

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА НА ТЕМУ:

**Контролер вакуумної системи електронного  
мікроскопа**

**Завідуючий кафедри**

**Опанасюк А.С.**

**Консультант з  
техніко-економічної частини**

**Маценко О.М.**

**Дипломний керівник**

**Опанасюк А.С.**

**Виконав студент гр. ЕСм-71**

**Стрижаченко В.О.**

**Суми 2018**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	5
1.1 Короткий огляд літератури і постановка задачі проектування.....	5
1.2 Розробка, обґрунтування алгоритму функціонування і структурної схеми пристрою, що проектується.....	13
1.3 Розробка схеми електричної функціональної проектованого пристрою.....	20
1.4 Розробка і розрахунок принципів електричних схем вузлів і блоків пристрою.....	21
1.4.1 Вибір елементної бази.....	29
1.4.2 Розрахунок пускового осередку.....	30
1.4.3 Розрахунок пристрою форсування.....	37
1.4.4 Оптимізація алгоритму.....	43
2 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	50
2.1 Розробка технологічної частини.....	50
2.2 Розрахунок надійності проектованого пристрою, а також оцінка споживаної ним потужності або струму.....	58
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	66
3.1 Соціально-екологічні проблеми інформаційного суспільства.....	66
3.2 Розрахунок собівартості пристрою.....	74
3.3 Розрахунок відпускної ціни пристрою.....	79
3.5 Висновки з техніко-економічної частини.....	81
ВИСНОВОК.....	82
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	83

					ЕЛІТ 8.171.00.10.564 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Контролер вакуумної системи електронного мікроскопа. Пояснювальна записка	Лит.	Лист	Листів
Розроб.		Стрижаченко					3	
Перевір.		Опанасюк А.С.						
Н. Контр.		Гапич В. М.						
Затверд.		Опанасюк А.С.						
						СумДУ, гр. ЕСМ-71 <sup>3</sup>		

## ВСТУП

В останні десятиліття спостерігається надзвичайно швидке зростання виробництва засобів обчислювальної техніки, що проникає в усі сфери людської діяльності у вигляді автоматизованих засобів збору і обробки інформації, управління і контролю.

Основною причиною якісно нового етапу в розвитку обчислювальної техніки стала поява і широке впровадження мікропроцесорних систем і мікроконтролерів. Це дозволило одночасно вирішити здавалося б, несумісні завдання: з одного боку, різко збільшити швидкість обробки даних і обсяг пам'яті, з іншого - настільки різко зменшити розміри обчислювальних систем.

Дешеві мікропроцесорні системи широко стали використовуватися для автоматизації побутової техніки та приладів, верстатів, автомобілів.

Для виконання нескладних математичних і керуючих задач стає невигідно використовувати повноцінні мікропроцесори. Більш вигідним стає застосування мікроконтролерів з широким набором логічних і математичних команд або спеціалізованих мікроконтролерів. При цьому при побудові складних систем, що вимагають мікропроцесорного управління її поділяють на блоки, кожен з яких управляється мікроконтролером, а централізоване управління системою і організація діалогу з оператором покладається на керуючий мікропроцесорний блок.

Розвиток же систем і пристроїв сполучення, аналогових і цифрових сигналів дозволило застосовувати мікроконтролери в рішенні таких задач, які раніше вирішувалися тільки силами пристроїв аналогової схемотехніки.

# 1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Короткий огляд літератури і постановка задачі проектування

Електронний мікроскоп, прилад, який дозволяє отримувати сильно збільшене зображення об'єктів, використовуючи для їх освітлення електрони. Електронний мікроскоп (ЕМ) дає можливість бачити деталі, занадто дрібні, щоб їх міг дозволити світловий (оптичний) мікроскоп. ЕМ - один з найважливіших приладів для фундаментальних наукових досліджень будови речовини, особливо в таких областях науки, як біологія і фізика твердого тіла.

Існують три основні види ЕМ. У 1930-х роках був винайдений звичайний трансмісійний електронний мікроскоп (ОПЕМ), в 1950-х роках растровий (скануючий) електронний мікроскоп (РЕМ), а в 1980-х роках растровий тунельний мікроскоп (РТМ). Ці три види мікроскопів доповнюють один одного в дослідженнях структур і матеріалів різних типів.

РЕМ, що став найважливішим приладом для наукових досліджень, служить гарним доповненням ОПЕМ. У РЕМ застосовуються електронні лінзи для фокусування електронного пучка в пляма дуже малих розмірів. Можна відрегулювати РЕМ так, щоб діаметр плями в ньому не перевищував 0,2 нм, але, як правило, він становить одиниці або десятки нанометрів. Це пляма безперервно оббігає деякий ділянку зразка аналогічно променю, оббігає екран телевізійної трубки. Електричний сигнал, що виникає при бомбардуванні об'єкта електронами пучка, використовується для формування зображення на екрані телевізійного кінескопа або монітора комп'ютера, розгортка якого синхронізована з системою відхилення електронного пучка. Збільшення в даному випадку розуміється як відношення розміру зображення на екрані до розміру області, оббігав пучком на зразку. Це збільшення становить від 10 до 10 млн. Схема растрового електронного мікроскопа приведена на Рис. 1.1. Він складається з наступних основних вузлів: електронної гармати 1 ... 3, емітує

електрони; електронно-оптичного системи 4 ... 10, яка формує електронний зонд і забезпечує його сканування на поверхні зразка 12; системи, яка формує зображення 11 ... 17. РЕМ має вакуумну камеру, яка служить для створення необхідного розрядження ( $\sim 10^{-3}$  Па) в робочому обсязі електронної гармати і електронно-оптичної системи. Складовими частинами мікроскопа є механічні

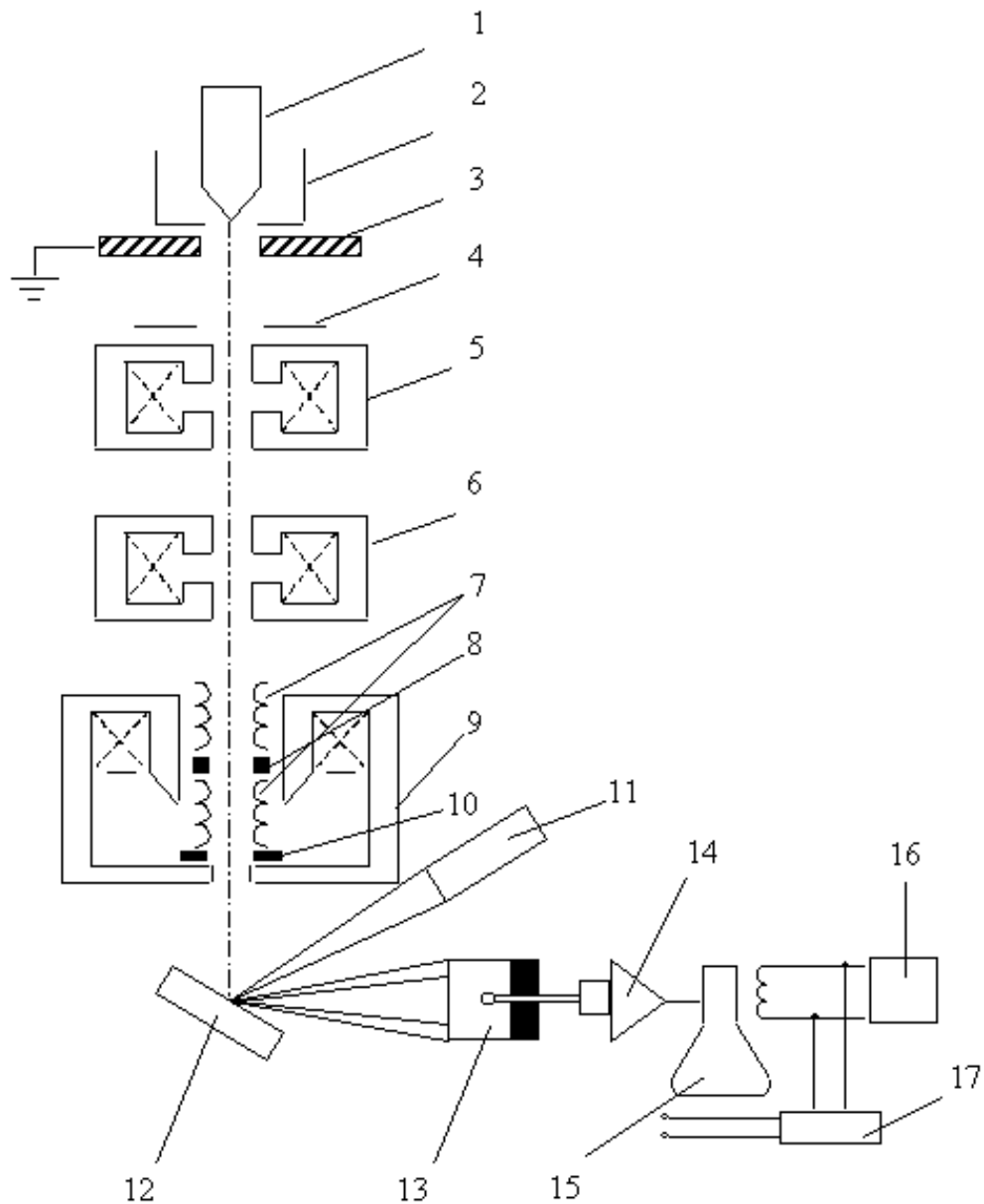


Рисунок 1.1 - Принципова схема растрового електронного мікроскопа

вузли (шлюзи, гоніометричний стіл і т.д.), що забезпечують установку і переміщення зразка. Електронна гармата складається з катода 1, циліндра Венельта 2 і анода 3.[4]

Зазвичай в якості катода використовується вольфрамовий V-образний дріт, зігнутий під кутом, як це показано на Рис. 1.1. При нагріванні катода прямим пропусканням струму відбувається термоемісія електронів. Електрони прискорюються напругою, прикладеним між катодом і анодом, яке можна змінювати від 1 до 50 кВ. Циліндр Венельта має високий негативний потенціал і служить для регулювання потоку електронів. Пучок електронів від гармати проходить через три електромагнітні лінзи 5, 6, 9. Фокусування потоку електронів здійснюється магнітним полем, що має осьову симетрію. Воно створюється електромагнітною лінзою, яка представляє собою соленоїд. Магнітне поле виникає при пропусканні електричного струму через обмотку соленоїда, концентрується за допомогою так званого полюсного наконечника і впливає на проходить через нього потік електронів. Фокусна відстань лінзи можна плавно регулювати шляхом зміни сили струму в обмотці соленоїда. У системі є дві діафрагми 4, 10, що обмежують розбіжність пучка електронів.

Взаємодія електронів сфокусованого пучка з атомами може призводити не тільки до їх розсіювання, яке використовується для отримання зображення в ОПЕМ, а й до порушення рентгенівського випромінювання, випускання видимого світла і емісії вторинних електронів. Крім того, оскільки в РЕМ перед зразком є тільки фокусують лінзи, він дозволяє досліджувати «товсті» зразки. Область тисків, використовувана в вакуумній техніці, 10<sup>-5</sup>... 10<sup>-12</sup> Па. Вимірювання тисків в такому широкому діапазоні не може бути забезпечено одним приладом. У практиці зміни тиску розріджених газів застосовуються різні групи перетворювачів, що відрізняються за принципом дії і класу точності.

Прилади для вимірювання загальних тисків у вакуумній техніці називають вакуумметрами. Вони зазвичай складаються з двох частин: манометричного перетворювача і вимірювальної установки. За методом вимірювання

вакуумметри можуть бути розділені на абсолютні і відносні. Показання абсолютних приладів залежать від роду газу і можуть бути заздалегідь розраховані. У приладах для відносних вимірювань використовують залежність параметрів деяких фізичних процесів, що протікають в вакуумі, від тиску. Вони потребують градування по зразкових приладів. Вакуумметри вимірюють загальний тиск газів, присутніх у вакуумній системі.

До деформаційних перетворювачів відносяться трубчасті і мембранні перетворювачі. Трубка Бурдона - деформаційний манометр у вигляді спіральної трубки, скручується під дією атмосферного тиску в разі відкачування внутрішньої порожнини за рахунок різних радіусів кривизни, отже, і площ зовнішньої і внутрішньої поверхні трубки. Манометр вимірює тиск в межах 105...103 Па. Деформаційні мембранні перетворювачі розрізняються залежно від способу реєстрації переміщення мембрани і методу вимірювання. Діапазон вимірювання мембранних перетворювачів 105...10-1Па. Але так як лінійність показань зберігається тільки при невеликих деформаціях мембрани, то один прилад може вимірювати тиск, що лежать в межах 2 ... 3 порядків.

Найпростішими гідростатичними перетворювачами є рідинні манометри з відкритим і закритим коліном. Вимірюється цими манометрами різниця тисків  $p$  і  $p_{ср}$  врівноважується вагою стовпа рідини висотою  $h$ :  $(p_{ср} - p) = \rho gh$ ; де  $g$  - прискорення вільного падіння;  $\rho$  - щільність рідини.

