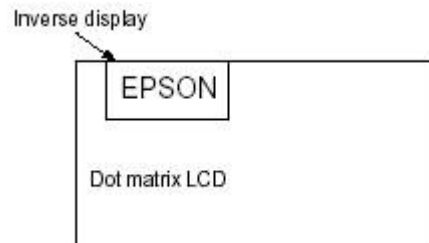
	<p>P5 = 10H P6 = 40H P7 = 00H P8 = 04H P9 = 00H P10 = 30H</p>	<p>екранного блоку в 1000H</p> <p>Відображуваних рядків у першому екранному блоці 64 Встановити початкову адресу третього екранного блоку в 0400H</p> <p>Встановити початкова адреса четвертого екранного блоку в 3000H</p> 
5	<p>H DOT SCR C = 5AH P1 = 00H</p>	<p>Встановити горизонтальне піксельне зрушення в нуль</p>
6	<p>OV LAY C = 5BH P1 = 01H</p>	<p>MX 1, MX 0: Формування шарів інверсного відео DM 1: Перший екранний блок - текстовий режим DM 2: Третій екранний блок - текстовий режим</p>
7	<p>DISP ON/ OFF C = 58H P1 = 56H</p>	<p>D: Дисплей виключений FC1, FC0: Мерехтіння курсору 2 Гц FP1, FP0: Перший екранний блок включений FP3, FP2: Другий і четвертий екранні блоки включені FP5, FP4: Третій екранний блок включений</p>

8	Очистити дані в першому шарі	Заповнити пам'ять першого екранного шару 20H (символ пробілу)
9	Очистити дані в другому шарі	Заповнити пам'ять другого екранного шару 00H (порожні дані) 
10	CSRW C = 46H P1 = 00H P2 = 00H	Встановити курсор у початок першого екранного блоку
11	CSR FORM C = 5DH P1 = 04H P2 = 86H	CRX: Горизонтальний розмір курсору = 5 пікселям CRY: Вертикальний розмір курсору = 7 пікселям CM: Блок-курсор

12	DISP ON/ OFF C = 59H	Дисплей включений 
13	CSR DIR C = 4CH	Встановити напрямок рух курсору праворуч
14	MWRITE C = 42H	
	P1 = 20H P2 = 45H P3 = 50H P4 = 53H P5 = 4FH P6 = 4EH	'' 'E' 'P' 'S' 'O' 'N' 
15	CSRW C = 46H P1 = 00H P2 = 10H	Встановити курсор у початок другого блоку
16	CSR DIR C = 4FH	Встановити напрямок руху курсору вниз

17	MWRITE C = 42H P1 = FFH ↓ P9 = FFH	Залити в квадрат ліворуч від 'E' 
18	CSRW C = 46H P1 = 01H P2 = 10H	Встановити адреса курсору в 1001H
19	MWRITE C = 42H	Заливання в другому екранному блоці в другому стовпці першого рядка
	P1 = FFH ↓ P9 = FFH	
20 ↓ 29	CSRW MWRITE	Повторити операції 18 і 19 щоб заповнити тло під 'EPSON' 
30	CSRW C = 46H P1 = 00H P2 = 01H	Встановити курсор на третій рядок першого екранного блоку
31	CSR DIR C = 4CH	Встановити напрямок руху курсору праворуч

32	MWRITE	
	P1 = 44H	'D'
	P2 = 6FH	'o'
	P3 = 74H	't'
	P4 = 20H	''
	P5 = 4DH	'M'
	P6 = 61H	'a'
	P7 = 74H	't' r'
	P8 = 72H	'i'
	P9 = 69H	'x'
	P10 = 78H	''
	P11 = 20H	'L'
	P12 = 4CH	'C'
	P13 = 43H	'D'
	P14 = 44H	



5.1.3 Установка режиму відображення: Комбінування тексту і графіки

Умови

- 320 x 200 пікселів, однопанельний пристрій (1/200 робітника циклу)
- Перший шар: текстове зображення
- Другий шар: графічні зображення
- Символьний шрифт 8 x 8 пікселів
- Генератор символів RAM не потрібно

Розподіл пам'яті дисплея

- Перший шар (текст): $320/8 = 40$ символів на рядок, $200/8 = 25$ рядків.

Потрібно пам'ять розміром = $40 \times 25 = 1000$ байт

- Другий шар (графіка): $320/8 = 40$ символів на рядок, $200/1 = 200$ рядків.

Потрібно пам'ять розміром = $40 \times 200 = 8000$ байт

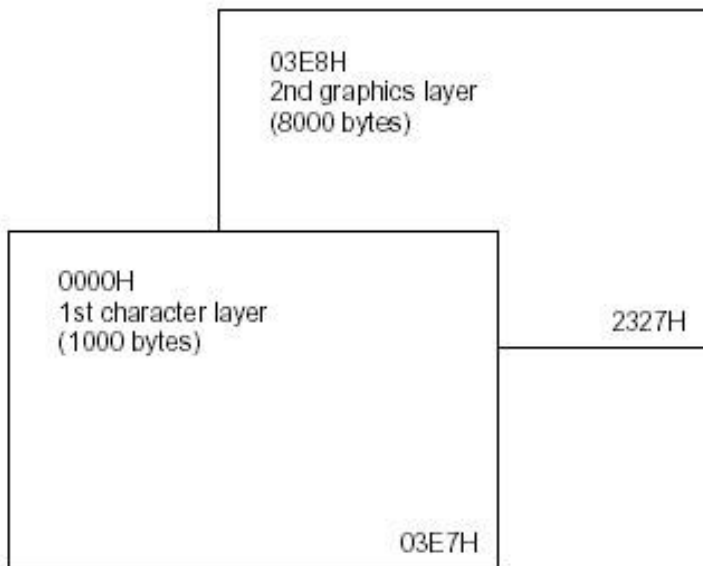


Рисунок 5.2. Символи поверх графічних символів

Таблиця 5.3 Процедура установки регістрів

SYSTEM SET	Розрахунок TC/R	SCROLL
C = 40H		C = 44H
P1 = 30H	$f_{OSC} = 6 \text{ МГц}$	P1 = 00H
P2 = 87H	$f_{FR} = 70 \text{ Гц}$	P2 = 00H
P3 = 07H		P3 = C8H
P4 = 27H	$(1/6) \times 9 \times [TC/R] \times 200 = 1/70$	E8H
	P4 =	
P5 = 2FH	$[TC/R] = 48, TC/R =$	P5 = 03H
	2FH	
P6 = C7H		P6 = C8H
P7 = 28H		P7 = XH
P8 = 00H		P8 = XH
		P9 = XH
		P10 = XH
		=
CSR FORM		OVLAY
C = 5DH		C = 5BH

P1 = 04H

P1 = 00H

P2 = 86H

HDOT SCR**DISP ON/
OFF**

C = 5AH

C = 59H

P1 = 00H

P1 = 16H

X = не важно**5.1.4 Установка режима відображення: Комбінування графіки і графіки****Умови**

- 320 x 200 пікселів, однопанельний пристрій (1/200 робітника циклу)
- Перший шар: графічне зображення
- Другий шар: графічні зображення

Розподіл пам'яті дисплея

- Перший шар (графіка): $320/8 = 40$ символів на рядок, $200/1 = 200$ рядків.

Потрібно пам'ять розміром = $40 \times 200 = 8000$ байт

- Другий шар (графіка): $320/8 = 40$ символів на рядок, $200/1 = 200$ рядків.

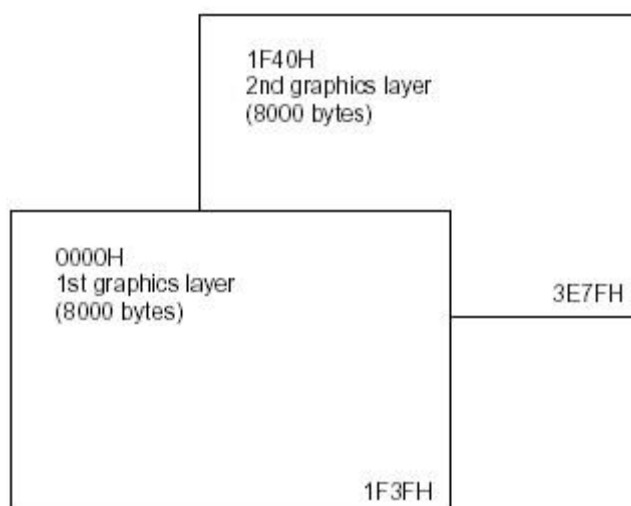
Потрібно пам'ять розміром = $40 \times 200 = 8000$ байт

Рисунок 5.3 Дворівнева графіка

Таблиця 5.4 Процедура установки регістрів

SYSTEM SET	Розрахунок TC/R	SCROLL
C = 40H		C = 44H
=		
P1 = 30H	$f_{OSC} = 6 \text{ МГц}$	P1 = 00H
=		
P2 = 87H	$f_{FR} = 70 \text{ Гц}$	P2 = 00H
=		
P3 = 07H		P3 = C8H
=		
P4 = 27H	$(1/6) \times 9 \times [TC/R] \times 200 = 1/70$	P4 = 40H
=		
P5 = 2FH	$[TC/R] = 48, TC/R = 2FH$	P5 = 1FH
=		
P6 = C7H		P6 = C8H
=		
P7 = 28H		P7 = XH
=		
P8 = 00H		P8 = XH
		P9 = XH
		P10 = XH
CSR FORM		OVLAY
C = 5DH		C = 5BH
P1 = 07H		P1 = 0CH
P2 = 87H		
HDOT SCR		DISP ON/
		OFF
C = 5AH		C = 59H

P1 = 00H

P1 = 16H

X = не важно

5.1.5 Установка режиму відображення приклад 3: Комбінування трьох графічних шарів

Умови

- 320 x 200 пікселів, однопанельний пристрій (1/200 робітника циклу)
- Перший шар: графічне зображення
- Другий шар: графічне зображення
- Третій шар: графічне зображення

Розподіл пам'яті дисплея

- Усі шари (графіка): $320/8 = 40$ символів на рядок, $200/1 = 200$ рядків.