Манометри з відкритим коліном зручні для вимірювання тиску, близьких до атмосферного. Показання такого манометра залежать від атмосферного тиску. Манометри з закритим коліном дозволяють вимірювати абсолютний тиск газу у вакуумній системі. В цьому випадку показання приладу не залежать від атмосферного тиску. Межі вимірювання ртутних манометрів - 105...103, а масляних – 105...100 Па. Похибка при відліку рівня  $h$  може бути доведена до 0.1 мм.

Принцип дії теплових перетворювачів заснований на залежності теплопередачі через розріджений газ від тиску. Передача теплоти походить від

тонкої металевої нитки до балона, що знаходиться при кімнатній температурі. Металева нитка нагрівається в вакуумі шляхом пропускання електричного струму. Перевагою теплових перетворювачів є те, що вони вимірюють загальний тиск всіх газів і парів, присутніх у вакуумній системі, і забезпечують безперервність вимірювання тиску. Інерційність показань, пов'язана з тепловою інерцією нитки, змінюється від декількох секунд при низькому тиску до декількох мілісекунд при високому тиску. Теплові перетворювачі як прилади для відносних вимірювань тиску зазвичай градууються по компресійному манометру. Діапазон робочих тисків  $5 \cdot 10^3 \dots 10^{-1}$  Па. [6]

Принцип дії електронних перетворювачів заснований на пропорційності між тиском і іонним струмом, що утворився в результаті іонізації термоелектронів залишкових газів. Існує дві схеми електронного перетворювача: з внутрішнім і зовнішнім колектором. Схема з внутрішнім колектором аналогічна звичайному тріода. Колектором іонів є сітка, на яку відносно катода подається негативна напруга в кілька десятків вольт, а на анод - позитивна напруга 100-200 В. Електрони на шляху від катода до анода зіштовхуються з молекулами залишкових газів, і утворилися позитивні іони потрапляють на сітку, створюючи іонний струм, вимірюваний гальванометром. У схемі з зовнішнім колектором потенціали сітки і катода міняються місцями, і колектором стає анод. Електрони, які летять від катода до сітки, роблять навколо її витків ряд коливань, що збільшує довжину траєкторії електронів і підвищує ймовірність іонізації молекул залишкових газів. Це робить схему з зовнішнім колектором більш чутливою, не дивлячись на те, що частина позитивних іонів, що утворилися між сіткою і катодом, не бере участі в вимірі тиску. В конструктивних різних схемах різні межі вимірювань. При використанні деяких конструкцій нижня межа вимірювань становить  $10^{-8}$  Па.

Принцип дії магнітних перетворювачів заснована залежності струму самостійного газового розряду в схрещених магнітному та електричному полях від тиску. Електродні системи, що забезпечують підтримку самостійного



газового розряду при високому і надвисокому вакуумі, бувають декількох видів. Магнітні перетворювачі, також як і електронні, мають не однакову чутливість до різних газів. Перевагою магнітного перетворювача перед електронним є більш висока надійність в роботі у зв'язку з заміною напруженого катода холодним, а недоліком - нестабільності, пов'язані з коливаннями роботи виходу електронів при забрудненні катодів. Верхня межа вимірювання магнітних перетворювачів знаходиться в області тисків 10 ... 100 Па. Нижня межа вимірювання визначається часом запалювання розряду і значенням фонового струму. У сучасних приладах він становить 10-11 Па.

У радіоізотопних перетворювачах для іонізації газу використовується  $\alpha$ - і  $\beta$ - випромінювання радіоактивних ізотопів:  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^3\text{H}$  і т. д. Особливо ефективно використання  $\alpha$  - випромінювання. Енергія  $\alpha$  - частинок (двозарядних позитивних іонів гелію), що виникають при радіоактивному розпаді, становить  $(4.5...5.5) \cdot 10^6$  еВ. У зв'язку з цим в радіоізотопних перетворювачах не потрібно розжареного катода і високої напруги, як в електронних і магнітних перетворювачів. Стабільність роботи приладу забезпечується незалежністю радіоактивного розпаду від температури навколишнього середовища і фізико-хімічного впливу знаходяться в перетворювачі газів. Завдяки цим властивостям і необмеженому терміну служби радіоізотопний перетворювач з точки зору метрології є одним з кращих приладів для вимірювання вакууму. Діапазон робочих тисків радіоізотопних перетворювачів становить  $10^5...10^{-2}$  Па., але зазвичай це не вдається реалізувати в одному приладі. [7]

Перетворювачі для непрямих вимірювань тиску, показання яких не можуть бути розраховані з необхідною для практики точністю, градууються шляхом звірення їх показань з показаннями зразкових приладів: механічних перетворювачів і компресійних манометрів. До таких перетворювачів відносяться теплові, електронні, магніто-розрядними і радіоізотопні. Вимірювачі парціальних тисків.

Вимірювачі парціальних тисків, як і вимірники загальних тисків, характеризуються нижньою і верхньою межами вимірюваних парціальних тиску, чутливістю, а також властивим тільки їм параметрам - роздільною здатністю. Під роздільною здатністю мається на увазі відношення  $M_e$  до найменшого розрізняти зміни масового числа  $\Delta M_e$ :  $r_m = M_e / \Delta M_e$ . Залежно від типу приладу у всьому діапазоні зміни масових чисел можуть залишатися постійними значення  $r_m$ ,  $M_e/r_m$  або  $M_{erm}$ . Експериментально роздільну здатність визначають по мас-спектру. Ширина піку  $\Delta M_e$  вимірюється на рівні 10 або 50% висоти піку. Вимірювання парціальних тисків у вакуумних системах в даний час проводять двома методами: іонізаційним і сорбційним.

Іонізаційний метод заснований на іонізації і поділі позитивних іонів в залежності від ставлення маси іона до заряду. Можна одночасно або по черзі вимірювати складові іонного струму, відповідні парціальним тискам різних газів, присутніх у вакуумній системі. Для поділу іонного струму на складові використовується відмінність швидкостей руху іонів різних газів, які пройшли однакову різницю потенціалів, т. Е. Мають однакову енергію. У більшості випадків при іонізації газів повільними електронами утворюються іони, що мають один елементарний позитивний заряд, внаслідок чого (з прийнятною для більшості вимірювань точністю) можна вважати, що швидкості іонів в електричному полі обернено пропорційні кореню з молекулярної маси газу. Чутливість іонізаційних газоаналізаторів визначається як відношення зміни іонного струму в ланцюзі колектора до зміни парціального тиску газу, виражається в А / Па і залежить від роду газу.

Верхня межа вимірюваних тисків визначається відхиленням від лінійної залежності між іонним струмом і відповідним йому парціальним тиском внаслідок розсіювання іонів в аналізаторі. Гранично допустиме значення такого відхилення-10%. Максимальні робочі тиску зазвичай не перевищують  $10^{-3}$ ...  $10^{-2}$  Па. При більш високому тиску для аналізу газів потрібні розширювальні

пристрої або допоміжна вакуумна система, що забезпечують зниження щільності аналізованої газової суміші без зміни процентного складу її компонентів.

Нижньою межею вимірюваних парціальних тисків вважається мінімальний абсолютний тиск, що вимірюється приладом. Відносне парціальний тиск газів, яке може бути визначено при даному відношенні сигнал / шум, називають порогом чутливості. За початок реєстрації можна приймати сигнал, вдвічі перевищує шум.

Залежно від характеру використовуваних електричних і магнітних полів іонізаційні методи вимірювання парціальних тисків можна класифікувати на статичні і динамічні. У статичних методах використовуються постійні, а в динамічних - змінні електромагнітні поля.

До іонізаційним статичним газоаналізатора відносяться магнітний і панорамний, а до динамічних - омегатронний, часопролітної, квадрупольний і монополярний фільтри мас. Роздільна здатність промислових приладів знаходиться в межах 40 ... 200 а.о.м.

Сорбційний метод вимірювання парціальних тисків використовує аналіз адсорбованих газів. У термодесорбційному методі - через різних температур адсорбції залишкових газів нагрівання поверхні за певним часовим закону супроводжується послідовною десорбцією компонентів газової суміші. Отже спектрометрія - метод аналізу речовин на поверхні твердого тіла за характерними енергій електронів, що емітуються при внутрішньоатомних переході між енергетичними рівнями. За складом речовин на поверхні можна визначити склад добре адсорбовуваних речовин в газовій фазі.[8]

Завданням проектного пристрою є отримання та підтримання в колоні мікроскопа і камері об'єктів робочого вакууму, відкачування і напуску повітря в систему. Для цього нам знадобляться датчики тиску; підсилювачі напруги, що знімаються з датчиків; вимірювач тиску (перетворювач посиленого аналогового сигналу в цифровий код відповідно до реальної залежності напруг датчиків від тиску у вакуумній системі, отриманих раніше досвідченим шляхом); система, яка

контролює включення датчиків в залежності від зміни тиску в камері і управління електромагнітними клапанами. А управління всією системою, враховуючи науково-технічний прогрес і технічні вимоги, неможливо уявити собі без ЕОМ, тому необхідно пристрій, що погоджує контролер і ЕОМ. Для надійної роботи контролера нам знадобиться стабілізатор напруги живлення.

## **1.2 Розробка, обґрунтування алгоритму функціонування і структурної схеми пристрою, що проектується**

Джерело розробки: вакуумна система растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕМ-111.

Повністю вакуумна система складається з:

- 1) Каркасу, на якому встановлені роторний насос, клапани, датчики тиску, джерела живлення приводів клапанів;
- 2) Форвакуумного насоса;
- 3) Клапана напуску газу в камеру зразків з електроприводом і контролером управління;
- 4) Затвори, що розділяє вакуумний обсяг камери зразків і колони.

Контролер вакуумної системи повинен виконувати наступні функції:

- 1) забезпечувати зв'язок комп'ютера через СОМ-порт зі схемою управління всіма виконавчими пристроями вакуумної системи;
- 2) реєструвати сигнали датчиків вакууму в системі, а також забезпечувати ці датчики необхідною напругою живлення;
- 3) формувати сигнали на включення / вимикання форвакуумного, турбомолекулярного насосів через виконавчі елементи;
- 4) формувати напруги форсування, утримання і подавати ці напруги на електромагнітні клапани і в блок управління високо вакуумних клапаном при їх включенні;

- 5) на апаратному рівні здійснює контроль тиску в районі гармати і за допомогою реле забезпечувати блокування подачі високої напруги в пушку і детектор електронів в камері об'єктів при збільшенні тиску до  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па ( $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст.);
- 6) здійснювати аналіз стану заслінки шлюзу (відкрита / закрыта), а також положення гармати;
- 7) забезпечувати управління клапаном системи напуску для підтримки заданого ступеня вакууму в районі зразка при низько-вакуумному режимі.
- 8) мати автоматичний режим управління;
- 9) захист зразка від забруднення робочої рідиною насоса в режимі низького вакууму.

Показники :

- 1) залишковий тиск в області гармати має бути не більше
- 2) в режимі високого вакууму в камері зразків –  $1 \cdot 10^{-7}$  мПа,
- 3) в режимі низького вакууму в камері зразків –  $1 \cdot 10^{-2}$  мПа.
- 4) час переходу вакуумна система з режиму з високим вакуумом в камері зразків до режиму з заданим низьким вакуумом повинно бути не більше 2 хв.
- 5) час зміни зразка має бути не більше 10 хв.
- 6) час відкачування мікроскопа від атмосферного тиску до тиску  $1 \cdot 10^{-7}$  мПа повинно бути не більше 30 хв.

Вакуумна система повинна бути розроблена з максимальним використанням запозичених і уніфікованих вузлів і деталей згідно вживаності підприємства - виробника. А також вакуумна система повинна розроблятися на базі вакуумної системи мікроскопа РЕМ-106. [9]

Живлення вакуумної системи повинно здійснюватися від однофазної мережі змінного струму напругою 220 В. з частотою  $50 \pm 1$  Гц. Споживана потужність 2 кВА. Відкачка і напуск повітря в систему проводиться через

електромагнітні клапани. Управління вакуумною системою здійснюється спеціальною програмою, що управляє с комп'ютера через контролер вакуумної системи.