Потрібно пам'ять розміром = $40 * 200 = 8000$ байт

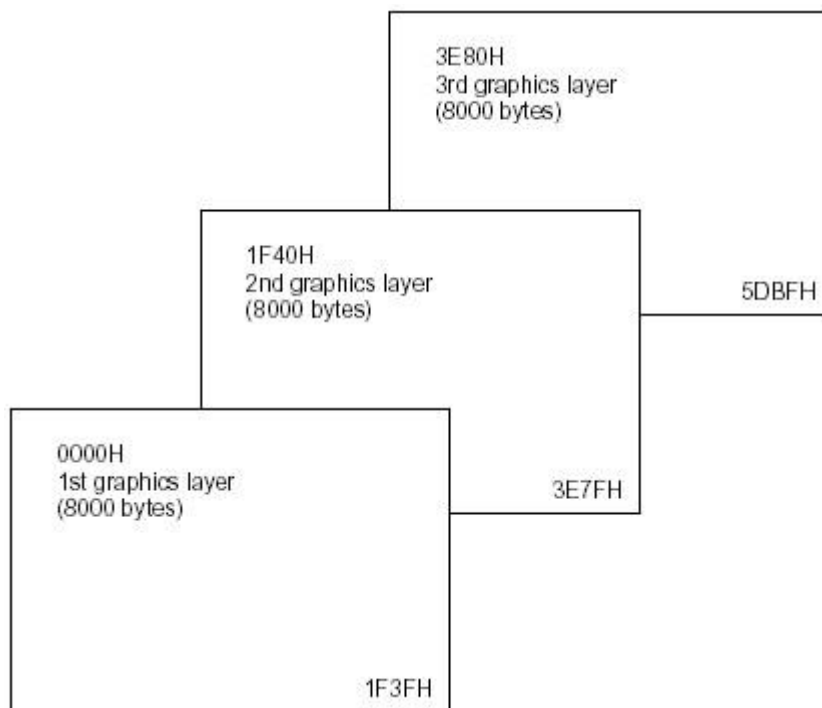


Рисунок 71. Тришарова графіка

Таблиця 5.5 Процедура установки регістрів

	SYSTEM SET	Розрахунок TC/R	SCROLL
C	40H		C = 44H
=			
P1	30H	$f_{osc} = 6$ МГц	P1 = 00H
=			

=	P2	87H	$f_{FR} = 70 \text{ Гц}$	P2 =	00H
=	P3	07H		P3 =	C8H
=	P4	27H	$(1/6) \times 9 \times [TC/R] \times 200 = 1/70$	P4 =	40H
=	P5	2FH	$[TC/R] = 48, TC/R = 2FH$	P5 =	1FH
=	P6	C7H		P6 =	C8H
=	P7	28H		P7 =	80H
=	P8	00H		P8 =	3EH
				P9 =	XH
				P10 =	XH
	CSR FORM				OVLAY
	C = 5DH				C = 5BH
	P1 = 07H				P1 = 1CH
	P2 = 87H				
	HDOT SCR				DISP ON/ OFF
	C = 5AH				C = 59H
	P1 = 00H				P1 = 16H

X = не важно

6 Обґрунтування економічної ефективності

6.1 Планування технічної підготовки виробництва проектного приладу

6.1.1 Визначення трудомісткості і обсягу робіт конструкторської підготовки виробництва

Величина трудових затрат розраховується по етапах конструкторської підготовки виробництва. Перелік цих етапів регламентується ГОСТ 6.103-68.

Розрахунки проводимо згідно методики, вказаної в літературі [7]

Трудомісткість окремого етапу конструкторської підготовки визначається за формулою:

$$T_{ki} = N_{чк} \cdot O_{п} \cdot K_c \cdot K_r \cdot K_{\phi}, \quad (6.1)$$

де: T_{ki} – трудомісткість виконання i -го етапу конструкторської підготовки виробництва;

$N_{чк}$ – норма часу на 1 облікову одиницю конструкторської підготовки в розрахунку на одну деталь i -го вузла в залежності від ступеня складності і новизни цього вузла;

$O_{п}$ – об'єкт конструкторської підготовки виробництва;

K_c – коефіцієнт серійності виробництва виробу (для дрібносерійного виробництва $K_c = 1,1$);

K_r – коефіцієнт габаритності в залежності від маси проектного конструкції (для розроблюваного приладу $K_r = 1$);

K_{ϕ} – поправочний коефіцієнт при невідповідності фактичних і нормативних форматів технічної документації.

При розрахунку враховується ряд параметрів конструкції. Так, за характером новизни конструкторських робіт прилад відноситься до групи В, новизни вузлів – групи Г, за характером складності конструктивних елементів – до групи 5, вузлів – 4, схем – 4, деталей – до групи 1.

Кількість умовних деталей розраховується за формулою:

$$D_{\text{в.м.}} = \sum D \cdot K_n, \quad (6.2)$$

де: D - число деталей одного виду:

K_n - коефіцієнт перерахунку в умовні деталі (в вирадку використання уніфікованих деталей $K_n = 0,1$).

Таким чином: $D_{\text{в.м.}} = (20 + 43 + 19 + 12 + 4 + 2 + 1 + 2 + 4 + 2) \cdot 0,1 = 10,9$.

Визначаємо трудомісткості окремих етапів конструкторської підготовки виробництва.

1) Розробка технічного завдання:

$$T_{\text{к1}} = 168 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 174 \text{ (людино-год.)}$$

2) Розробка технічної пропозиції:

$$T_{\text{к2}} = 495,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 534 \text{ (людино-год.)}$$

3) Розробка ескізного проекту:

$$T_{\text{к3}} = 700 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 770 \text{ (людино-год.)}$$

4) Розробка електричної схеми приладу:

$$T_{\text{к4}} = 539 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 711 \text{ (людино-год.)}$$

5) Розробка технічного проекту:

$$T_{\text{к5}} = 5,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 6,38 \text{ (людино-год.)}$$

6) Перевірка на патентну чистоту:

$$T_{\text{к6}} = 98 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 107,8 \text{ (людино-год.)}$$

7) Розробка монтажних креслень:

$$T_{\text{к7}} = 88 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 96,8 \text{ (людино-год.)}$$

8) Розробка програм та методик випробувань:

$$T_{\text{к8}} = 210,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 231 \text{ (людино-год.)}$$

9) Виготовлення дослідного зразка:

$$T_{\text{к10}} = 300,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 330 \text{ (людино-год.)}$$

10) Випробування дослідного зразка:

$$T_{\text{к10}} = 112,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 123 \text{ (людино-год.)}$$

11) Коректування технічної документації:

$$T_{\text{к11}} = 290,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 319,2 \text{ (людино-год.)}$$

12) Створення робочої документації:

$$T_{\text{к12}} = 72 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 75,24 \text{ (людино-год.)}$$

Таблиця 6.1 – Трудомісткість етапів конструкторської підготовки виробництва

Стадія проектування	Кількість облікових одиниць	Норма часу на 1 облікову одиницю	Трудомісткість загального обсягу робіт, людино-год.	Кваліфікація виконавців
1. Розробка технічного завдання	1	174	174	I
6. Розробка технічної пропозиції	2	534	1068	III
3. Розробка ескізного проекту	3	770	2310	II
4. Розробка електричної схеми приладу.	3	75,24	228,6	III
5. Розробка технічного проекту	1	711	711	I
6. Перевірка на	1	107,8	107,8	III

патентну чистоту				
7. Розробка монтажних креслень	1	96,8	96,8	III
8. Розробка програм і методик випробувань.	1	231	231	IV
9. Виготовлення дослідного зразка	1	330,1	330,1	III
10. Випробування дослідного зразка	1	123	123	II
11. Коректування технічної документації	1	319,2	319,2	I
16. Створення робочої документації	1	75,24	75,24	I
Всього по КПВ	–	–	5697,4	–

6.1.2 Визначення трудомісткості і обсягу робіт технологічної підготовки виробництва

Трудомісткість окремих етапів технологічної підготовки виробництва визначається за формулою:

$$T_{Ti} = N_{\text{чт}} \cdot N_d, \quad (6.3)$$

де: T_{Ti} – трудомісткість технологічної підготовки виробництва по i -му етапі;

$N_{\text{чт}}$ – норма часу на проектування технологічного процесу виготовлення однієї деталі;

N_d – кількість облікових одиниць (найменувань деталей).

Враховуючи усередненні норми часу на проектування технологічних процесів в залежності від групи складності, розраховуємо трудомісткість технологічної підготовки виробництва.

1) Розробка маршрутної технології:

$$T_{T1} = 10,7 \cdot 10,9 = 116,7$$

$$T_{T2} = 31,6 \cdot 10,9 = 344,4$$

3) Розробка операційної технології:

$$T_{T3} = 90,2 \cdot 10,9 = 983,18$$

4) Конструювання технологічної оснастки:

Усереднена трудомісткість конструювання усіх видів технологічної оснастки складає 13,9 людино-годин на одну деталь.

$$T_{T4} = 13,9 \cdot 10,9 = 151,51$$

5) Виготовлення технологічної оснастки:

Усереднена трудомісткість даного етапу становить 32,9 людино-годин на одну деталь.

$$T_{T5} = 32,9 \cdot 10,9 = 358,61$$

Для всіх етапів підготовки вибирається друга кваліфікація виконавців.

Таблиця 6.2 – Трудомісткість етапів технологічної підготовки виробництва

Етап технологічної підготовки виробництва	Кількіст ь облікових одиниць	Норм а часу на одну облікову одиницю, люд./год.	Трудомісткіст ь загального обсягу робіт, люд./год.	Кваліфікаці я виконавців
1. Розробка маршрутної технології	9	10,7	116,7	II
6. Розробка укрупненої технології	9	31,6	344,4	II
3. Розробка операційної технології	9	90,2	983,18	II
4. Конструюванн я технологічної оснастки.	9	13,9	151,51	II
5. Виготовлення технологічної оснастки.	9	32,9	358,61	II
Всього по ТПВ	–	–	1954,4	–

6.1.3 Складання сіткового графіка технічної підготовки виробництва

Технічна підготовка виробництва є сумою конструкторської і технологічної підготовки. Складання сіткового графіка технічної підготовки виробництва має на меті визначення її тривалості на основі розрахунку критичного шляху та подальшою його оптимізацією.

В таблиці 6.3 міститься перелік робіт, їх послідовність та тривалість.

Таблиця 6.3 – Перелік та тривалість робіт з технічної підготовки виробництва

Код події	Подія	Код роботи	Робота	Тривалість роботи (днів)
0	Початок проектування	0-1	Розробка ТЗ	11
1	ТЗ затверджене	1-2	Складання і затвердження технічної пропозиції	21
2	Технічна пропозиція складена і затверджена	2-3	Розробка ескізного проекту	31
		2-4	Розробка електричної схеми	19
		2-7	Перевірка на патентну чистоту	25
3	Електричну схему розроблено	3-7	Розробка ескізного проекту	10
4	Ескізний проект розроблено	4-5	Розробка складальних креслень	20
		4-6	Складання технічних умов	23

5	Складальні креслення розроблено	5-7	Складання дослідного зразка	17
6	Технічні умови складено	6-7	Розробка методики випробувань	8
		6-8	Корегування технічних умов	10
7	Технічний проект, складальні креслення та методику випробувань розроблено	7-8	Випробування експериментального зразка	9
8	Експериментальний зразок випробувано. Технічні умови відкоректовано	8-9	Корегування технічної документації	8
9	Технічну документацію відкоректовано.	9-10	Створення робочої документації	20

Продовження Таблиці 6.3 – Перелік та тривалість робіт з технічної підготовки виробництва

Код події	Подія	Код роботи	Робота	Тривалість роботи (днів)
10	Робочу документацію створено	10-11	Розробка технологічного обладнання	30

		10-12	Розробка маршрутних карт	23
11	Технологічне обладнання сконструйовано.	11-14	Виготовлення технологічного обладнання	21
12	Маршрутні розроблено і карти р	12-13	Розробка укрупненої технології	10
13	Укрупнену технологію розроблено	13-14	Розробка операційної технології	15
14	Операційну технологію розроблено, виготовлено обладнання	14-15	Запуск приладу в виробництво	8
15	Розпочато виробництво	15-16	Виготовлення приладу	-
16	Прилад виготовлено			

За даними, наведеними в таблиці, будується сітковий графік технічної підготовки (див. мал. 1). За графіком шукається критичний шлях, який вказує тривалість технічної підготовки виробництва. Аналізуючи сітковий графік, визначаємо критичний шлях:

$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 16$

Тривалість технічної підготовки виробництва нового (проектowanego) приладу визначається за тривалістю критичного шляху.