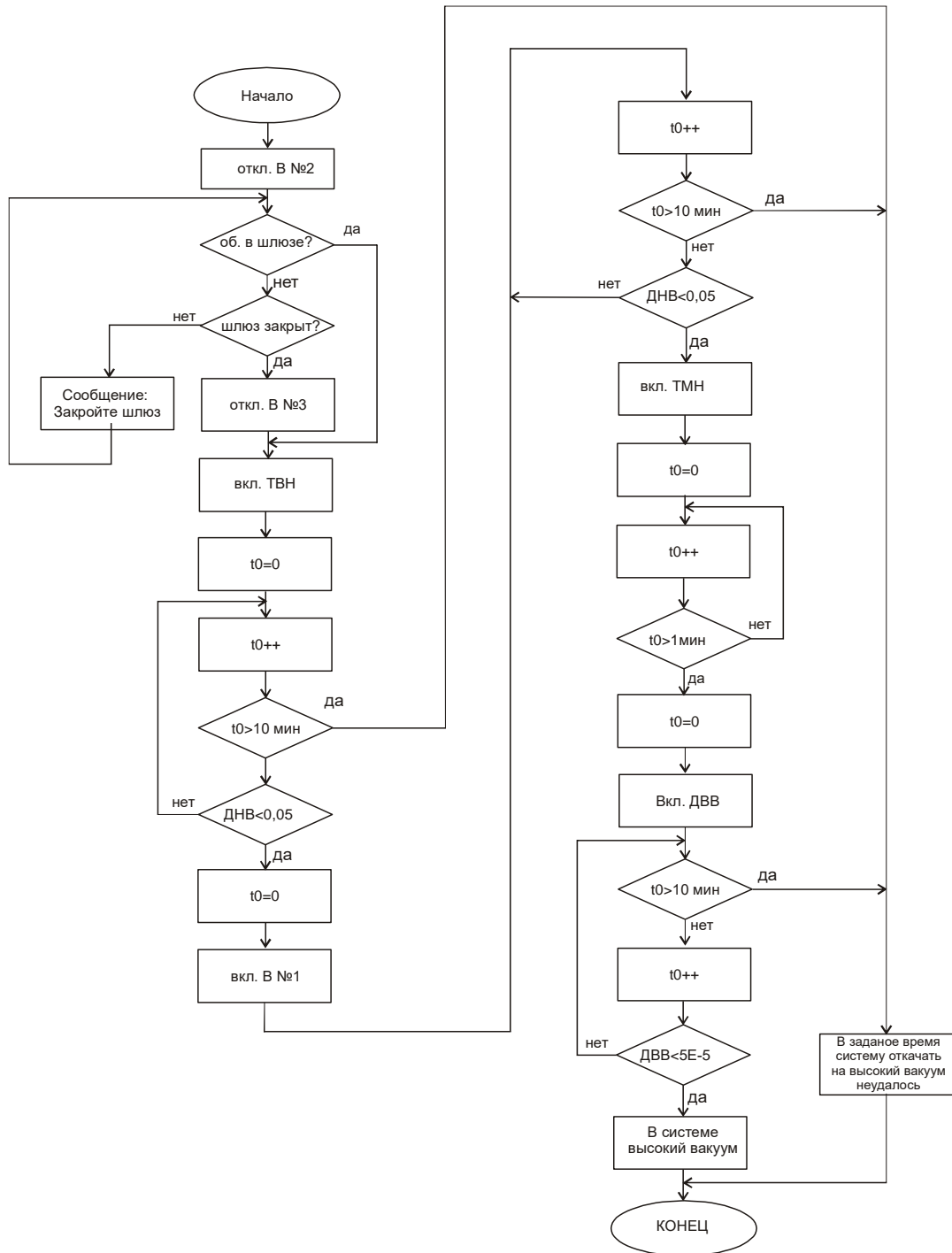


Рисунок 1.2 - Алгоритм відкачування повітря робочого простору мікроскопа

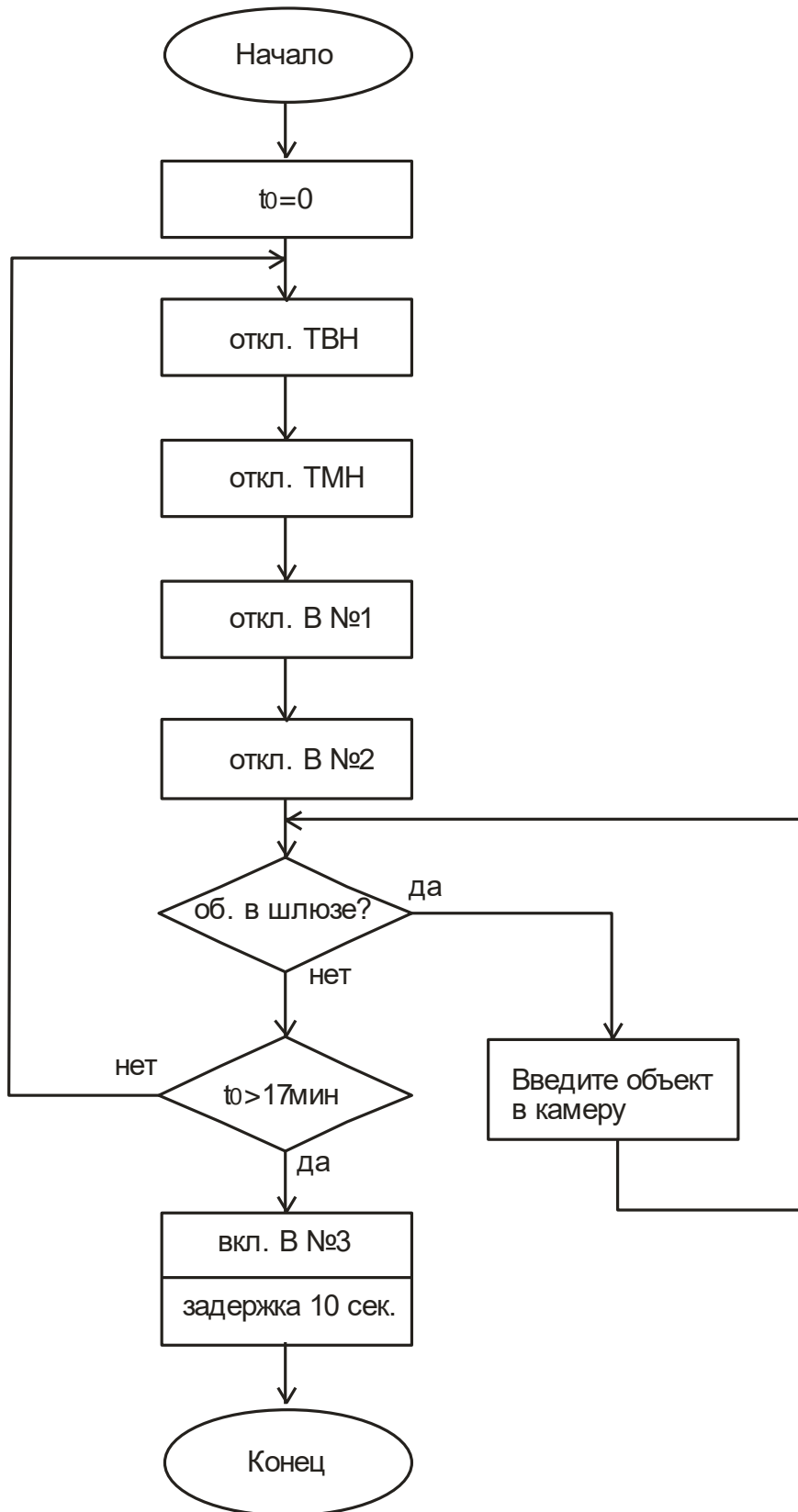


Рисунок 1.3 - Алгоритм напуску повітря в робочий простір мікроскопа

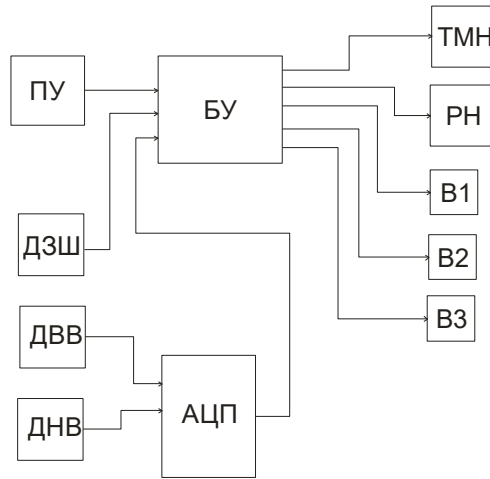


Рисунок 1.4 - Структурна схема вакуумної системи

Конструктивно контролер вакуумної системи являє собою плату з друкованим монтажем в захисному кожусі, розташовану всередині стенду мікроскопа. За допомогою кабелів через роз'єми, розташовані на платі, контролер з'єднується з ПЕОМ, датчиками вакууму, електромагнітними клапанами і блоком живлення.[6]

Структурна схема пристрою управління вакуумною системою електронного мікроскопа представлена на Рис. 1.4.

До складу пристрою управління входять такі блоки.

Три клапана V1, V2, V3 призначені для утримання вакууму в робочій зоні.

БУ - блок управління, виконує управління вакуумною системою.

ДЗШ - датчик заслінки шлюзу, являє собою оптопару - яка в разі відкритого шлюзу подасть на контролер сигнал скидання, процес відкачування буде припинений а на комп'ютері програма видасть відповідне повідомлення.

Н - датчик низького вакууму працює в межах  $10 + 2 \cdot 10^{-2}$  Па

ДВВ - датчик високого вакууму працює в межах  $10^{-2} - 10^{-7}$  Па

РН - роторний насос виконує відкачування системи  $10^{-2}$  Па, після чого його робота стає неефективною.

ТМН- турбо-молекулярний насос виконує відкачування до високого вакууму.



Управління вакуумною системою здійснюється спеціальною програмою, що управляє комп'ютера через контролер вакуумної системи. За допомогою кабелів через роз'єми, розташовані на платі, контролер з'єднується з комп'ютером, датчиками вакууму, електромагнітними клапанами, керованим клапаном системи напуску для низько вакуумного режиму.

Управління вакуумною системою може здійснюватися як вручну, так і автоматично. На екрані монітора комп'ютера при відповідній активізації відображається схема вакуумної системи, мнемосхема роботи програми наведена на Рис. 1.5. Окремо має виводяться поточні показники датчиків вакууму, орієнтуючись на які, можна вручну включати (вимикати) насоси, відкривати (закривати) електромагнітні клапани і тим самим здійснювати відкачку вакуумної системи мікроскопа.

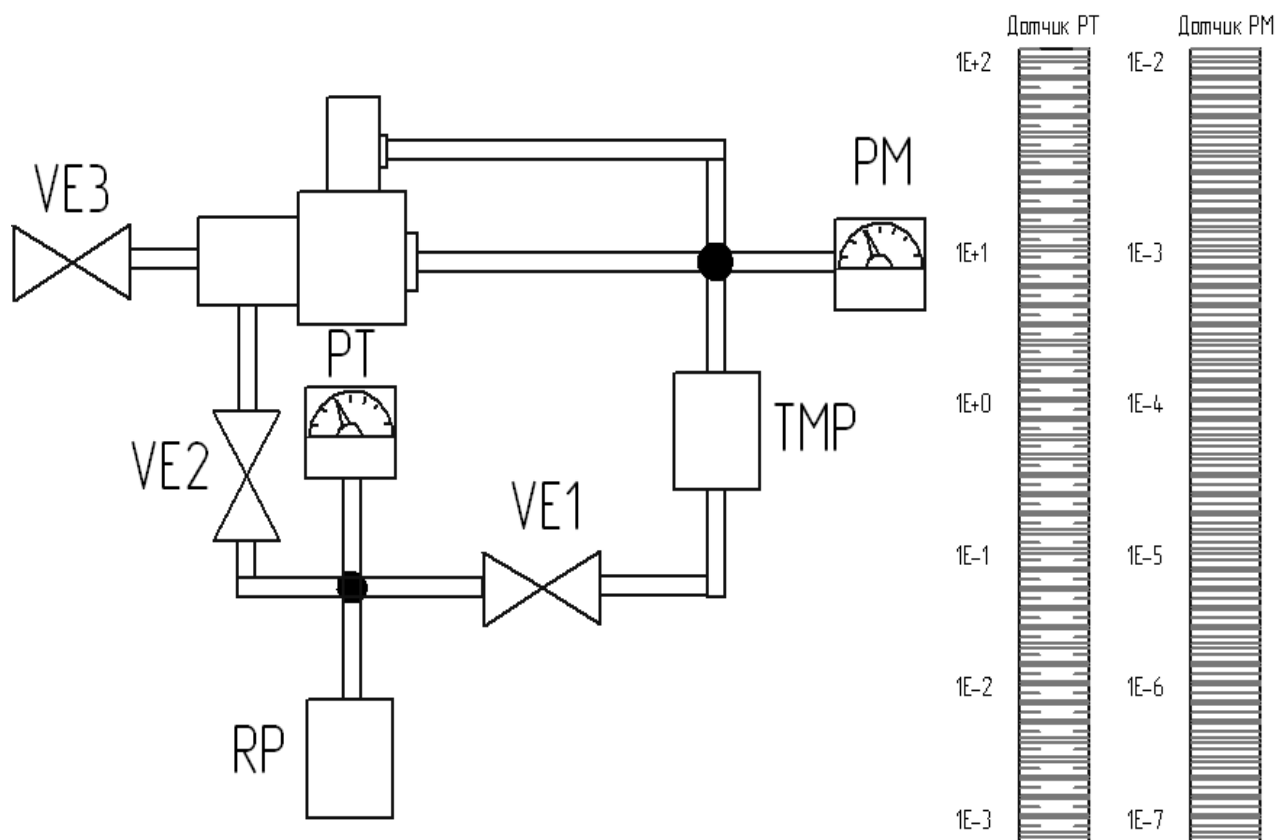


Рисунок 1.5 - Мнемосхема роботи програми

В автоматичному режимі відкачування повинно здійснюватися за допомогою закладеної в комп'ютер керуючої програми за алгоритмом, заданим режимом роботи мікроскопа і необхідним кінцевим станом вакуумної системи:

- 1) режим високого вакууму в колоні і камері об'єктів;
- 2) режим напуску повітря в камеру для зміни зразка;
- 3) режим напуску повітря в пушку для зміни катода;
- 4) режим низького вакууму в камері об'єктів;
- 5) перехід з режиму високого вакууму в режим низького вакууму в камері об'єктів і навпаки;
- 6) режим фотографування;
- 7) режим переходу мікроскопа в стан ВИМКНУТО;
- 8) режим аварійного відключення при аварії вакуумної системи.

Керуючий комп'ютер пов'язаний з контролером вакуумної системи через СОМ-порт.

При необхідності включити (виключити) будь-який пристрій вакуумної системи керуючий комп'ютер формує команду і по СОМ-порту передає її контролеру. Останній формує необхідні напруги і подає їх на відповідне виконавче пристрій для реалізації цієї операції. Через цей же порт здійснюється зворотний зв'язок.

Контролер проводить постійний опитування датчиків вакууму. За допомогою АЦП сигнали про поточну величиною вакууму перетворюються, усереднюються і передаються в комп'ютер для індикації рівня вакууму на екрані монітора.

Для реалізації режиму низького регульованого вакууму в камері об'єктів, контролер здійснює управління вентилем, через який проводиться дозований напуск газу в камеру при постійній швидкості відкачки камери. При цьому в районі зразка встановлюється заданий-ва ступінь вакууму, набагато нижча, ніж в області гармати.

Перераховані вище функції коротко відображає схема алгоритму роботи пристрою на Рис. 1.3.

### **1.3 Розробка схеми електричної функціональної проектованого пристрою**

На підставі розробленої структурної схеми будується електрична функціональна схема пристрою управління вакуумною системою.

Блок управління реалізується на мікроконтролері або мікропроцесорі з набором мікросхем ПЗУ і ОЗУ і дешифратором зовнішніх пристроїв по необхідності (обґрунтування вибору буде проведено далі в процесі розробки пристрою).

Блок перетворення являє собою АЦП який виконує перетворення аналогових сигналів від датчиків тиску, всього в системі використовується два датчика тиску і оптопара для перевірки заслінки шлюзу, після перетворення сигнал у вигляді цифрового коду подається на БО.

Керуючі сигнали з блоку управління (БУ) надходять на насоси і вентилі вакуумної системи в залежності від сигналів датчиків системи (датчики тиску і датчик заслінки шлюзу).

Для живлення керованого клапана системи напуску в низко вакуумний режимі, на платі встановлений джерело високого напруги 1,5 кВ.

До складу вакуумної системи приладу входить також масляна пастка ST-25С, яка має можливість прогріву від мережі 220В для періодичної її очищення від масляного забруднення.

Обмін даними з УЕВМ організовується по послідовному інтерфейсу RS-232С. Тому від мікроконтролера на вхідний роз'єм заводиться чотири висновки: два для організації інтерфейсу (RxD і TxD).[10]

Контролер проводить постійний опитування датчиків вакууму. За допомогою АЦП сигнали про поточну величиною вакууму перетворюються,

усереднюються і передаються в комп'ютер для індикації рівня вакууму на екрані монітора.

#### **1.4 Розробка і розрахунок принципових електричних схем вузлів і блоків пристрою**

Схема електрична принципова проектованої системи управління вакуумної системи ЕМ зображена в Додатку 1. Основним елементом схеми є мікроконтролер AT89C55 фірми Atmel. Вибір даного мікроконтролера обумовлений цілою низкою причин, головними з яких є повна відповідність необхідних нам функцій, відносна дешевизна, можливість створення програм на мовах високо рівня, доступність самих мікроконтролерів і технічної документації до них.

AT89C55 - малопотужний, високопродуктивний, 8-розрядний CMOS мікроконтролер з 20Кб програмуємих flash пам'яті.

Особливості:

- 20Кб для flash пам'яті для програм;
- напрацювання на відмову: 1000 циклів читання / запис;
- Діапазон частот: 0 Гц до 33 мГц;
- Трьох-рівнева захист пам'яті;
- 256 x 8-розрядна Внутрішня оперативна пам'ять;
- 32 Програмованих Лінії Вода / виводу;
- Три 16-розрядних Таймера / Лічильника;
- Вісім джерел переривання;
- Низька споживана потужність.

Структурна схема мікроконтролера зображена на Рис. 1.6.

Мікроконтролер D6 тактується от зовнішнього кварцового генератора на 22,1184 МГц .

Основні керуючі команди надходять через послідовний контролер D3, Мікроконтролер D6 тактується от зовнішнього кварцового генератора на 22,1184 МГц .

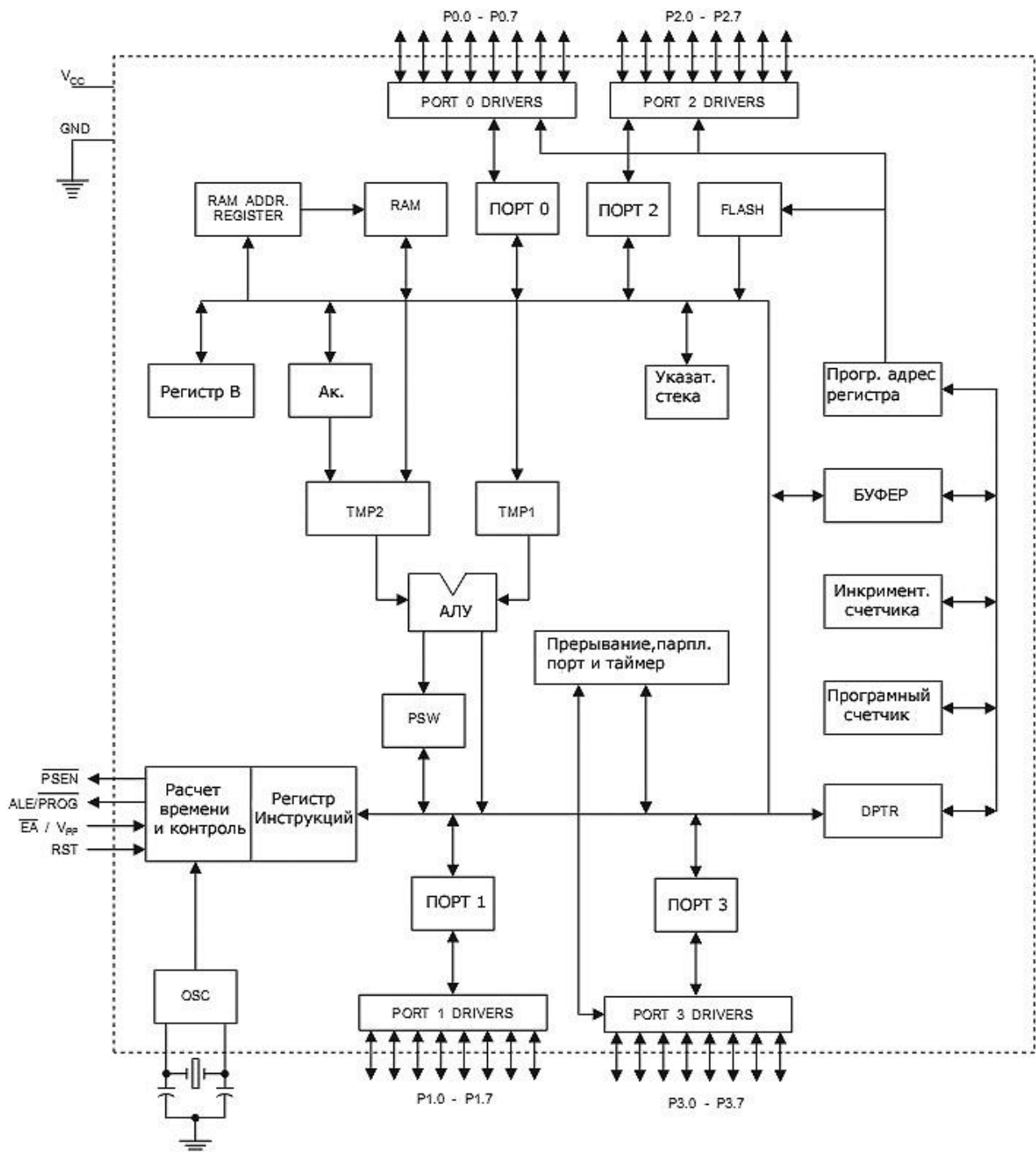


Рисунок 1.6 - Структурна схема мікроконтролера AT89C55

Основні керуючі команди надходять через послідовний контролер D3, MAX232, в пам'ять мікроконтролера заноситься програма для перетворення напруги з датчиків через АЦП мікросхема D1 в нашому випадку була обрана мікросхема AD7890-10 - це 12-ти бітний АЦП з максимальною швидкістю перетворення 5,9 мкс.

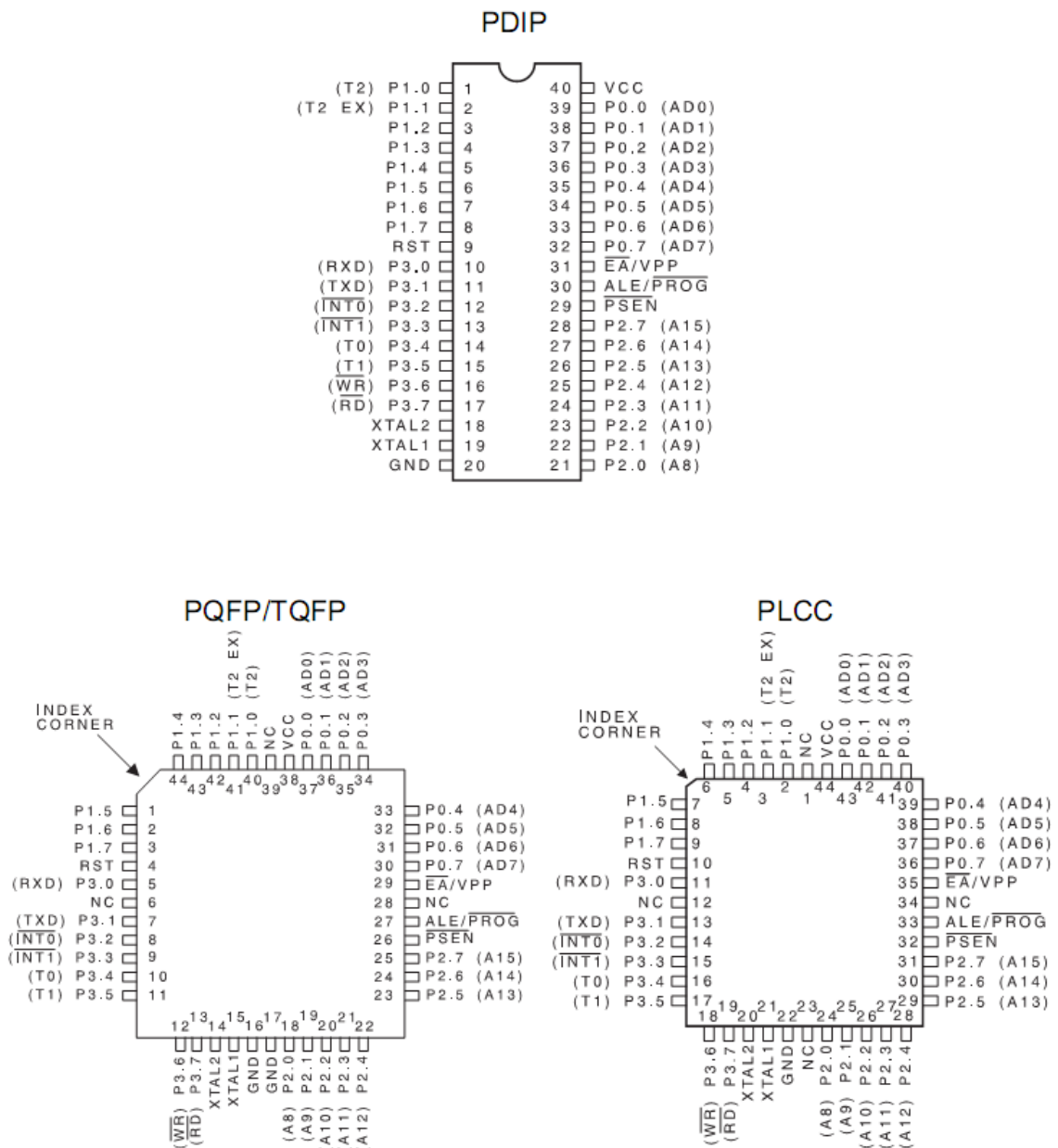


Рисунок 1.7 - Види корпусу мікроконтролера

Призначення висновків мікросхеми:

AGND - аналогова земля

SMODE - Вхід контролю. Визначає використання зовнішнього генератора або внутрішнього.