$$T_{\text{тп}} = 146,98 + 513 + 387,2 + 205,7 + 20,57 + 77,44 + 25,41 + 13,9 + 32,9 = 1423,1$$

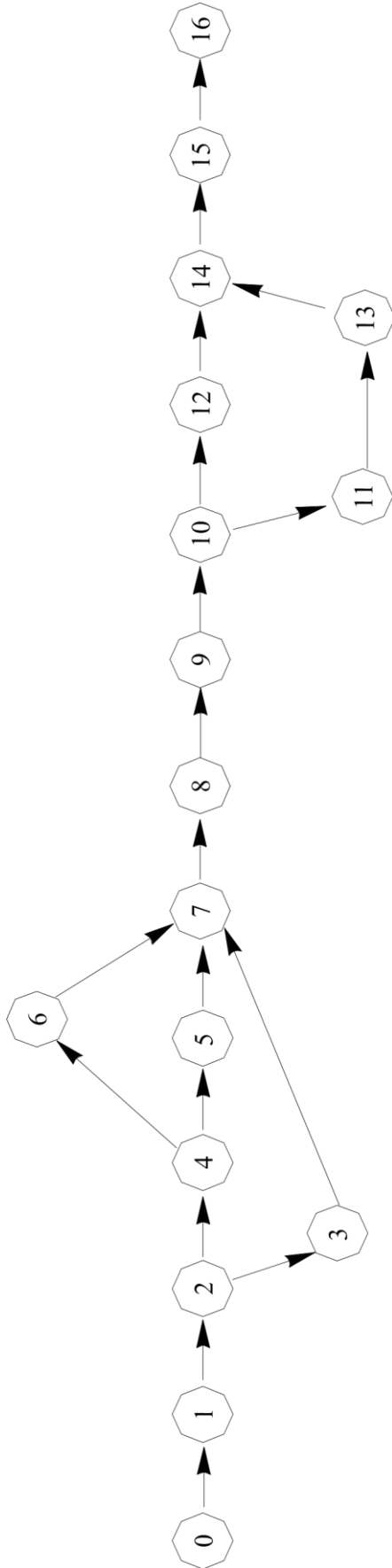


Рисунок 2.1 - Сітковий графік

Рисунок 6.1 Сітковий графік Для оптимізації графіка шукаємо повні і вільні резерви робіт. Результати підрахунків наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Резерви виконання робіт

Подія	Ранній строк настання	Пізній строк настання	Робота	Повний резерв	Вільний резерв
1	11	11	0-1	0	0
2	32	32	1-2	0	0
3	63	78	2-3	15	0
4	51	51	2-4	0	0
5	71	71	2-7	31	31
6	74	86	3-7	15	15
7	88	88	4-5	0	0
8	96	96	4-6	12	0
9	104	104	5-7	0	0
10	124	124	6-7	4	4
11	154	154	6-10	12	12
12	147	150	7-8	0	0
13	157	160	8-9	0	0
14	175	175	9-10	0	0
15	183	183	10-11	0	0
			10-12	3	0
			11-13	0	0
			12-13	3	0
			13-14	3	0
			14-15	0	0

Проаналізувавши результати розрахунків, можна побачити, що роботи 27, 3-7 і 6-10 мають суттєвий вільний резерв. Проведемо оптимізацію графіка виконання робіт з підготовки виробництва, перевівши зайвих робітників з цих робіт на інші роботи.

Кількість працівників, задіяних на роботі 2-7: $N_{2-7} = 107,8 = 4$ (чол.).

$$n_{2-7} =$$

$$T_{2-7} = 25$$

Вивільнимо одного працівника для переведення на іншу роботу і перерахуємо новий час виконання:

$$T_{2-7}' = N_{n_{2-7}}' = 1073,8 = 35,9 \text{ (днів).}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для робіт 3-7, 6-10, вивільнивши ще двох робітників. При цьому новий час виконання робіт становитиме $T_{3-7}' = 20$,

$$T_{6-10}' = 20 \text{ днів.}$$

Найбільш триваліші роботи ведуться на ділянках 1-2, 4-5, 9-10. Переводимо по одному працівнику на кожну з цих робіт. Перераховуємо новий час виконання робіт на ділянці 1-6. кількість працівників на цій ділянці становить: $N_{1-2} = 534 = 25$ (чол.).

$$n_{1-2} =$$

$$T_{1-2} = 21$$

Перерахуємо новий час виконання робіт:

$$T_{1-2}' = N_{1-2} = 534 = 22 \text{ (днів).}$$

$$T_1$$

$$n_{1-2}' = 22$$

Провівши аналогічні розрахунки для ділянок 4-5 і 9-10, отримаємо нові тривалості виконання цих робіт рівними $T_{4-5}' = 10$ $T_{9-10}' = 15$ днів.

Перерахувавши критичний шлях після проведення оптимізації, отримаємо $T_{кр}' = 164$ дні.

6.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження

При розробці приладу, спроектовано два варіанти – з використанням радіостанції та з використанням радіостанції. Використання обох приладів забезпечує однаковий результат. Обидва прилади мають розширені функціональні властивості. Враховуючи це, вибір найбільш ефективного варіанту здійснюється за критерієм мінімуму затрат:

$$ZT = (k + 3\Gamma E(1 + (kE'pH))) EN \rightarrow \min, \quad (6.4)$$

рл Н

де: k'_p – норма реновації, обчислена з врахуванням фактора часу періода виробництва нових засобів праці;

Z_T - незмінні по роках розрахункового періоду затрати на розробку, виробництво і використання приладу;

E_H - норматив ефективності капітальних вкладень.

Таблиця 6.5 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Назва показника	Умовне позначення	Значення показника по варіантах	
		1 варіант	2 варіант
Тривалість проведення НДР і ОКР, роки	T	2	2
Річна програма випуску, шт	N	100	100
Тривалість виробництва, роки	T _{вир}	3	3
Тривалість служби, роки	T _{сл}	5	5
Число обслуговуючого персоналу, чол	Чобс	1	1
Погодинна заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн/год	S _г	1,2	1,2
Час обслуговування приладу на протязі року, год	Tобс	200	160
Річний фонд часу роботи приладу, год	T _д	200	160

Продовження Таблиці 6.5 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Назва показника	Умовне позначення	Значення показника по варіантах	
		1 варіант	2 варіант
Процент додаткової зарплати	Н _{дод}	10	10
Процент відрахувань в органи соціального страхування	Н _{сс}	37	37
Процент відрахувань в фонд Чорнобиля	Н _{фч}	12	12
Процент відрахувань в фонд зайнятості	Н _{фз}	3	3
Процент транспортно-заготівельних затрат	Н _{т-з}	6	6
Процент цехових затрат	Н _ц	160	160
Процент заводських затрат	Н _з	210	210
Процент позавиробничих витрат	Н _{пз}	3	3
Процент амортизаційних відрахувань	Н _а	13,4	13,4
в тому числі на капітальний ремонт	Н _{кр}	1,8	1,8
Споживана потужність, Вт	W	100	60
Тариф на електроенергію, грн./кВт · год	S _{ел}	0,13	0,13
Процент затрат на поточний ремонт	Н _{пр}	5	5

Затрати на реалізацію порівнюваних варіантів за розрахунковий період включають затрати на виробництво приладів і їх використання:

$$\underline{Z^I} = \underline{I} + (K^P + E^H)(K + Z^{\Pi}), \quad (6.5)$$

З =

$$кр + EН \quad \quad \quad кр + ЗП$$

Сукупні затрати, пов'язані з проектуванням і створенням проектуючого приладу, відображає величина $Z_{п}$, яка визначається за річну програму його використання по формулі:

$$Z_{п} = C \cdot N + E_{Н} (K_{пп} + K_{пф}), \quad (6.6)$$

де: C - собівартість приладу; N - річна програма випуску;

$K_{пп}$ - передвиробничі витрати;

$K_{пф}$ - капітальні вклади у виробничі фонди.

Передвиробничі затрати визначаються за формулою:

$$K_{пп} = S_{НДР,ОКР} + K_{Осв}, \quad (6.7)$$

де: $S_{НДР,ОКР}$ - вартість НДР і ОКР (науково-дослідні, експериментальні, конструкторські, технологічні і проектні роботи);

$K_{Осв.}$ - затрати на освоєння виробництва та доробку дослідних зразків продукції, виготовлення моделей і макетів.

Виробничі затрати на проведення НДР і ОКР становлять:

за перший рік - $K_{пп1}=16300$ грн.; за другий - $K_{пп2}=11000$ грн.

Оскільки передвиробничі затрати розподілені в часі, то вони повинні бути приведені по фактору часу до розрахункового року:

$$K_{пп} = \sum K_{ппt} (1 + E_{Н})^{p-t} = (9300 + 5900) \cdot 1.1 = 16720 \text{ (грн.)}$$

Капітальні вклади у виробничі фонди визначаються по формулі:

$$K_{пф} = K_{оф} + K_{ос} + K_{пр}, \quad (6.8)$$

де: $K_{оф}$ - вартість всіх видів основних фондів, безпосередньо пов'язаних з виготовленням проектуємого приладу;

Матеріал	Профіль, сорт, марка	Ціна за од., грн	Норма витрат, кг	Сума на виріб, грн	Норма витрат, кг	Сума на виріб, грн

			1 варіант		2 варіант	
Склот екстоліт	СФ2	48	0,7	3,6	0,5	24
Поліст ирол	ПС14-03	10	0,5	5	0,3	3,1
Припо й	ПОС61	20	0,89	1,7,8	0,6	12,2
Флюос	ДКСп	5,2	0,4	2,08	0,3	1,61
Всього					5	40,61
Транс портнозаго тівельні витрати					8,48	
					3,51	2,44
Всього					6	43,05
					1,99	

K_{oc} - поповнення оборотних засобів;

K_{np} - інші капітальні вклади, пов'язані із запобіганням негативних соціальних, екологічних та інших наслідків, створенням соціальної інфраструктури.

Виготовлення нового приладу можливе на обладнанні, яке є на заводі. Середньорічна залишкова вартість використання основних виробничих фондів виробника складає при цьому 45000 грн.

Розрахунок собівартості проектуємого приладу проводиться по основним статтям калькуляції. Результати розрахунку наведені в таблицях 6.6

– 6.8.