DGND - Цифрова земля.

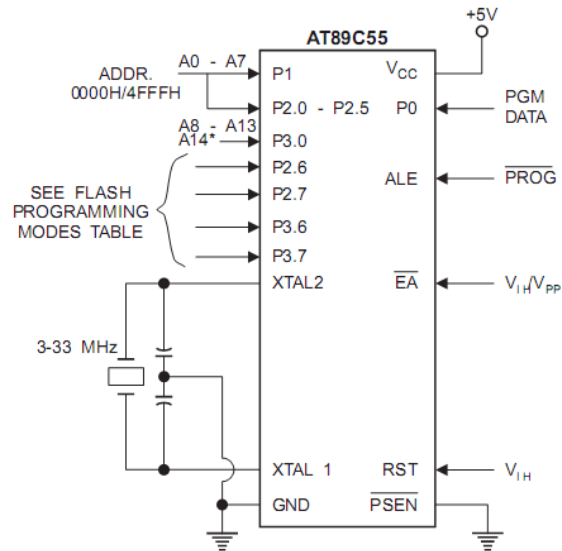


Рисунок 1.8 - Схема програмування flash пам'яті мікроконтролера

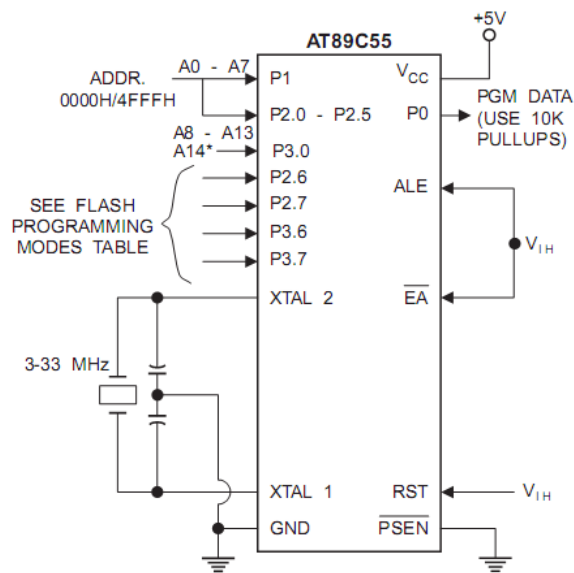


Рисунок 1.9 - Схема перевірки flash пам'яті мікроконтролера

CEXT - Додатковий конденсатор, для визначення тривалості імпульсу.

CONVST - Початок перетворення

CLK IN - Вхід генератора

SCLK - Послідовний вхід генератора

TFS - передача синхронізуючого імпульсу

RFS - прийом синхронізуючого імпульсу

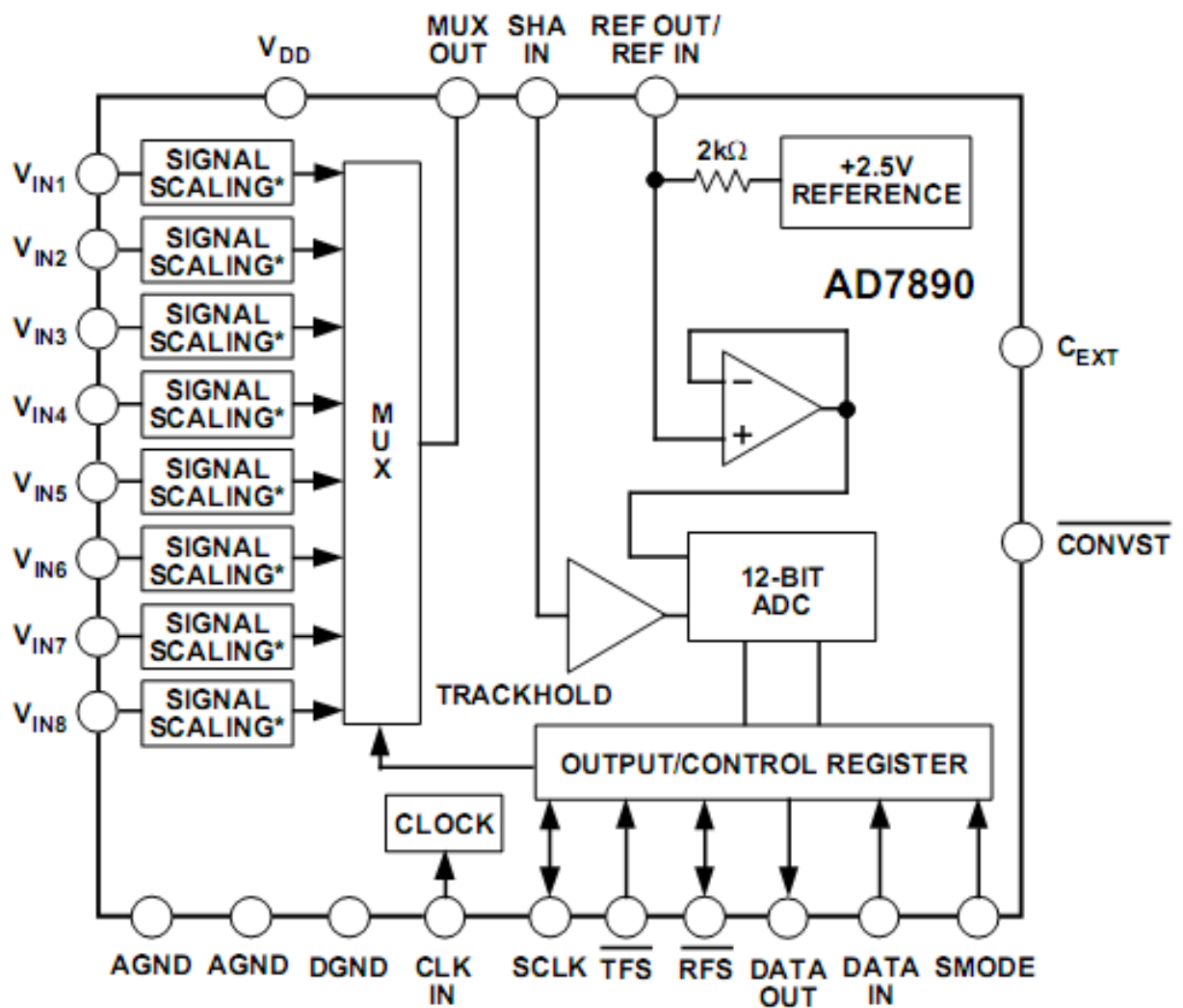


Рисунок 1.10 - Функціональна схема AD7890-10



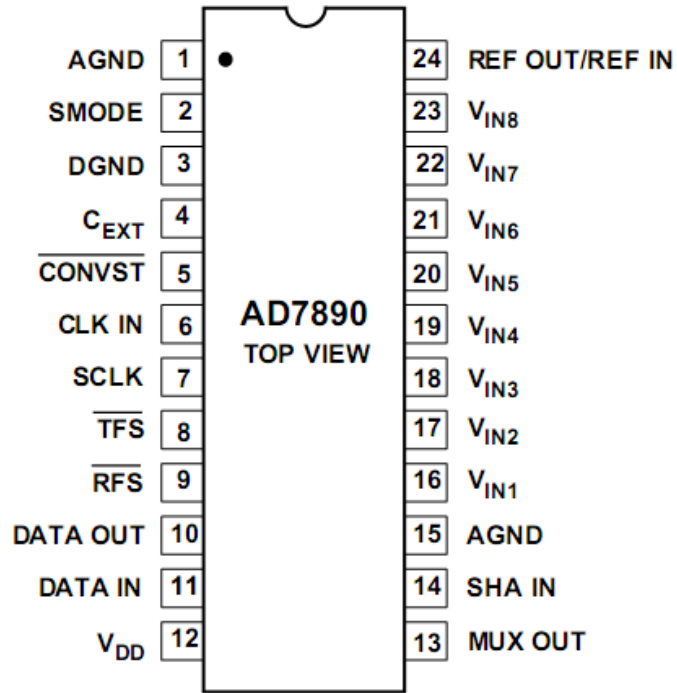


Рисунок 1.11 - Виводи мікросхеми АЦП AD7890-10

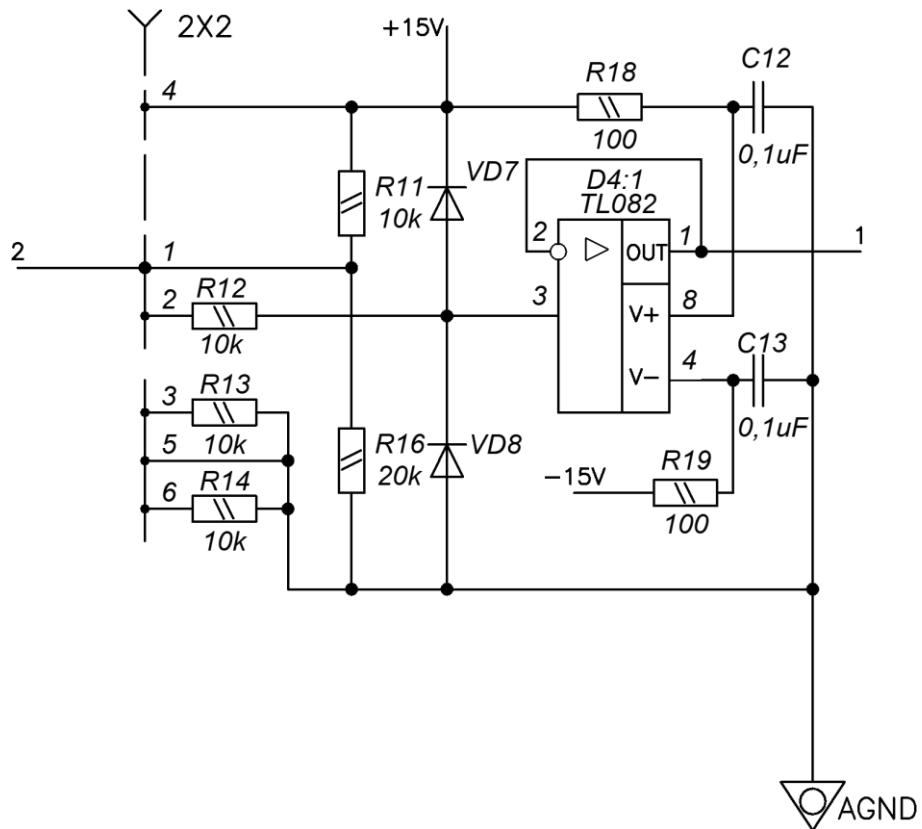


Рисунок 1.12 - Схема посилення сигналу з датчика тиску

CEXT - Додатковий конденсатор, для визначення тривалості імпульсу.

CONVST - Початок перетворення

CLK IN - Вхід генератора

SCLK - Послідовний вхід генератора

TFS - передача синхронізуючого імпульсу

RFS - прийом синхронізуючого імпульсу

DATA OUT - Послідовний висновок даних

DATA IN - Послідовний введення даних

VDD Напруга живлення,  $+5\text{ V} \pm 5\%$ .

MUX OUT - вихід мультиплексора

AGND - аналогова земля

VIN1 - Аналоговий вхід, канал1 (від 0 до 10 В)

VIN2 - Аналоговий вхід, канал2 (від 0 до 10 В)

VIN3 - Аналоговий вхід, канал3 (від 0 до 10 В)

VIN4 - Аналоговий вхід, канал4 (від 0 до 10 В)

VIN5 - Аналоговий вхід, канал5 (від 0 до 10 В)

VIN6 - Аналоговий вхід, канал6 (від 0 до 10 В)

VIN7 - Аналоговий вхід, канал7 (від 0 до 10 В)

VIN8 - Аналоговий вхід, канал8 (від 0 до 10 В)

Сигнал з датчиків тиску перевіряється, посилюється і подається на АЦП.

Схема форсування необхідна для подачі напруги на клапан і зриву штока клапана с “мертвої” точки.

Після відкриття клапана напруга, що подається на нього з схеми форсування занадто велике, для утримання клапана досить напруги в 5В, це все реалізовано в схемі фіксації клапана (Рис. 1. 15).

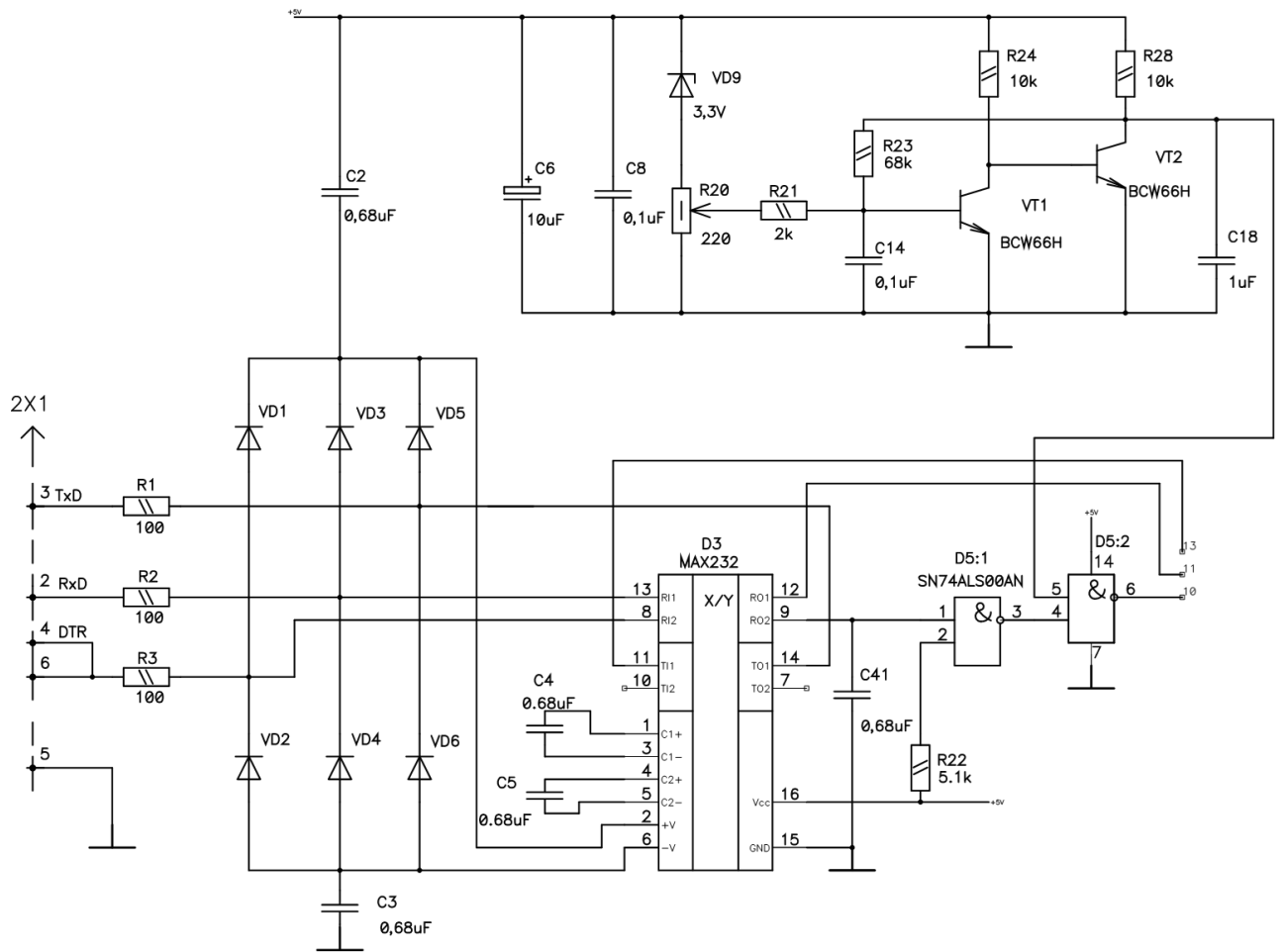


Рисунок 1.13 - Схема включення контролера послідовного порту

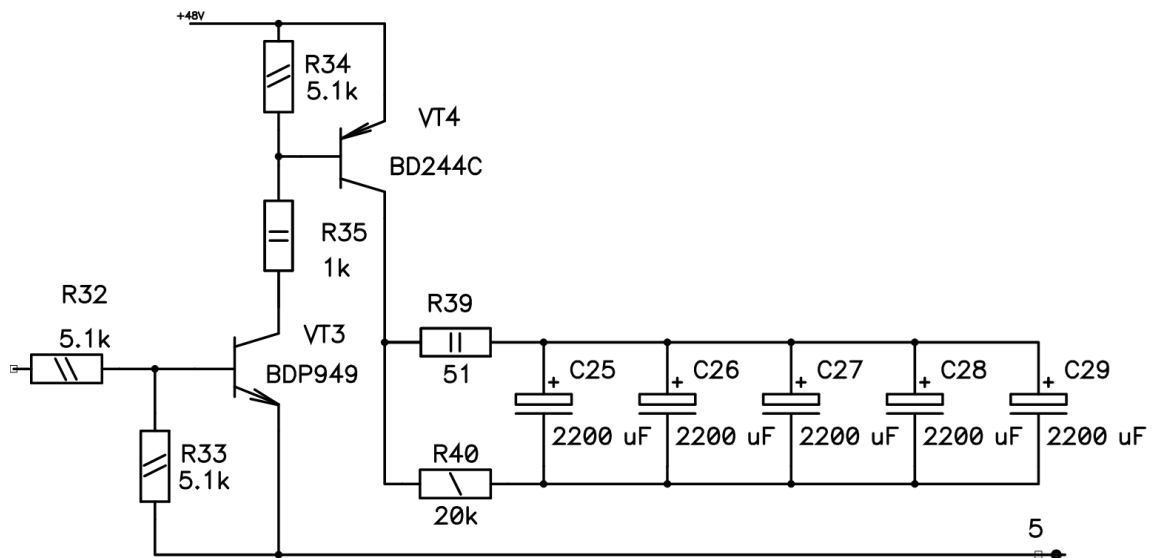


Рисунок 1. 14 Схема форсування для клапана

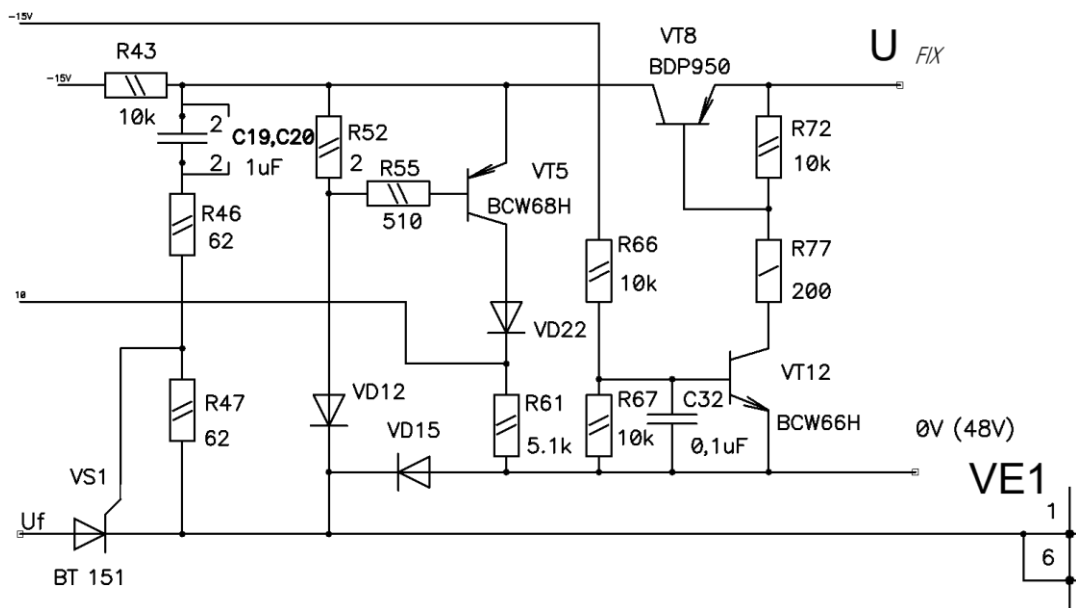


Рисунок 1. 15 Схема фіксації напруги клапана

#### 1.4.1 Вибір елементної бази.

Вибір використовуваних елементів проводиться з урахуванням необхідних при роботі пристрою параметрів. Сучасне досягнення науки і техніки дає у зв'язі отримання систем з мінімальною кількістю елементів при збільшенні надійності і зменшенні енергоспоживання.

Розроблювальний пристрій буде реалізовано на цифрових і аналогових інтегральних мікросхемах. Відразу ж постає питання про вибір виробників елементної бази. В результаті консультації на виробництві було прийнято рішення вибрати мікросхеми західного виробництва для мікросхем, що виконують складні функції (ЦАП, ОУ), що більш продиктовано не ціною ІМС, а показниками якості і відсотком браку в поставках. Для реалізації простих логічних функцій можна скористатися і мікросхемами, виробленими в Росії.

Також необхідно вибрати тип логіки цифрових мікросхем. Найбільш поширеними зараз є ТТЛ і КМОП логіка. Для реалізації проектного пристрою достатньо швидкодії як ТТЛ, так КМОП мікросхем, але КМОП мікросхеми менш

енергоємні в статичному режимі і не споживають струму по входах. Також логічні рівні висновком мікроконтролерів (мікропроцесорів) має КМОП рівні.

Істотною проблемою, що виникає при такому виборі є захист мікросхем від наведень в ланцюзі живлення , необхідність заводити на корпус все невикористовувані висновки і запобігання переходу логічних мікросхем в "режим тиристорного включення".

Для вимірювання величини вакууму будемо використовувати два датчика фірми PFIFER , IKR 251 призначений для вимірювання високого вакууму, виконує заміри вакууму в межах від  $10^{-8}$  да  $10^{-3}$  мбар.

Для вимірювання низького вакууму будемо використовувати датчик TPR 265 - цей датчик виробляє виміри вакууму в межах до  $10^{-3}$  мбар.

#### 1.4.2 Розрахунок пускового осередку

В основу мого завдання, за рекомендацією керівника проекту, входить розрахунок пускового осередку. Пусковий осередок входить в пристрій управління клапанами (УУК) і необхідна для подачі імпульсного напруги і напруги утримання електромагнітного клапана. Імпульсна напруга необхідно для зриву штока клапана з «мертвої» точки, а напруга утримання для утримання штока клапана з необхідним зусиллям в заданому положенні.

До складу пускового осередка увійдуть складовий ключ на двох транзисторах, включених за стандартною ключовою схемою, і необхідний для подачі потужного імпульсу тиристор. Схема пускового осередка зображена на Рис. 1 . 16 .[12]

Для управління електромагнітним клапаном напруги близько 2В буде цілком достатньо. Транзистори вибираються виходячи з значення максимальної напруги і струму надходять на них. Транзистор повинен витримувати напругу рівне  $2 \times U_{пит}$  В.

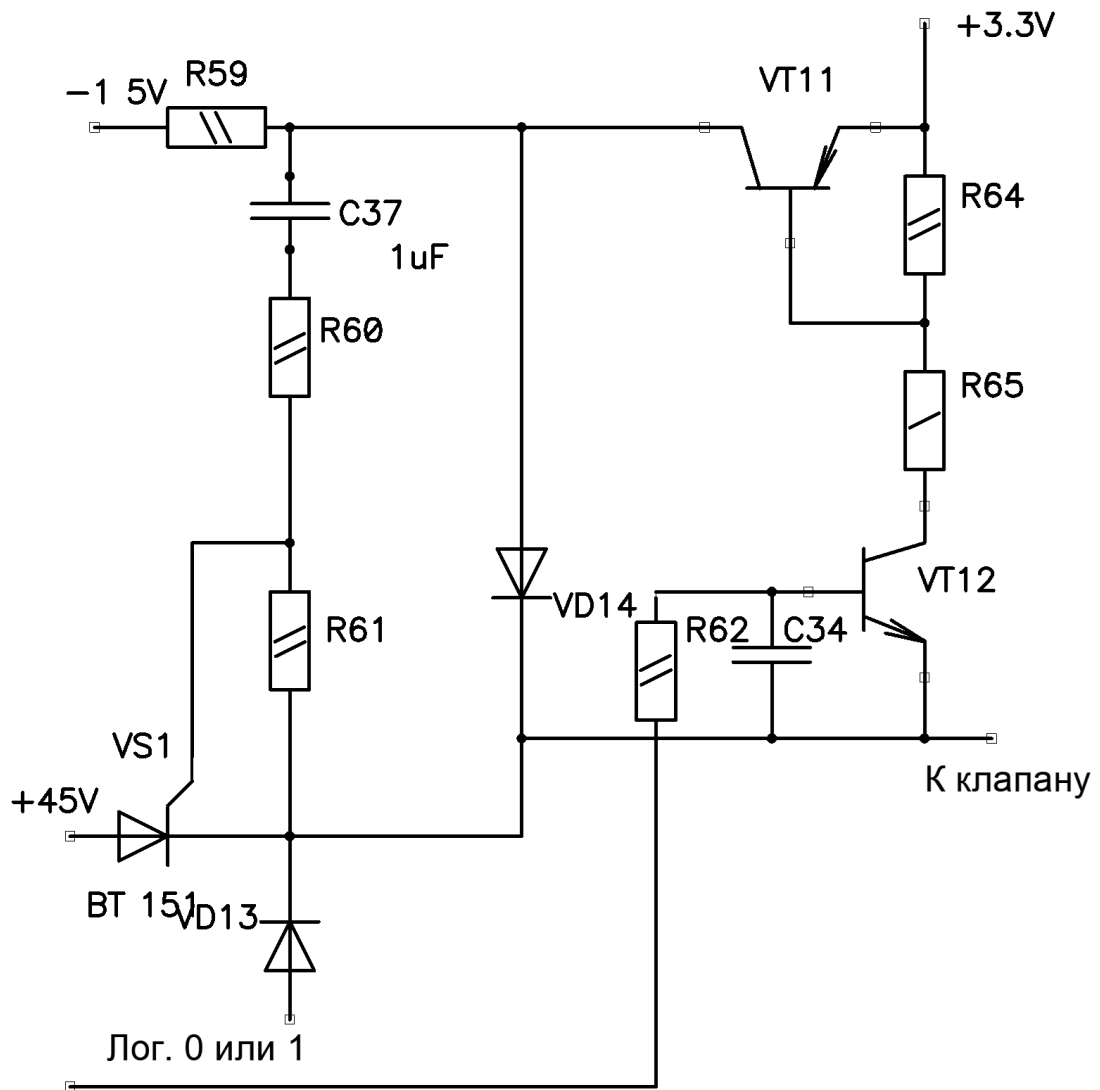


Рисунок 1.16 Пусковий осередок, схема електрична принципова.