Таблиця 6.6 – Розрахунок витрат на сировину і основні матеріали

Таблиця 6.7 – Розрахунок затрат на закупівельні комплектуючі вироби

Куповані вироби напівфабрикати	та Ціна, грн.	К- сть, шт.	Сума на виріб, грн.	К- сть, шт.	Сума на виріб, грн.
Конденсатор					
К10-17	0,25	22	5,50	16	4,00
К50-16	0,40	18	7,20	25	10,00
Мікросхема					
ADM3202	0,70	4	2,80	5	3,50
AT24C256	2,50	2	5,00	2	5,00
AT89C51	20,10	1	20,10	1	20,10
PCF8574	0,90	-	-	2	1,80
PCF8583	0,90	-	-	1	0,90
PCF8591	0,90	-	-	1	0,90
К140УД1А	1,20	8	9,60	2	2,40
К555ИД4	0,40	1	0,40	1	0,40
К555ИР8	0,40	2	0,80	2	0,80

Продовження Таблиці 6.7 –

Розрахунок затрат на закупівельні комплектуючі вироби

Куповані вироби напівфабрикати	та Ціна, грн.	К- сть, шт.	Сума на виріб, грн.	К- сть, шт.	Сума на виріб, грн.
Мікросхема					
К555КП2	0,40	1	0,40	1	0,40
К555ЛА3	0,40	5	2,00	1	0,40
К555ТМ2	0,40	1	0,40	1	0,40
КР142ЕН5А	1,50	1	1,50	1	1,50

Резистор					
МЛТ-0,125	0,15	26	3,90	17	2,55
РП1-1	0,75	16	12,00	3	2,25
Діод					
КС133А	0,5	7	3,50	2	1,00
КД103А	0,5	12	6,00	2	1,00
Комутаційні вироби					
COSMOS Standart	1,50	8	12,00	12	18,00
DB9	1,50	2	3,00	4	6,00
ОНП-КГ	0,15	5	0,75	3	0,45
ПКН-1-22	1,00	1	1,00	1	1,00
СШ1-5	0,65	3	1,95	2	1,30
Кварцовий резонатор					
РД1-1	2,00	1	2,00	2	4,00
Інші вироби					
Радіомодем “Pacific Crest”	220,00	-	-	1	988,00
Радіостанція “Оріон Р/В”	650,00	1	1295,00	-	-
Модем FX448	18,50	1	18,50	-	-
Всього			569,20		310,35
Тран.-загот. Витрати			34,17		18,62
Всього			1450,37		1105,97

Таблиця 6.8 – Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

Технологічна операція	Розряд роботи	Норма часу, нормо-год.	Погодинна тарифна ставка грн/н-год.	Тарифна заробітна плата, грн
Фотографічна	4	6,0	1,74	10,64
Гальванічна	3	3,0	1,62	4,86
Штампувальна	3	0,5	1,62	0,81
Лиття під тиском	3	0,5	1,62	0,81
Складальна	3	1,6	1,4	2,24
Монтажна	3	7,2	1,4	10,08
Регулювальна	4	0,3	1,56	0,47
Всього				29,91
Доплати за якісну роботу, грн.				2,99
Основна зар. плата				32,9

Розрахунок решти статей калькуляції проводиться згідно з формулами табл.3.8. та додатків 4 і 5 [7]. Результати розрахунку приведені в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Розрахунок собівартості проектного приладу по варіантах розробок

Стаття калькуляції	Сума, грн.	
	1 варіант	2 варіант
1. Сировина і матеріали	63,99	43,05
6. Куповані комплектуючі вироби та напівфабрикати	1450,37	1105,97
3. Основна зар. плата виробничих робітників	32,9	32,9
4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників	3,29	3,29

5. Відрахування на соціальне страхування	13,39	13,39
6. Відрахування в фонд Чорнобиля	4,34	4,34
7. Відрахування в фонд зайнятості	1,09	1,09
8. Цехові витрати	52,64	52,64
9. Заводські витрати	69,09	69,09
10. Позавиробничі витрати	0,99	0,99
Всього	1692,09	1326,75

З врахуванням вище приведених розрахунків, сукупні затрати на стадії створення приладу на річну програму випуску по варіантам рівні: $Z_{п1} = 1692,09 \cdot 150 + 0,1 \cdot 16720 = 255472$ (грн.)

$$Z_{п2} = 1326,75 \cdot 150 + 0,1 \cdot 16720 = 200572 \text{ (грн.)}$$

Проведемо розрахунок річних поточних експлуатаційних витрат споживача. Результати розрахунку подано в таблиці 6.10.

1) Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу:

$$L_{обс1} = 1 \cdot 200 \cdot 1,2 \cdot (1 + 0,1 + 0,37 + 0,12 + 0,03) \cdot 150 = 58320 \text{ (грн.)}$$

$$L_{обс2} = 1 \cdot 160 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0,1 + 0,37 + 0,12 + 0,03) \cdot 150 = 46656 \text{ (грн.)}$$

2) Амортизаційні відрахування на ремонт приладу:

$$A_{кр1} = 255472 \cdot 0,18 = 45984,96 \text{ (грн.)} \quad A_{кр2} = 200572 \cdot 0,18 = 36102,96 \text{ (грн.)}$$

3) Витрати на споживану електроенергію.

Враховуючи те, що прилад живиться від бортової мережі автомобіля, витрати на електроенергію приймаються рівними нулю.

4) Витрати на поточний ремонт:

$$P_{пр1} = 255472 \cdot 0,05 = 12773,6 \text{ (грн.)} \quad P_{пр2} = 200572 \cdot 0,05 = 10028,6 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 6.10 – Результати розрахунку річних поточних витрат споживача

Річні поточні витрати	Сума витрат по варіантам, грн/рік	
	1 варіант	2 варіант

1	Заробітна плата обслуговуючого персоналу	58320,00	46656,00
2	Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт приладу	45984,96	36102,96
3	Витрати на споживану електроенергію	-	-
4	Витрати на поточний ремонт	12773,6	10028,6
	Всього	117078,56	92787,56

Річні затрати споживача по порівнюваним варіантам рівні:

$$Z_{r1} = 117078,56 + (0,1638 + 0,1) \cdot 255472 = 184472,07 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{r2} = 92787,56 + (0,1638 + 0,1) \cdot 200572 = 145698,45 \text{ (грн.)}$$

Затрати за розрахунковий період по порівнюваних варіантах при тривалості виробництва 3 роки, тривалості їх експлуатації 5 років будуть складати:

$$Z_T^1 = \frac{184472,07}{(0,3021 + 0,1) \cdot (0,1638 + 0,1)} = 1739088,70 \text{ (грн.)}$$

$$Z_T^2 = \frac{145698,45}{(0,3021 + 0,1) \cdot (0,1638 + 0,1)} = 1373555,01 \text{ (грн.)}$$

Економія сукупних затрат за розрахунковий період від створення та використання проектного приладу складає:

$$\Delta Z = Z_{T1} - Z_{T2} = 1739088,70 - 1373555,01 = 365533,69 \text{ грн. (грн.)}$$

Із співвідношення затрат кращим слід визнати другий варіант, оскільки при тотожності основного корисного результату він потребує менших затрат на досягнення цього результату.

6.3 Покращення організації технологічної підготовки виробництва

Зміст, стадії й організація технологічної підготовки виробництва.

Задачею технологічної підготовки виробництва є розробка, відповідно до передбаченого типу виробництва виробу і до конкретних організаційнотехнічних умов, економічних технологічних процесів і їхнього оснащення.

Технологічна підготовка виробництва повинна забезпечити необхідні умови

для ефективного ведення виробництва і досягнення передбаченого на стадії конструкторської підготовки виробництва якості продукції. Отже, вона повинна бути спрямована на забезпечення високої продуктивності праці, максимально повного використання устаткування, зниження витрати матеріалів, палива й енергії, полегшення умов праці. Важливою задачею в обробних галузях промисловості є поліпшення використання сировини, палива й енергії на всіх стадіях технологічного циклу виготовлення продукції. Виконання цих задач досягається на основі розробки і застосування відповідно до типу виробництва ресурсозберігаючої технології, розроблених методів і засобів виконання контрольних, транспортних і інших операцій, розробки спеціального технологічного оснащення і нестандартного устаткування, максимально повного використання діючого устаткування і виробничих площ, матеріальних ресурсів, забезпечення найбільш раціональних вантажопотоків.

Рівень технічного розвитку і організації виробництва обумовлює ефективність виробничої діяльності підприємства, об'єднання. Підвищення основних техніко-економічних показників діяльності підприємства безпосередньо залежить від підвищення рівня його технічного розвитку.

Технологічна підготовка ведеться на основі регламентації стандартів «Єдина система технологічної підготовки виробництва» (ЄСТПВ), що передбачають єдині взаємозалежні правила при розробці технологічних процесів і оснащення, вимоги до норм витрат праці, матеріалів, завантаженню устаткування і т.п. на всіх рівнях керування народним господарством, у тому числі і на підприємствах.

Роботи по технологічній підготовці в залежності від особливостей виробництва, ступеня складності конструкції виробу і технології її виготовлення можуть виконуватися централізовано, децентралізовано, а також по змішаній системі. При централізованій системі, що характерна для масового і крупносерійного виробництва, усі роботи ведуться у відділі головного технолога підприємства. В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва застосовується децентралізована система, при якій технологічну підготовку виробництва веде технологічне бюро виробничого цеху, а відділ головного технолога здійснює методичне керівництво виконанням цих робіт. Змішана

система передбачає розробку технології на предмети праці по освоєних процесах у виробничих цехах, а по нових процесах і їхньому впровадженні - відділі головного технолога.

Обсяг і зміст робіт з технологічної підготовки виробництва істотно залежать від типу виробництва виготовленого виробу і ступеня його складності. Так, якщо в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва обсяг робіт і витрати на технологічну підготовку виробництва складають до 25 % від усієї технічної підготовки виробництва, то в серійному виробництві — до 50, а в крупносерійному і масовому — до 75 %.

В умовах реконструкції і технічного переозброєння підприємства в результаті технологічної підготовки переглядається діюча технологія і впроваджується нова.

Найбільш детально технологічна підготовка виробництва ведеться в умовах масового і крупносерійного виробництва, а також при виготовленні в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва особливо складних виробів.

В найбільш загальному виді технологічна підготовка включає наступні стадії:

- технологічний контроль конструкторських креслень, метою якого є забезпечення технологічності конструкції;
- розробка міжцехового маршруту руху деталей, розробка детальних технологічних процесів, матеріальних і трудових нормативів;
- розробка спеціального технологічного оснащення, нестандартних засобів механізації й автоматизації виробництва і їхнє виготовлення;
- вивірка і налагодження розроблених процесів;
- роботи з подальшого удосконалювання освоєних технологічних процесів і оснащення.

Розробка міжцехових маршрутів здійснюється на основі конструкторської документації. Визначається кількість напівфабрикатів і комплектуючих виробів, виходячи з економічної доцільності і можливостей підприємства. На деталі і вузли власного виробництва розробляється маршрутна технологія, що визначає, виходячи з виробничої структури підприємства і виробничої потужності цехів, перелік і послідовність технологічних операцій, тип устаткування і просторову

схему руху деталей і вузлів по цехах. При цьому важливо обмежити доцільним мінімумом розмаїтість маршрутів і цехів, що істотно спрощує міжцехове кооперування, оперативне планування й облік виробництва. Під час розробки маршрутної технології особлива увага звертається на забезпечення спеціалізації цехів і прямоточність виробництва.

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва цим і обмежується розробка технологічного процесу, встановлюються укрупнені норми витрат праці і витрати матеріалів. Користаючись даними маршрутної технології, відділ постачання починає роботи з забезпечення цехів сировиною, матеріалами, покупними напівфабрикатами і готовими виробами. На основі цього документа визначається виробнича програма цехів і ділянок.

Розробка детального технологічного процесу передбачає докладний опис кожної операції з вказівкою режимів обробки. На цій стадії здійснюється вибір стандартного інструмента й оснащення, формулюється завдання на розробку спеціального оснащення, встановлюється розряд роботи, уточнюється норма часу і витрати матеріалів.

З огляду на те, що крім технологічних операцій процес виробництва містить у собі велику кількість різноманітних і достатньо трудомістких допоміжних операцій, не можна технологічну підготовку виробництва обмежувати лише регламентацією технологічних операцій. Досвід показує, що таке обмеження приводить до того, що технологічний і організаційний рівень допоміжних робіт низький, а це веде до втрат часу, зростання тривалості виробничого циклу і незавершеного виробництва, що в кінцевому рахунку істотно погіршує економічні показники роботи. У зв'язку з цим заслуговує широкого поширення розробка комплексної технології, що регламентує технологію всього процесу виробництва, включаючи контрольні, вантажнорозвантажувальні, транспортні, складські й інші операції.

Розробка спеціального технологічного оснащення — інструментів, штампів, пресформ і т.п., спеціальних засобів механізації й автоматизації виробничих процесів для серійного і масового виробництва ведеться в три черги. У першу чергу розробляється оснащення, без якого економічно чи недоцільно технічно

неможливе виготовлення долідного зразка, у другу - оснащення для виготовлення установочної серії і в третю - для виробництва виробів у плановому обсязі. Така черговість доцільна в зв'язку з тим, що обсяг робіт з розробки і виготовлення технологічного оснащення дуже значний і складає для складних виробів 65—75 % від всього обсягу технологічної підготовки виробництва. У цих умовах розробка і виготовлення оснащення по “чергах” значно прискорюють підготовку виробництва.

Розроблювальний технологічний процес записується в уніфіковані технологічні карти, що є основою для складання цілого ряду документів, використовуваних для розробки калькуляцій, у плануванні, обліку і контролі ходу виробництва. Так, наприклад, складаються матеріальні специфікації, що визначають сировину і матеріали, необхідні для виготовлення деталей із вказівкою їхніх марок, сорту, розмірів і необхідної кількості, відомість необхідних інструментів і іншого оснащення. На основі цих документів відповідні служби підприємства ведуть матеріальну й інструментальну підготовку виробництва, здійснюють контроль і облік витрат.

Вивірка, налагодження і впровадження технології деякою мірою проводяться в процесі експериментальної перевірки долідного зразка. Тут перевіряються технологічність конструкції, спеціальне технологічне оснащення, без якого не можна чи економічно недоцільно виготовляти долідний зразок. Подальша вивірка технології проводиться у виробничих цехах при виготовленні встановленої серії, перевіряється і, якщо це необхідно, коректується технологічний процес і технологічне оснащення, перевіряються і коректуються норми часу, норми витрат сировини, матеріалів і ін. Після внесення необхідних змін технологічний процес затверджується і набуває чинності закону для всіх працівників підприємства.

Затверджений технологічний процес — це закон виробництва, відхилення від якого, як правило, приводить до зниження продуктивності праці, додаткових витратах, а нерідко і до браку. В зв'язку з цим контроль за дотриманням технологічної дисципліни є необхідною умовою забезпечення високої якості продукції й ефективності виробництва. Це не означає, що розроблена технологія не може і не повинна вдосконалюватися. Навпаки, в міру технічного прогресу,

запозичення передового досвіду необхідно вдосконалювати раніше освоєну технологію, але робити це потрібно у встановленому порядку, що регламентує зміну діючих технологічних процесів.

Досягнення високої ефективності виробництва, яка залежить від рівня організації технічної підготовки виробництва, засноване на концентрації трудових, матеріальних і фінансових ресурсів на найважливіших напрямках інтенсифікації виробництва, підвищенні якості продукції, досягненні значної економії матеріальних і трудових витрат, покращенні використання виробничих потужностей.

Під рівнем технічного розвитку виробництва розуміють: освоєння нових видів і підвищення якості виготовлюваної продукції; впровадження прогресивної технології, механізації і автоматизації виробництва; впровадження наукової організації праці; вдосконалення організації виробництва, планування і управління.

При аналізі рівня технічного розвитку і організації виробництва найбільше уваги має приділятися оцінці ефективності підвищення якості і освоєння нових видів продукції, впровадженню досконалих технологій, покращенню організації виробництва і праці. В даному випадку для оцінки покращення організації технічної підготовки виробництва головок динамічних слід враховувати:

- рівень прогресивної технології, автоматизації виробничих процесів;
- рівень наукової організації праці;
- рівень управління, планування і організації проведення робіт.

Показник, що характеризує техніко-економічний рівень виробництва, є випуск продукції з допомогою найбільш прогресивної технології (в даному випадку полегшено людську працю через впровадження у вимірювальноінформаційну систему ЕОМ для контролю проведення вимірювань, обробки результатів, тобто після виготовлення автоматизовано весь дослідницький процес). Також для характеристики покращення організації технічної підготовки виробництва використовується показник “вікового” складу обладнання, тобто технічний рівень змінюється під впливом модернізації, заміни морально застарілого обладнання (в даному випадку заміна самописця на ЕОМ).

Узагальнюючим показником служить фактичний річний економічний ефект від застосування нових технологічних процесів, механізації та автоматизації виробництва і праці.

В сучасних умовах науковою рахується така організація праці і виробництва, яка заснована на досягненнях науки і передовому досвіді, дозволяє найкращим чином у виробничому процесі поєднувати зусилля людей і технічні можливості підприємства і забезпечує найбільш ефективне використання техніки, матеріальних і трудових ресурсів.

Оцінка рівня управління, планування і організації виробництва необхідна для встановлення раціональності систем, форм, методів і структур управління, які забезпечують більш повне використання виробничих ресурсів, скорочення числа управлінського апарату, його здешевлення і ліквідацію невиробничих витрат.

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці. Головними об'єктами її дослідження є людина в процесі праці, виробниче середовище, організація праці та виробництва. На підставі цих досліджень розробляються заходи щодо підвищення рівня охорони праці на виробництві.

Функціонування підприємств в умовах ринкових відносин означає, що нещасні випадки і захворювання на виробництві викликають суттєві економічні втрати не тільки держави, а й конкретного підприємства, вони впливають на рентабельність та конкурентоздатність підприємств, на прибутки трудового колективу. Незадовільні умови праці негативно відбиваються на продуктивності праці, якості і собівартості продукції. Тому всебічна турбота про охорону праці, проведення активної соціальної політики, впровадження більш дієвих заходів щодо підвищення рівня безпеки виробництва стає важливою проблемою для власників і керівників підприємств, державних та профспілкових органів.

7.1 Розрахунок природного освітлення для цеху, дільниці, що проектується.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та незаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне освітлення має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

По конструктивних особливостях природне освітлення поділяється на:

- бокове, яке здійснюється через світлові пройоми (вікна в зовнішніх стінах);
- верхнє освітлення, яке здійснюється через світлові пройоми в покритті, а

також через світлові пройоми в місцях перепаду висоти суміжних будівель;

– комбіноване освітлення – це сукупність верхнього і бокового природного освітлення.

Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природного освітлення (КПО). Основним завданням світлотехнічного розрахунку для природного освітлення є визначення необхідної площі світлових проємів

(вікон, ліхтарів).

В даному випадку використовується бокове освітлення. Попередній розрахунок площі вікон при боковому освітленні проводиться за допомогою наступного співвідношення згідно СНиП II-4-9 [20]:

$$100 \cdot (S_0/S_n) = (e_n \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}) / (\tau_0 \cdot r_1),$$

де $S_0 = 5 \text{ м}^2$ – площа світлових проємів при боковому освітленні (вікон); $S_n = 250 \text{ м}^2$ – площа підлоги приміщення; $e_n = 1.5$ – нормоване значення КПО; [20, табл. 1, с.5]

$K_3 = 1.2$ – коефіцієнт запасу; [20, табл. 3, с.16]

$\eta_0 = 15$ – світлова характеристика вікна; [20, табл.26, с.34]

$K_{зд} = 1.7$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон будівлями, які стоять навпроти; [20, табл.27, с.34] τ_0 загальний коефіцієнт світлопропускання, який визначають з формули

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5;$$

де $\tau_1 = 0.8$ – коефіцієнт світло пропускання матеріалу; [20,табл. 28, с.34] $\tau_2 = 0.65$ – коефіцієнт, який враховує втрати світла в переплетеннях світлових проємів; [20, табл. 28, с.34]

$\tau_3 = 1$ – коефіцієнт, який враховує втрати світла в несучих конструкціях; [20,табл. 28, с.34] $\tau_4 = 1$ - коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

[20, табл.29, с.35]

$\tau_5 = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями; $r_1 = 1.15$ – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО при боковому освітленні від світла, яке відбите від поверхонь приміщення і прилягаючого шару, який прилягає до будівлі; [20, табл. 28, с.36]

Отже, знаходимо

$$100(S_0/250)=(1.5*1.2*15*1.7)/(0.8*0.65*1*1*1.15)$$

$$S_0 = 120\text{м}^2$$

По конструктивним даним приймаємо світлові пройоми розміром 3*2,5м загальній кількості 16 штук, які забезпечують нормоване освітлення на робочому місці

7.2 Правила безпеки при експлуатації обладнання

Обладнання може обслуговувати особа, яка має кваліфікацію оператора і ознайомлення з інструкцією по експлуатації.

Обладнання не потребує постійного нагляду обслуговуючого персоналу.

Вимоги безпеки при роботі обладнання наступні:

- Не можна приводити в рух поламане обладнання.
- Усунення неполадок дозволяється тільки персоналом служби головного механіка.
- Не дозволяється робота обладнання в випадку відсутності захисних огорожень .

При виявленні неполадки роботи обладнання слід заявити про ремонтній службі з метою усунення.

Обладнання перед передачею в експлуатацію слід:

- заявити в Інспекцію Технічного нагляду;
- перевірити стан ізоляції і заземлення електропроводки.

Експлуатація установки недопускається:

- після закінчення терміну чергового огляду, якщо немає дозволу на експлуатацію;
- при відсутності в паспорті установки дозволу на експлуатацію; – при виявленні неповної кількості кріпильних деталей.

Про заборону експлуатації установки повинен бути зроблений запис у паспорті установки з наведенням причини та повідомлено власника підприємства.

Для реєстрації та дозволу на пуск установки в експлуатацію особі , яка

здійснює нагляд за установками , повинні бути подані:

– установки (за відсутності паспорта заводу – виготовляча власником установки повинно бути складено паспорт встановленої форми);

– акт, який засвідчує, що монтаж (встановлення) виконати у відповідності з проектом і всі елементи установки встановлено правильно; – схема включення.

Після реєстрації паспорт установки зі всіма вказаними вище документами повертається власнику установки.

Виконання правил безпеки експлуатації забезпечить зменшення травматизму на підприємстві

Організаційні заходи щодо забезпечення безпеки проведення робіт в електроустановках є наступні:

– оформлення робіт нарядом чи розпорядженням;

– оформлення в наряді допуску до роботи;

– нагляд під час роботи;

– оформлення в наряді терміну закінчення роботи; – закриття наряду.

Технічними заходами щодо забезпечення безпеки робіт є:

– відключення ремонтovanого електроустаткування і вживання заходів проти помилкового його включення;

– установка тимчасових огорожень струмоведучих частин і вивішування плакатів, що забороняють, “Не включати - працюють люди” чи “Не включати - роботи на лінії”;

– приєднання переносного заземлення до заземлювальної шини стаціонарного пристрою, що заземлює, і перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах, що для безпеки провадження робіт підлягають замиканню на коротко і заземленню;

– накладення переносних заземлень на відключені струмоведучі частини електропривода відразу після перевірки відсутності чи напруги включення спеціальних роз'єднувачів, що заземлюють;

огороження робочого місця і вивішування на огороженні дозволяючі написи, - “Працювати тут”.

Ці технічні заходи виконує допущений до роботи з числа оперативного

ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III рівня дозволу, і віддає розпорядження на провадження робіт.