Потужний ключ на транзисторі КТ816А цілком підходить для забезпечення необхідної потужності. Для його управління використовуватимемо менш потужний транзистор. Таким чином, в складовою ключ увійдуть транзистор малої потужності для управління потужним транзистором. Як малопотужного ключа будемо використовувати транзистор загального застосування, наприклад КТ3102Г. Зробимо розрахунок елементів ключа. Дані використовуваних транзисторів наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Дані транзисторів КТ816А і КТ3102Г

• Транзистор	• КТ816А	• КТ3102Г
• $U_{кэ\ max}$ , V.	• 25	• 20
• $I_{к\ max}$ , A.	• 3	• 0.1
• $U_{бэ\ нас}$ , при $I_{к}=3A$ , $I_{б}=0.3 A$	• $\leq 1.5$	• -
• $\beta_{ст}$ в схемі з ОЕ	• 20	• 400-1000

Середнє значення  $U_{бэ}$  для кремнієвих транзисторів складає 0.7 V.

Залишкова напруга  $\Delta U_{кэ}$  відкр – падіння напруги на транзисторі у відкритому стані, є істотним параметром транзистора в імпульсному режимі роботи, має бути мінімальним.  $\Delta U_{кэ}$  відкр лежить в межах 0.05 – 1 V.

Розглянемо ключ на транзисторі VT12:

$$I_{к} = \beta_{ст} \cdot I_{б} \quad (1.1)$$

$$I_{к} = 100 \text{ мА}; \beta_{ст} = 400-1000$$

$$I_{б} = \frac{I_{к}}{\beta} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{500} = 0.2 \cdot 10^{-3} = 0.2 \text{ (мА)} \quad (1.2)$$

$$R_{62} = R_{б} = \frac{U_{вх.лог} - U_{бэ}}{I_{б}} = \frac{3 - 0.7}{0.2 \cdot 10^{-3}} = 11.5 \text{ (кОм)} \quad (1.3)$$

де  $U_{вх.лог}$ - сигнал від мікропроцесора.

$U_{уд.кл.}$ - напруга, необхідна для утримання штока клапана.

При замкненому ключі на транзисторі VT11:

$$R_{65} = \frac{U_{уд.кл.} - U_{бэVT11}}{I_{кVT12}} = \frac{3.3 - 0.7}{0.1} = 25 \text{ (Ом)}. \quad (1.4)$$

Ми отримали граничне значення струму бази

–  $I_{Б,ГР}$ . Режим роботи відкритого транзистора при  $I_{Б} > I_{Б,ГР}$  називають насиченим, а відношення  $S = I_{Б}/I_{Б,ГР}$  – коефіцієнтом насичення транзистора.

Режим насичення широко використовується для забезпечення відкритого стану транзистора. Його відкритий стан при цьому стає більш стійким до впливу перешкод у вхідному ланцюзі.

У режимі насичення струм бази транзистора

$$I_{Б} = S \cdot \frac{I_{к}}{\beta} \quad (1.5)$$

де  $S$  може складати 1.5-3.

Згідно з попереднім розрахунком:

$$S = \frac{U_{ВХ.ЛОГ} \cdot R_{65} \cdot \beta}{E_{П} \cdot R_{62}} = \frac{3 \cdot 25 \cdot 500}{3.3 \cdot 11500} = 0.9 \quad (1.6)$$

Звідси видно, що необхідно збільшити  $S$  до значення 1.5-3. Це можна зробити, збільшивши опір  $R_{65}$ . Вирішимо рівняння:

$R_{65} \cdot 0.04 = 3$ ; звідси  $R_{65} = 80$  Ом.

Визначимо, при якому  $U_{ВХ.ЛОГ}$  транзистор VT12 насичується, згідно (1.4):

$$I_{К.НАС.} = \frac{U_{УД.КЛ.} - U_{БЭVT11}}{R_{65}} = \frac{3.3 - 0.7}{80} = 32 \text{ (мА)},$$

де  $U_{БЭVT11}$  – падіння напруги на переході база-емітер транзистора VT11.

Відповідно до формули (1.1):

$$I_{Б.НАС.} = \frac{I_{К.НАС.}}{\beta} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{500} = 0.064 \text{ (мА)};$$



$$U_{ВХ.НАС.} = I_{Б.НАС.} \cdot R_{62} = 0.064 \cdot 10^{-3} \cdot 11.5 \cdot 10^3 = 0.8 \text{ (V)}$$

Таким чином, при подачі логічної одиниці на вхід пристрою, транзистор VT12 буде працювати в ключовому режимі.

Перевіримо, чи достатньо значення струму  $I_{К.VT12}$  для надійної роботи транзисторного ключа на VT11:

$$\text{Запишемо } I_{Б.VT11} = I_{К.VT12} = 32 \text{ (мА)}.$$

По формулі (1.1):

$$I_{К.} = 32 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 640 \text{ (мА)}.$$

$$U_{БЭ.VT11} = U_{уд.кЛ} - I_{К.VT12} \cdot R_{65} = 3.3 - 0.1 - 32 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 0.64 \text{ (V)}.$$

Враховавши, що рекомендовані межі коефіцієнта насичення  $S$  1.5-3, можна задатися межами опору котушки, який повинний знаходитися на інтервалі  $R_{КАТ} = 30 \dots 60 \text{ Ом}$ .

У схемі проектованої осередку необхідний діод VD14 в колекторного ланцюга транзистора VT11. Він введений з метою блокування подачі імпульсу високої напруги в момент відкривання тиристора VS1. Параметри необхідного діода наступні:

$$I_{ПР} \geq 0.65 \text{ А.};$$

$$U_{ОБР} \geq 4 \text{ V}.$$

Цим критеріям задовольняє діод, призначений для перетворення напруги підвищеної частоти, КД212А. Його довідкові дані:

$$I_{ПР} = 1 \text{ А.};$$

$$U_{ОБР} = 200 \text{ V.};$$

$$U_{ПР} = \text{не більше } 1 \text{ V}.$$

Визначимо  $U_{ВХ.НАС.}$ ,  $I_{К.НАС.}$ ,  $I_{Б.НАС.}$ :

$$R_{СУМ} = R_{VD} + R_{КАТ}$$

де  $R_{VD}$  – опір p-n переходу діода,

$$R_{VD} = \frac{U_{IP}}{I_{VD}} = \frac{0.8}{0.65} = 1.2 \text{ (Ом)} \quad (1.7)$$

$$I_{K.HAC.} = \frac{U_{уд.кл.} - U_{VD} - U_{КАТ}}{R_{СУМ}} = \frac{3.3 - 0.7}{81} = 0.017 \text{ (А)} \quad (1.8)$$

$$I_{Б.HAC.} = \frac{I_{K.HAC.}}{\beta} = \frac{0.016}{20} = 0.8 \text{ (мА)};$$

$$U_{ВХ.HAC} = I_{Б.HAC.} \cdot R_B = 0.8 \cdot 10^3 \cdot 81 = 0.065 \text{ (V)}, \quad (1.9)$$

Таким чином, транзистор VT11, працюючи в ключовому режимі, буде знаходитися в насиченні. Резистори R63 і R64 необхідні для виключення ключа при логічному нулі на вході схеми. Значення опорів цих резисторів підібрані експериментально і рівні 10 кОм.

Розглянемо суть подачі імпульсу високої напруги (напруги форсування) для зриву штока з «мертвої» точки.[13]

Подачу зазначеної напруги форсування передбачає схема ключа на тиристорі. Для відмикання тиристора необхідно подати на його керуючий електрод імпульс струмом не менше 100 мА. і напругою до 12 В. Для організації стрибка струму на керуючому електроді необхідний конденсатор (на схемі осередку С37). Для виключення появи некерованого стрибка струму на конденсаторі С37 в момент включення всієї вакуумної системи С37 буде заряджатися через резистор R59. Опір R59 лежить в межах 10-50 кОм. Резистор обмежує швидкість заряду конденсатора. Таким чином, при закритих ключах на транзисторах VT12 і VT11 конденсатор С37 заряджений від додаткового джерела живлення до напруги 15 В. Причому, позитивний потенціал обкладання

конденсатора знаходиться на стороні керуючого електрода. Поки відсутній сигнал високого рівня від мікропроцесора, транзистор VT12 і VT11 замкнені, і струми в колекторних ланцюгах визначаються струмами витоку. Потенціал на конденсаторі C37 дорівнює 15В.

У момент приходу сигналу включення клапана транзистор VT12 відкривається і переходить в режим насичення, відкриваючи тим самим транзистор VT11. В результаті відкриття транзистора VT11 відбувається стрибок струму на конденсаторі C37, а потенціал його знижується до значення  $15 - 3 = 12$  В. Для стабільного відмикання тиристора VS1 струму 200 мА. на керуючому електроді досить. Знайдемо необхідний опір в ланцюзі керуючого електрода (на схемі Рис. 1.16 - R60).

$$R60 = \frac{U_{C37}^{t+1}}{I_{УПР}} = \frac{12}{0.2} = 60 \text{ (Ом)} \quad (1.10)$$

де  $I_{УПР}$  - струм керуючого електрода,  $U_{C37}^{t+1}$  - напруга на конденсаторі C37 після відкриття транзистора VT11.

Час дії імпульсу струму на керуючому електроді тиристора VS1 має бути більше часу відмикання тиристора. Виходячи з довідкових даних, час відмикання знаходиться в межах 10-15 мкс. Отже, необхідно впливати на керуючий електрод протягом часу:

$$t_{ИТ} = 3 \cdot t_{ОТ} = 3 \cdot 15 = 45 \text{ (мкс.)} \quad (1.11)$$

де  $t_{ИТ}$  - час імпульсу струму на електроді,  $t_{ОТ}$  - час відмикання тиристора.

Знайдемо значення конденсатора C37:

$$C37 = \frac{t_{ИТ}}{R60} = \frac{45 \cdot 10^{-6}}{60} = 0.76 \text{ (мкФ)} \quad (1.12)$$

Резистор R61 необхідний у зв'язку з вимогами щодо експлуатації тиристорів.

Між катодом і керуючим електродом повинен бути включений шунтуючий резистор опором 50-100 Ом. Тиристор підійде T106-10.

Таким чином, стрибок струму на конденсаторі C37 веде за собою відмикання тиристора і розряд конденсаторів C27 ... C31 великої місткості на котушку, що міститься в клапані. Коли конденсатори C27 ... C31 повністю розрядяться, і значення струму в ланцюзі стане менше струму утримання тиристора у відкритому стані, тиристор закриється. Транзистори ж залишаться відкритими, і колекторний струм транзистора VT11, проходячи через котушку клапана, буде утримувати шток клапана в необхідному положенні.

Діод VD13, включений назад, необхідний для запобігання впливу перехідного процесу в котушці клапана на елементи схеми. Для цих цілей, внаслідок незначних і короткочасних імпульсів струмів і напруг, підійде діод починаючи з серії КД202В.

Його параметри:

$$I_{\text{ПР}} = 5 \text{ А.};$$

$$U_{\text{ОБР}} = 140 \text{ В.};$$

Прямий імпульсний струм при  $\tau_{\text{и}} \leq 20 \text{ мкс. } I_{\text{ПР}} = 30 \text{ А.}$

Діод VD14 потрібен для запобігання подачі позитивного імпульсу високої напруги в колекторний ланцюг транзистора VT11.