Право видачі нарядів і розпоряджень на провадження робіт з електроустановками представляється лицем електротехнічного персоналу вальцетокарної майстерні (начальник майстерні, майстер дільниці), уповноважені на це спеціальними розпорядженнями головного енергетика комбінату. Ці особи повинні мати кваліфікаційну групу не нижче IV.

Запобігання аварій і забезпечення термінового усунення несправностей виконуються оперативно-ремонтним персоналом без нарядів.

Безпека роботи в електроустановках забезпечується застосуванням електротехнічних засобів захисту.

При роботі з електричними мережами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби:

- діелектричні рукавички;
- вимірювальні оперативні штанги;
- електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги;
- слюсарно - монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять калоші, гумові коврики, ізолюючі підставки.

Всі електротехнічні захисні засоби періодично проходять перевірку і на них указується термін безпечного застосування.

7.3 Розрахунок заземлюючого пристрою

Захисне заземлення – це вимушене електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом металічних не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок переходу на них напруги з струмоведучих частин з метою забезпечення електробезпеки.

Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювача (металічного провідника або групи провідників, з'єднаних між собою металічно, що знаходяться в безпосередньому з'єднанні з землею) та заземлюючих провідників,

що з'єднують заземлювальні частини електроустановки з заземлювачем.

Принципова схема захисного заземлення представлена на рис.7.2

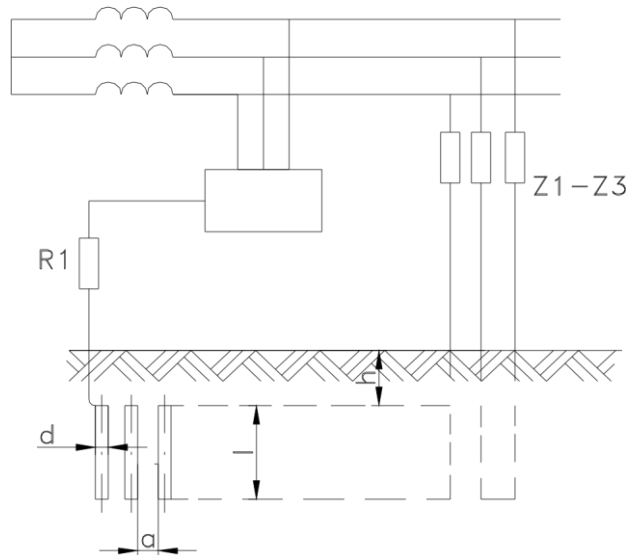


Рис.7.2 Принципова схема захисного заземлення.

Допустимий опір заземлюючого пристрою при напрузі до 1000В в загальному випадку $R=4$ Ом (стор.75 [23]).

В якості штучного заземлювача вибираємо заземлювач типу стержневий круглого перерізу в ґрунті (стор.23 [24]).

Загальний вигляд такого заземлювача представлений на рис.7.3

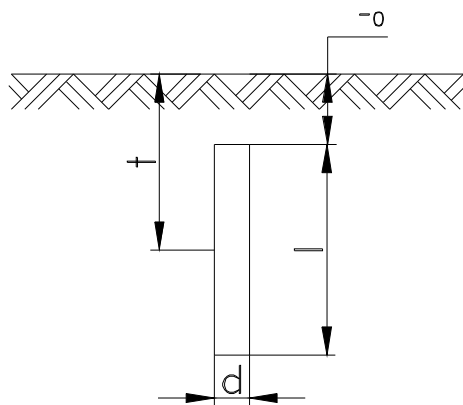


Рис.7.3 Заземлювач стержневий круглого перерізу в ґрунті.

Приймаємо $l=3$ м, $d=0,04$ м.

Питомий опір землі для глинозему становить 25 Ом \cdot м (стор.78, [23]).

Розрахуємо відстань від поверхні землі до середини заземлювача:

$$t = t_0 + \frac{l}{2} \quad (7.4).$$

Приймаємо $t_0=1,0i$,

$$t = 1,0 + \frac{3}{2} = 2,5 i.$$

Визначаємо опір струму розтікання з одного заземлювача:

$$R_{z1} = \frac{r}{2pl} \left[2l + 1 \ln 4t + l \right] \quad (7.5),$$

$$R = \frac{r}{2pl} \ln \frac{2l + 1 \ln 4t + l}{d}$$

де r - опір землі.

$$R_{z1} = \frac{25}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \ln \frac{2 \cdot 3 + 1 \ln 4 \cdot 2,5 + 3}{0,04} = 7,06 \text{ Ом.}$$

Для з'єднання вертикальних електродів використовуємо горизонтальні електроди. Діаметр горизонтального електрода $d=0,04$ м. Відстань між вертикальними електродами становить 3 м.

Визначимо довжину горизонтального електрода при розміщенні заземлення по контуру:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n \quad (7.6),$$

де a - відстань між вертикальними електродами; n - необхідна кількість паралельно з'єднаних заземлень.

$n = R_{z1} \cdot h_{sez} / R_{zn} \cdot h_g$ (9.7), де R_{zn} - допустимий опір заземлюючого пристрою;

h_{sez} - коефіцієнт сезонності; $h_{sez} = 1,3$ (табл. 23, стор.38 [24]);

h_g - коефіцієнт використання заземлень, враховуючи їх взаємне розташування.

$$h_g = 0,40 \text{ (стор.79, [23])}. \quad n = 7,06 \cdot 1,3 / 4 \cdot 0,40 = 5,74.$$

Приймаємо кількість заземлювачів $n = 6$.

$$L = 1,05 \cdot 3 \cdot 6 = 18,9 \text{ м.}$$

Опір розтікання струму горизонтальних електродів для заземлення круглого

$$R_T = \frac{rL^2}{2pl \cdot t_0 \cdot d} \quad (7.8),$$

$$R_T = \frac{25}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \frac{18,9^2}{1,0 \cdot 0,04} = 12,07 \text{ Ом.}$$

Еквівалентний опір штучних заземлювачів:

$$R_H = \frac{R_{z1} \cdot R_T}{R_{z1} + R_T} \quad (7.9),$$

$$R_{з1} \cdot h_T + RT \cdot n \cdot h_v$$

де h_T - коефіцієнт використання горизонтального електрода з врахуванням вертикальних електродів.

$h_T = 0,5$ (стор. 79, [23]).

$$R_f = \frac{7,06 \cdot 12,07}{7,06 \cdot 0,5 + 12,07 \cdot 6 \cdot 0,40} = 2,62 \text{ Ом, що відповідає ПУЄ.}$$

Висновки:

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпек розробленої конструкції, а також проведені розрахунки природнього освітлення та заземлюючого пристрою.

Проведені заходи по покращенню охорони праці забезпечують надійне функціонування розробленої конструкції протягом тривалого часу роботи та сприяють створенню безпечних умов роботи персоналу. Чітке дотримання описаних заходів охорони праці забезпечує низький рівень травматизму при роботі з обладнанням і дозволяє уникнути нещасних випадків на виробництві.

Для безпечної експлуатації установок слід дотримуватись розроблених заходів п.9.2 та реалізувати захисне заземлення розраховане в п.7.3

8 Екологія

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища являє собою систему природничих, виробничо-технічних, економічних та адміністративно-правових заходів, здійснюваних в країні та направлених на збереження і контрольовану зміну навколишнього середовища в інтересах суспільства, що розвивається, забезпечення раціонального використання природних ресурсів.

Згідно “Закону про охорону навколишнього середовища” та “Закону про екологічну експертизу” кожен проект, що розробляється, потрібно проаналізувати з точки зору його негативного впливу на довкілля та здоров'я людини і відшукати шляхи зменшення цього впливу.

Згідно Закону України про охорону навколишнього середовища від 25.06.1991 року при відповідному міністерстві створена інспекція по екологічній експертизі проектів, яка здійснює державну експертизу всіх проектів, в тому числі нової техніки, технології, матеріалів. Для цього кожний проект повинен мати розділ “Охорона навколишнього середовища”, в якому основним питанням є розробка заходів по ресурсозберіганню та енергозберіганню, а також створенню маловідходних та безвідходних технологій.

У наш час захист навколишнього середовища висувається на перший план. Наслідки недостатньої уваги до проблеми можуть бути і вже є катастрофічними. Тепер мова йде не тільки про благополуччя людства, а про його виживання. Особливо тривожить те, що деградація природного середовища може виявитися необоротною.

Значної шкоди здоров'ю людини завдає забруднення вод. Деградація сільськогосподарських угідь привела до посухи й ерозії ґрунтів у багатьох районах. Дедалі більш відчутний збиток здоров'ю людей завдає також і забруднення повітря. Масове знищення лісів негативно позначається на кліматі і зменшує біорізноманітність та генофонд. Серйозною загрозою є виснаження озонового шару, що захищає від шкідливих випромінювань Сонця. До катастрофічних змін у кліматі Землі веде “парниковий ефект”, тобто глобальне

потепління в результаті зростаючих викидів вуглекислого газу в атмосферу. Нераціональне використання мінеральних і живих ресурсів веде до їх виснаження, що знов-таки ставить проблему виживання людства.

Розвиток сучасного виробництва, і насамперед промисловості, базується в значній мірі на використанні викопної сировини. Серед окремих видів викопних ресурсів на одне з перших місць за народногосподарським значенням варто поставити джерела палива й електроенергії.

Прагнення збільшити видобуток природних ресурсів і підсилити їхню експлуатацію може тільки прискорити процеси екологічної деградації. Потрібні принципово інші підходи. Нерозвиненість обробної і переробної промисловості, інфраструктури, сфери розподілу приводять до колосальних втрат природних ресурсів і сировини. Значна частина природних ресурсів використовується нераціонально.

В таблиці 8.1 наведено дані про витрати електроенергії на одиницю продукції в Україні та найбільш розвинених країнах світу.

Таблиця 8.1 – Витрати електроенергії на одиницю ВВП.

Країна	Витрати електроенергії
Японія	100
Німеччина	100
США	168
Угорщина	200
Україна	324

Тому на даний час широким фронтом ведуться дослідження з установаження меж припустимих навантажень на природне середовище і розробці комплексних шляхів подолання виникаючих об'єктивних лімітів у природокористуванні.

8.2 Правові екологічні норми і закони

Основою регулювання екологічних відносин в нашій державі є статті 50 і 66 Конституції України.

Стаття 50. Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди.

Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена.

Стаття 66. Кожен зобов'язаний не заподіювати шкоду природі, культурній спадщині, відшкодувати завдані ним збитки.

Безпечним для життя і здоров'я людей вважається такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки і виникнення небезпеки для життєдіяльності населення.

Критерії безпечного стану навколишнього середовища визначаються екологічними стандартами і нормативами, а також технічними, санітарногігієнічними, будівельними й іншими нормами і правилами, що містять вимоги щодо охорони природного середовища.

Широкі повноваження в сфері охорони навколишнього середовища надані громадянам. Вони в порядку, що визначений законодавством, мають право брати участь в обговоренні матеріалів щодо розміщення, будівництва і реконструкції екологічно небезпечних об'єктів, а також вносити пропозиції в державні і господарські органи з цих питань. Громадяни мають право брати участь у проведенні суспільної екологічної експертизи, вносити пропозиції про організацію територій і об'єктів природо-заповідного фонду, виконувати функції суспільних інспекторів по охороні навколишньої природного середовища і т.д. Згідно статті 26, проведення екологічної експертизи є обов'язковим у процесі законотворчої, інвестиційної, управлінської, господарської та іншої діяльності, що впливає на стан навколишнього природного середовища.

В Україні здійснюються державна, громадська та інші види екологічної експертизи. Порядок проведення екологічної експертизи визначається законодавством України.

Конституційне закріплення одержали дві найважливіші складові екологічних прав громадян (стаття 9): право на відшкодування збитку, заподіяного погіршенням стану навколишнього середовища, і право на одержання і

використання екологічної інформації.

Обов'язок, що покладений на кожного члена суспільства статтею 66 Конституції, урегульований чинним законодавством. Так, Закон України «Про охорону навколишньої природного середовища», зобов'язує громадян раціонально використовувати природні ресурси, уживати заходів для попередження їх псування, забруднення, або виснаження. Нижче наведено декілька статей цього закону, які встановлюють вимоги до підприємств та відповідальність за нанесену ними шкоду навколишньому середовищу.

Стаття 51. Екологічні вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації підприємств, споруд та інших об'єктів

При проектуванні, розміщенні, будівництві, введенні в дію нових, реконструкції діючих підприємств, споруд та інших об'єктів, удосконалення існуючих і впровадженні нових технологічних процесів та устаткування, а також в процесі експлуатації цих об'єктів забезпечується екологічна безпека людей, раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище. При цьому повинні передбачатися вловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повна їх ліквідація, виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища і здоров'я людей.

Підприємства, установи й організації, діяльність яких пов'язана з шкідливим впливом на навколишнє природне середовище, незалежно від часу введення їх у дію повинні бути обладнані спорудами, устаткуванням і пристроями для очищення викидів і скидів або їх знешкодження, зменшення впливу шкідливих факторів, а також приладами контролю за кількістю і складом забруднюючих речовин та за характеристиками шкідливих факторів.

Проекти господарської та іншої діяльності повинні мати матеріали оцінки її впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людей.

Оцінка здійснюється з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємності даної території, стану навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення

об'єктів, екологічних прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

Підприємства, установи та організації, які розміщують, проектують, будують, реконструюють, технічно переозброюють, вводять в дію підприємства, споруди та інші об'єкти, а також проводять дослідну діяльність, що за їх оцінкою може негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища, подають Міністерству екології та природних ресурсів України та його органам на місцях спеціальну заяву про це.

Забороняється введення в дію підприємств, споруд та інших об'єктів, на яких не забезпечено в повному обсязі додержання всіх екологічних вимог і виконання заходів, передбачених у проектах на будівництво та реконструкцію (розширення та технічне переоснащення).

Стаття 44. Плата за забруднення навколишнього природного середовища.

Плата за забруднення навколишнього природного середовища встановлюється на основі лімітів викидів і скидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище і розміщення відходів.

Ліміти викидів і скидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище, розміщення відходів промислового, сільськогосподарського, будівельного й іншого виробництва та інші види шкідливого впливу в цілому по території Автономної Республіки Крим, областей, міст загальнодержавного значення або окремих регіонів встановлюються:

а) у випадках, коли це призводить до забруднення природних ресурсів загальнодержавного значення, територій інших областей, - Міністерством охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України;

б) в інших випадках - в порядку, що встановлюється Верховною Радою Автономної Республіки Крим, обласними, міськими (міст загальнодержавного значення) радами, за поданням органів Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України.

Порядок встановлення нормативів плати і стягнення платежів за забруднення

навколишнього природного середовища визначається Кабінетом Міністрів України.

Платежі підприємств, установ, організацій, а також громадян за викиди і скиди забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище, розміщення відходів та інші види шкідливого впливу в межах ліміту відносяться на витрати виробництва, а за перевищення лімітів стягуються з прибутку, що залишається в розпорядженні підприємств, установ, організацій чи громадян.

Порядок встановлення обмежень розмірів платежів за забруднення навколишнього природного середовища визначається Кабінетом Міністрів України.

Стаття 46. Плата за погіршення якості природних ресурсів.

Плата за погіршення якості природних ресурсів (зниження родючості ґрунтів, продуктивності лісів, рибопродуктивності водойм тощо) в результаті володіння і користування встановлюється на основі нормативів.

Порядок встановлення нормативів плати за погіршення якості природних ресурсів визначається Кабінетом Міністрів України.

Платежі підприємств, установ, організацій, а також громадян за погіршення якості природних ресурсів внаслідок володіння і користування ними здійснюється за рахунок прибутку, що залишається у їх розпорядженні.

8.3 Шкідливий вплив від технологічного процесу, що використовується

Радіоелектронне приладобудування, як і всі інші галузі машинобудування є досить енергомістким. Значна кількість енергії витрачається на формування та лудження виводів елементів, а також їх пайку. Відходами технологічного процесу при виготовленні електронної апаратури є залишки склотекстоліту, покритого мідною фольгою, надлишок флюсів та припою, що залишаються після проведення пайки.

Досить шкідливими є випари припою. Припой ПОС-61, що використовується при лудженні та монтажі елементів, представляє собою сплав олова та свинцю. Відомо, що по ступені впливу на живі організми свинець віднесений до класу

високо небезпечних речовин поряд з миш`яком, кадмієм, ртуттю, селеном, цинком і фтором (згідно стандарту ГОСТ 17.4.1.02-83). Небезпека свинцю для людини визначається його значною токсичністю і здатністю накопичуватися в організмі. В організм людини велика частина свинцю надходить із продуктами харчування (від 40 до 70% у різних країнах і по різних вікових групах), а також з питною водою, чи атмосферним повітрям.

В навколишнє середовище свинець і олово потрапляють не лише в вигляді випаровувань, а й через каналізацію з водою, яка використовується для промивання плат.

Крім свинцю, разом з використаною водою в навколишнє середовище потрапляють і розчини кислот, що використовуються для травлення плат, флюсів (використовуються при монтажі елементів) та спиртів

(використовуються для знежирення плат та зняття залишків флюсу).

8.4 Заходи з охорони довкілля

На даний час бурхливо розвивається екологізація різних дисциплін. Під терміном “екологізація” розуміється процес неухильного і послідовного впровадження систем технологічних, управлінських і інших рішень, що дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів поряд з поліпшенням, чи хоча б збереженням якості природного середовища.

Існує також поняття екологізації технологій виробництва, суть якого полягає в застосуванні заходів щодо запобігання негативного впливу на природне середовище. Здійснення екологізації технологій виробляється розробкою маловідходних технологій чи технологічних процесів, що дають на виході мінімум шкідливих викидів.

При розробці даного приладу використано сучасну технологію поверхневого монтажу, яка виключає потребу лудження виводів елементів. Монтаж елементів здійснюється в спеціальних електричних термопечах з використанням припойної пасти. Таке рішення дало можливість значно зменшити витрати електроенергії та викиди в атмосферу парів припою.

В пристрої використано мікросхеми з високим ступенем інтеграції, що в свою чергу дало можливість зменшити до мінімуму кількість дискретних елементів, а отже і місць пайки. Таким чином використання припою також значно зменшене.

При проектуванні блоків приладу, вибрано просту форму плат, що дозволило оптимально використати лист склотекстоліту. Корпусні деталі приладу виготовлятимуться з полістиролу з використанням високопродуктивної та низьковідходної технології лиття під тиском. Крім того, після завершення терміну експлуатації корпус може бути переплавленим і використаним повторно. Таким чином, завдяки використанню сучасних технологій виготовлення радіоелектронної апаратури, зменшено до мінімуму кількість відходів та шкідливих викидів.

8.4.1 Заходи по забезпеченню безпеки при виготовленні друкованих плат

При виготовленні багатошарових друкованих плат (БДП) проводиться механічна обробка шарових пластиків (різка, пробивка отворів).

Промивка плат проводиться в ізопропиловому спирті і ацетоні. При використанні спирту і ацетону необхідно враховувати, що ці речовини є пожежонебезпечними і шкідливими для здоров'я.

Хімічна очистка плат проводиться розтворами фосфатів (тринатрійфосфат), натрієвої води і ін. При постійній роботі з розтворами часті різні хронічні ураження шкіри. Досить шкідливо попадання навіть самих малих кількостей NaOH очі.

В процесі хімічного міднення застосовуються шкідливі речовини: сірчана, соляна, азотна кислоти, хлорна мідь, хлористий Палладій, гідроокису натрію, сегнетова сіль, трихлоретилен. Тому необхідно дотримуватись вимог правил безпеки.

Для травлення міді з пробільних ділянок плат використовується ряд травників: хлорне залізо, персульфат амонію, хлорна мідь, сплав "Розе", хромовий ангідрид з сірчаної кислоти і ряд інших є токсичними речовинами.

До роботи з цими травниками допускаються особи, які навчені безпечним

прийомам роботи і які пройшли інструктаж на робочих місцях по роботі з шкідливими і отруйними речовинами. В випадку попадання травлень на шкіру або слизову оболонку очей необхідно негайно промити їх проточною водою або 0,5-1,0 %- ним розчином квасків або оливковим маслом, а потім звернутися в медпункт.

8.4.2 Склеювання деталей і вузлів.

Підготовку поверхні елементів до склеювання проводять з допомогою механічної (гідропіскоструйне очищення, шліфування) або хімічної (травлення, обезжирювання) обробки.

Найбільш часто при склеюванні деталей використовують клеї на основі фенол формальдегідних, кремнійорганічних, і епоксидних смол.

Фенолформальдегідні смоляні клеї вогненебезпечні, виділяють пари фенолу, формальдегіда, розчинників, порохи також токсичні (містять фенол); при роботі з клеєм можливе захворювання шкіри рук, подразнення дихальних шляхів і ін. Гранично допустима концентрація фенолу – $0,3 \text{ мг/м}^3$, формальдегіду - $0,5 \text{ мг/м}^3$. До цієї групи можна віднести клей 88; 88-Н; ВІАМ-

Б-3 і ін.

Кремнійорганічний клей являє собою розчин кремнійорганічних смол в органічних розчинниках таких як толуол, що є токсичний, діє на кров, кровотворну систему і центральну нервову систему. До цієї групи клеїв відноситься клей КТ-17.

Епоксидні клеї є токсичні.

Шкідливими є клеї БФ, БФ-2, БФ-4, що складаються із спиртового розчину фенольних і полі вінілових смол; термопреновий клей, що являє собою натуральний каучук, який розчинений в бензині; перхлорвініловий – розчин перхлорвінілової смоли в дихлоретані і багато інших.

Для усунення шкідливих виділень при роботі з клеями використовується місцева витяжна вентиляція на робочому місці. До індивідуальних засобів захисту відносяться: захисні окуляри, спецодяг, резинові або біологічні рукавиці, миючі засоби і інш. Необхідно чітко виконувати особисту гігієну.

8.4.3 Паяння деталей і вузлів.

Паяння – нероз’ємне з’єднання деталей з допомогою припою. Найбільш часто використовувані припої – олов’яно-свинцеві (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) і ПОСК-50, що містить 32% свинцю.

Процес паяння супроводжується забрудненням повітряного середовища, робочих поверхонь, одягу і шкіри рук працюючих зі свинцем, це може призвести до свинцевого отруєння організму і визвати зміни в крові, нервової системи і судин.

В приміщеннях, де проводиться паяння припоєм, що містить свинець для запобігання попадання свинцю в організм не дозволяється зберігати особисті речі, приймати їжу і курити, а також прати робочий одяг вдома. Робоче місце паяння обладнується місцевою вентиляцією, що забезпечує концентрацію свинцю в робочій зоні не більше гранично допустимої –

0,01 мг/м³.

Для запобігання опіків і забруднення свинцем шкіри рук працюючих повинні бути видані салфетки для видалення лишнього припою з жала паяльника, а також пінцети для підтримання проводу для припою і для подачі припою до місця паяння, якщо відсутня автоматична подача.

При монтажних роботах, що зв’язані з небезпекою забруднення чи опіку очей, передбачена видача працюючим захисних окулярів.

Для захисту від окислення місць пайки застосовують флюси: каніфольно спиртової при паянні припоями ПОС-40, ПОС-61 і ПОСК-50, хлористий цинк при паянні і лудженні припоями ПОС-18 і ПОС-30. каніфоль подразнює шкіру, може викликати висипку, пропалювати шкіру і слизові оболонки.

Найбільш ефективними засобами, що попереджують професійні захворювання при паянні є механізація і автоматизація паяльних робіт, впровадження нових технологічних процесів, лудження методом занурення, вибіркоче паяння і паяння хвилею припою (з застосуванням друкованого монтажу), що дозволяє повністю виключити дотикання шкіри працюючих зі свинцем і флюсом.

Необхідно відмітити, що при об'ємному монтажі все частіше застосовують метод намотування проводу на вивід з гострими кромками без наступної пайки. Закрутка проводиться спеціальним пістолетом, що створює десятикратну надійність з'єднання, і продуктивність такого монтажу в два з половиною рази вища, ніж при паянні. Цей метод виключає шкідливі для здоров'я випари свинцю, припою, флюсу і розчинників при промивці місця паяння.

Значне число паяльних робіт виконується вручну – паяльником, і для попередження професійних захворювань необхідно після закінчення роботи сполоскати руки однопроцентним розчином оцтової кислоти, мити їх гарячою водою з водою, прополоскати рот, чистити зуби і приймати теплий душ.

Висновок

Для зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище при виробництві модуля ЕКМ необхідно провести заходи щодо знищення цього впливу.

Використання сучасної елементної бази при виробництві даного електронного апарата дозволило скоротити кількість дискретних елементів, для виробництва яких необхідно задіяти різні типи виробництв, які можуть виявитись шкідливими для навколишнього середовища. Зменшення кількості матеріалів, які необхідні при виробництві, дозволило не тільки зменшити собівартість, але й величину відходів при виробництві. При виробництві даного апарата не використовується обладнання, яке виділяє в навколишнє середовище токсичні речовини, оксиду вуглецю. Кількість місць пайки зменшена, що дозволяє підвищити економію електроенергії.

Перелік матеріалів та їх відходи подані в таблиці.

Таблиця 8.2 Норми матеріалів і їх відходи при виробництві приладу

Найменування матеріалу.	Норма витрат, кг.	Величина відходів, %.
Текстоліт СФ-2-50-2 ГОСТ 10.316-78	0,13	1

77	Сплав 40К27ХМНсТаЕ14-1-1943-	0,24	2
	Припой ПОС-61	0,35	3
	Флюс СФННТ ТУ48-13-27-86	0,25	5
	Спирт етиловий	0,26	3

Для виробництва приладу використовують такі види енергоресурсів: природній газ для обігріву виробничих приміщень та електроенергія для технологічних цілей та освітлення.

Щоб зменшити забруднення водних станів іонами міді, домішками кислот і іншими хімічними речовинами необхідно проводити очищення води. Для цього необхідно використовувати наступні методи: реагентної очистки введення вапляного молока для осадження міді; електро-хімічні методи – осадження міді з розчинників у вигляді металевої плівки на катоді; методи ноагуляції – усунення розчинних і виділення їх у вигляді осаду.

Важким ресурсозберігаючим заходом є використання каскадної промивки після гальванічних операцій.

Одже, при проведенні виробничих процесів виготовлення приладу необхідно використовувати технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище.

ВИСНОВОК

В даному дипломному проекті розроблено мобільну систему кардіологічного моніторингу пацієнта. Функціонально система поділяється на мобільний, носимий блок та центральний пост реєстрації, запам'ятовування та обробки кардіологічної інформації

Мобільний блок виконує функцію знімання кардіологічної інформації, для чого використовується багатоканальний кардіограф з диференціальною розв'язкою входів. Інформація з електрокардіографа поступає на блок узгодження та АЦП, де проходить перетворення електрокардіограми з аналогової в цифрову форму, відповідно забезпечується узгодження часових форм реєстрації в масштабі реального часу (прописуються відліки реального часу відліків кардіограми). З блоку АЦП та узгодження цифрова інформація поступає на блок прийомопередавача, який працює в GSM, цифровому форматі передачі даних.

Дані по радіоканалу поступають на центральний пост реєстрації, де приймаються аналогічним блоком GSM прийомопередавача. Після прийому та декомпресії неперервний потік поступає на центральний МП-комплект системи центрального поста реєстрації, після обробки інформація поступає на центральну ПЕОМ та на блок LCD – індикації, де індикується в реальному масштабі часу з вказанням відліків часу. В блоці є можливість запису в пам'ять інтервалів знятої кардіограми, режим стопкадру, що забезпечує відповідні зручності при діагностуванні та лікуванні.

В конструкторському розділі розглянуто ряд питань, що стосуються синтезу структурної та функціональної схем, а також вибору елементної бази. Проведено розрахунок показників точності, надійності та технологічності розробленого приладу, на основі яких можна стверджувати, що прилад повністю відповідає вимогам технічного завдання. Проаналізовано економічні показники приладу, а також шкідливий вплив на навколишнє середовище процесів виготовлення, експлуатації та утилізації приладу.

Для розробленого приладу створено комплект конструкторської документації, складено інструкцію по експлуатації та паспорт.

Технічні та експлуатаційні характеристики спроектованого пристрою

- синхронна реєстрація 12-ти відведень
- можливість під'єднання термопринтера високої роздільної якості, рулонний чи Z-образний термопапір шириною 210 мм
- фільтри ізоляції і згладжування
- вбудований зарядний пристрій
- розміри блоку центрального поста: 378 x 338 x 101 мм
- вага: 3 кг
- мережа: 220-240 В, 50 Гц
- Вбудовані Ni-MH акумуляторні батареї
- споживана потужність максимально 120 Вт
- розміри блоку мобільного поста: 150 x 82 x 30 мм
- вага: 0,15 кг
- Живлення: 5 В, DC
- Вбудовані Ni-MH акумуляторні батареї
- споживана потужність максимально 5 Вт
- LCD дисплей з підсвічуванням 320 x 240 точок, для графічних сигналів ЕКГ, цифр, букв, міток
- температура експлуатації 10-40С
- Відносна вологість 25-95% (без конденсації)
- тиск повітря 70-106 КПа
- блок ЕКГ о Вхід пацієнта цілком ізольований, захист від дефібрилятора. о струм витоку <5 мкА.

о Стандарт безпеки CF по ІЕС 601-1 о Клас захисту І по ІЕС 601-1 о Фільтри м'язової активності 25/35 Гц (-3 дБ) о Фільтри мережні 50 чи 60 Гц (-20 дБ) о Синхронний запис активних сигналів від електродів. о Цифрова роздільна здатність 5 мкВ. о Частота вибірки 4000 Гц о Динамічний розкид +/-18 мВ АС о Максимальний електродний потенціал +/-300 мВ DC о Постійна часу 3,2 с о

Смуга пропускання від 0,05 до 150 Гц (-3 дБ) о Вхідний імпеданс: >50 Мом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дощицин В. Л. Практическая электрокардиография. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1987. — 336 с.
2. Дехтярь Г. Я. Электрокардиографическая диагностика. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1972. — 416 с.
3. Минкин Р. Б., Павлов Ю. Д. Электрокардиография и фонокардиография. — Изд. 2-е, перераб. и дополн. — Л.: Медицина, 1988. — 256 с.
4. Исаков И. И., Кушаковский М. С., Журавлева Н. Б. Клиническая электрокардиография (нарушения сердечного ритма и проводимости): Руководство для врачей. — Изд. 2-е перераб. и доп. — Л.: Медицина, 1984. — 272 с.
5. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЕКГ: Учеб. Пособие для вузов / А. Л. Барановский, А. Н. Калиниченко, Л. А. Манило и др.; Под ред. А. Л. Барановского и А. П. Немирко. — М.: Радио и связь, 1993. — 248 с.
6. Алексеев Л.П., Войшвило Г.В. Операционные усилители и их применение – М.: Радио и связь, 1989 – 120 с.
7. Атаманюк В.Г., Ширшев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона, - М: Высшая школа, 1986.
8. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. Учебное пособие для приборостроительных спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1991 – 662 с.
9. Духанин Ю.А., Акулин Д.Ф. Техника безопасности и противопожарная техника в машиностроении. Учеб. Пособие для техникумов. Изд 2-е, переработ. и доп. М.: “Машиностроение”, 1973 – 340 с.
10. Закон України “Про охорону навколишнього і природного середовища” від 25 червня 1991 року із змінами від 05.03.98 р., 14.12.99 р.
11. Конституція (Основний Закон) України - прийнята Верховною Радою України 28.06.1996 р.
12. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з організації і планування приладобудівного виробництва та організаційно-економічної частини

дипломних проектів конструкторського характеру. – Тернопіль, ТДТУ імені І. Пулюя, 1996 – 40 с.

13. Методичні вказівки по розрахунку технологічності. – Тернопіль, ТДТУ імені І. Пулюя, 1996 – 40 с.

14. Неверов А.В. Экономика природопользования. Учебн.пособие для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. –216 с.

15. Парфёнов Е.М. Проектирование конструкций РЕА. – М.: Радио и связь, 1989 – 257 с.

16. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник, под ред. Э.П. Романычевой – М.: Радио и связь, 1989 – 448 с.

17. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дросели, комутационные устройства РЕА. – Минск. Беларусь, 1994 – 591 с.

18. Микропроцесоры и микропроцесорные комплекты интегральных микросхем: Справочник. В 2томах / ред. Н.Н. Аверьянов, В.А. Шахнов. – Радио и связь, 1988. Т1 369с., Т2 395с.

19. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л., Справочное пособие по процесорам и микроЕОМ / ред. Л.Н. Преснухина, - М. ВШ, 1988, 272с.

20. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Под редакцией Якубовского С.В., Справочник. М.: Радио и связь, 1977. – 494с.

21. Самофалов К.Г.,Карнейчук В.І., Тарасенко В.П. «Електронные цифровые вычислительные машины». - К.: Высшая школа , 1978 – 479 с.

22. Савельев А.Я. «Арифметические и логические основы цифровых автоматов». - М.: Наука , 1980 - 555 с.

23. Басакер Р., Саати Т. «Конечные графы и сети». - М.: Наука , 1974 - 366с.

24. Берзтисс А.Т. «Структуры данных». - М.: Статистика , 1974 - 410 с.

25. Цифровая и вычислительная техника (під редакцією Э.В. Евреннова) - М.: Радио и связь , 1991 -464 с.

26. Васильев В.И., Гусев Ю.М. , Миронов В.Н. «Електронные промышленные устройства». - М.: Высшая школа ,1988 - 303 с.

27. Титце У., Шенк К. «Полупроводниковая схемотехника». - М.: Мир, 1992 - 512 с.

ДОДАТКИ