### **1.4.3 Розрахунок пристрою форсування**

Зробимо синтез пристрою, необхідного для подачі імпульсу напруги на клапан узгоджено з командою мікропроцесора, для його подальшого утримання в заданому режимі. Слід зазначити, що для зняття клапана з «мертвої точки» по досвідченим даним достатньо подати на нього напругу до 50 В. з струмом до 1 А. Приймаємо час форсування клапана 1 ... 2 сек. (За завданням проекту).

Пристрій, що організує подачу напруги на клапани, назвемо, умовно, форсують. Його зображено на Рис. 1.17.

Зробимо підбір і розрахунок елементів, які в нього увійдуть. Введемо струмообмежуючий резистор R48. Він необхідний для усунення короткого замикання під час заряду конденсаторів.

Приймемо, що всю напругу джерела 48 В. падає на цьому резисторі, згідно із законом Ома отримаємо.

$$R_{48} = \frac{E_{II} - U_{кэ.нас}}{I_{форс}} = \frac{48 - 2}{1} = 46 \text{ Ом}, \quad (1.13)$$

так як номіналу резистора з опором 48 Ом в асортименті радіокомпонентів загального застосування немає, приймаємо  $R_{48} = 51 \text{ Ом}$ .

Для організації імпульсної подачі напруги форсування на клапани найзручніше використовувати транзистор, як ключ і набір ємностей. Час заряду відомий ( $t_{форсир} \leq 2 \text{ сек}$ ), відомий обмежувальний резистор ( $R_{48} = 51 \text{ Ом}$ ), знайдемо величину необхідної ємності  $C_{форсир}$  по аналогії:

$$C_{форсир} = \frac{t_{форсир}}{R_{48}} = \frac{1}{51} = 0.02 \text{ Ф.} = 20 \text{ 000 мФ.}$$

Як ключ можна взяти потужний транзистор серії КТ818, у нього потужний колекторний струм навантаження, а по напрузі вибираємо букву Г, тобто КТ818Г. Для його управління сигналу з логічного елемента буде мало, тому необхідно використовувати для управління потужним транзистором менш потужний. Як малопотужний ключ будемо використовувати транзистор загального застосування, КТ815В (транзистор VT7). Дані по цих транзисторів наведені в таблиці 1.2.

Розглянемо ключ на транзисторі VT7:

$$I_k = \beta_{ст} \cdot I_B ;$$

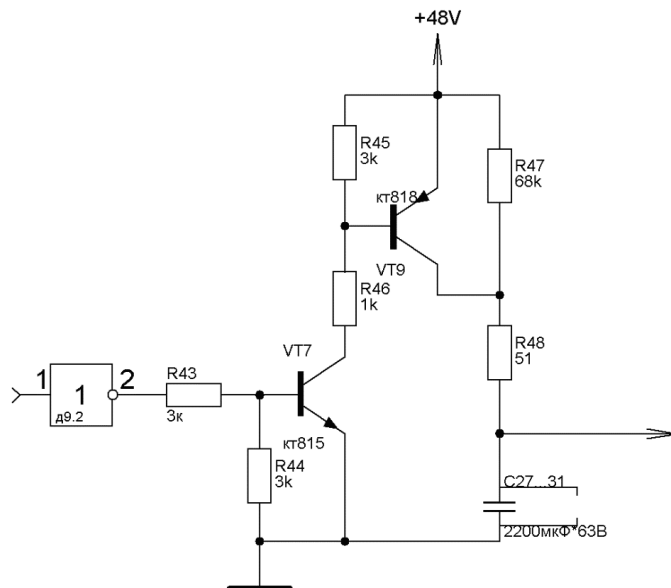


Рисунок 1.17 Пристрій форсування, схема електрична принципова.

$I_k$  приймаємо 100 мА. Цього достатньо для відкриття транзистора VT9;

$\beta_{ст} = 40$ , див табл. 1.2

$\beta_{ст} = 40$ , див табл. 1.2.

Таблиця 1.2 параметри транзистора КТ818Г і КТ815В

Параметр	Значення	
	КТ818Г	КТ815В
Транзистор	КТ818Г	КТ815В
$I_k \text{ max, А}$	10	1.5
$U_{кэ} \text{ max, В}$	80	60
$U_{бэ} \text{ max, В}$	5	5
$P_k \text{ max, Вт}$	60	10
$h_{21e}$	15	40
$U_{кэ} \text{ нас, В}$	2	1
$I_{кб0}, \text{ мА}$	1	0.6
$f_{грн}, \text{ МГц}$	3	0.05

$\beta_{ст} = 40$ , див табл. 1.2.

$$I_B = \frac{I_k}{\beta} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{40} = 2.5 \cdot 10^{-3} = 2.5 \text{ (мА)};$$

$$R43 = R_B = \frac{U_{ВХ.ЛОГ} - U_{БЭ}}{I_B} = \frac{5 - 0.7}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ (кОм)};$$

де  $U_{ВХ.ЛОГ}$  - сигнал, що знімається з логічного елемента Д9.2.

$U_{форс}$  – напруга форсування, необхідна для зриву штока клапана (48 В).

При замкненому ключі на транзисторі VT9:

$$R46 = \frac{U_{\delta\delta\bar{n}} - U_{БЭVT9}}{I_{к.VT7}} = \frac{48 - 0.7}{0.15} = 0.5 \text{ (кОм)}.$$

Ми отримали граничне значення струму бази –  $I_{Б,ГР}$ . Режим роботи відкритого транзистора при  $I_B > I_{Б,ГР}$  називають насиченим, а відношення  $S = I_B / I_{Б,ГР}$  – коефіцієнтом насичення транзистора.

Режим насичення широко використовується для забезпечення відкритого стану транзистора. Його відкритий стан при цьому стає більш стійким до впливу перешкод у вхідному ланцюзі.

У режимі насичення струм бази транзистора згідно:

$$I_B = S \cdot \frac{I_k}{\beta};$$

де  $S$  може становити 1.5-3.

$$S = \frac{U_{ВХ.ЛОГ} \cdot R46 \cdot \beta}{E_{П} \cdot R43} = \frac{5 \cdot 500 \cdot 40}{48 \cdot 2000} = 1;$$

Звідси видно, що необхідно збільшити  $S$  до значення 1.5-3. Це можна зробити, збільшивши опір  $R_{46}$ . Вирішимо рівняння:

$$R_{46} \cdot \frac{U_{ВХ.ЛОГ} \cdot \beta}{E_{П} \cdot R_{43}} = 2;$$

$$R_{46} \cdot 0.002 = 2;$$

звідки  $R_{46} = 1$  кОм.

Визначимо, при якому  $U_{ВХ.НАС}$  транзистор  $VT7$  насичується:

$$I_{К.НАС.} = \frac{U_{форс.} - U_{БЭVT9}}{R_{46}} = \frac{48 - 0.7}{1000} = 47 \text{ (мА)},$$

де  $U_{БЭVT9}$  – падіння напруги на переході база-емітер транзистора  $VT7$ .

$$I_{Б.НАС.} = \frac{I_{К.НАС.}}{\beta} = \frac{47 \cdot 10^{-3}}{40} = 1.17 \text{ (мА)};$$

$$U_{ВХ.НАС.} = I_{Б.НАС.} \cdot R_{43} = 1.17 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 2.34 \text{ (В)}$$

Таким чином, при подачі логічної одиниці на вхід пристрою, транзистор  $VT7$  буде працювати в ключовому режимі. Це видно з того, що рівень ТТЛ логічної одиниці, що використовуються ІМС, дорівнює 4.7 В. А за розрахунками вже 2.34 В. буде достатнім для насичення транзистора  $VT7$ .

Розглянемо ключ на транзисторі  $VT9$ :

$$I_{к} = \beta_{ст} \cdot I_{Б} ;$$

$$I_{к} = 1 \text{ А}; \beta_{ст} = 15$$



$$I_B = \frac{I_k}{\beta} = \frac{1}{15} = 66 \text{ (мА)};$$

$$R_{46} = R_B = \frac{U_{\text{форс}} - U_{\text{БЭ}}}{I_B} = \frac{44}{66 \cdot 10^{-3}} = 670 \text{ Ом}$$

Ми отримали граничне значення струму бази -  $I_{\text{Б,ГР}}$ . Режим роботи відкритого транзистора при  $I_B > I_{\text{Б,ГР}}$  називають насиченим, а відношення  $S = I_B / I_{\text{Б,ГР}}$  - коефіцієнтом насичення транзистора.[14]

Режим насичення широко використовується для забезпечення відкритого стану транзистора. Його відкритий стан при цьому стає більш стійким до впливу перешкод у вхідному ланцюзі.

У режимі насичення струм бази транзистора:

$$I_B = S \cdot \frac{I_k}{\beta};$$

Згідно з попереднім розрахунком:

$$S = \frac{U_B \cdot R_{48} \cdot \beta}{E_{II} \cdot R_{46}} = \frac{44 \cdot 50 \cdot 15}{48 \cdot 670} = 1$$

Звідси видно, що необхідно збільшити  $S$  до значення 1.5-3. Це можна зробити, збільшивши опір  $R_{48}$ . Вирішимо рівняння:

$$R_{48} \cdot 0.02 = 2;$$

$$R_{48} = 100 \text{ Ом.}$$

Визначимо, при якому  $U_{\text{ВХ,ЛОГ}}$  транзистор VT9 насичується:

$$I_{\text{К,НАС}} = \frac{E_{II} - U_{\text{КЭVT9}}}{R_{48}} = \frac{48 - 2}{100} = 460 \text{ (мА)},$$

$$I_{Б.НАС.} = \frac{I_{К.НАС.}}{\beta} = \frac{480 \cdot 10^{-3}}{15} = 32 \text{ (мА)};$$

$$U_{ВХ.НАС.} = I_{Б.НАС.} \cdot R_{46} = 32 \cdot 10^{-3} \cdot 670 = 22 \text{ (В)}$$

З розрахунків видно, що з моменту відкриття транзистора VT7, по досягненню напруги на його колекторі понад 22 В. насичується транзистор VT9. І починає працювати в стійкому ключовому режимі. Зауважимо, що резистор R45 необхідний для утримання напруги база-колектор в межах 5 В, згідно допустимих значень.

Таким чином, ми зробили розрахунок транзисторних ключів для реалізації форсує частини схеми проєктованого пристрою.

#### 1.4.4 Оптимізація алгоритму

Пронумеруємо оператори алгоритму, щоб краще їх розрізнити, пронумеровані окремо керуючі (операційні) і логічні оператори.

На основі побудованої ДСА будується ЛСА за наступним алгоритмом:

1. За заданою ДСА визначається початковий оператор A0, що відповідає початковій вершині ДСА. Він пишеться на початку рядка ЛСА.

2. У ДСА завжди є вершина, вхід якої з'єднаний з виходом початкової вершини. Якщо ця вершина має один вхід, то в рядок після оператора «Початок» необхідно записати оператор цієї вершини. Якщо ж вершина, поєднана з оператором «Початок», має більше одного входу, то праворуч від оператора «Початок» необхідно поставити кінець стрілки з номером, а праворуч від неї - наступний за порядком оператор, який виконується після оператора «Початок».

3. Якщо вершина є керуючою, то вона має один вихід і її потрібно з'єднати з наступною вершиною відповідно до пункту 2.[15]

4. Якщо ж вершина логічна, то після запису умовного оператора потрібно поставити після нього початок стрілки з індексом. Цей індекс може збігатися з індексом кінця стрілки, що стоїть після оператора «Початок», якщо існує зв'язок від нульового виходу умовного оператора до другої вершини, або він може відрізнятись від раніше введеного індексу.

5. Для третьої і наступних вершин ГСА послідовно виконуються пункти 3 і 4 з тією різницею, що замість оператора «Початок» йдуть інші вершини до тих пір, поки не будуть проаналізовані всі вершини ГСА. Кінець.

Отримана ЛСА має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 & A_0 A_1 \downarrow^4 \bar{X}_1 \uparrow^1 X_2 \uparrow^2 \omega \uparrow^3 \downarrow^2 A_2 \uparrow^4 \downarrow^3 A_3 \downarrow^1 A_4 A_5 A_6 \\
 & \downarrow^8 \bar{X}_3 \uparrow^5 \omega \uparrow^6 \downarrow^5 \downarrow^9 \downarrow^{16} A_{16} \uparrow^7 \downarrow^6 X_4 \uparrow^8 A_7 A_8 \downarrow^{10} A_9 \bar{X}_5 \uparrow^9 \\
 & X_6 \uparrow^{10} A_{10} A_{11} \downarrow^{11} A_{12} X_7 \uparrow^{11} A_{13} A_{14} \downarrow^{13} \bar{X}_8 \uparrow^{12} A_{15} X_9 \uparrow^{13} A_{17} \downarrow^7 A_k
 \end{aligned} \tag{1.14}$$

Для побудови МСА по ДСА необхідно скористатися наступним алгоритмом:

1. В результаті аналізу ДСА складається квадратна матриця МСА. Для цього рядка матриці відображається символами операторних вершин за винятком оператора  $A_{10}$ . Перший верхній рядок матриці відбивається символом  $A_0$ . Стовпці матриці відображаються символами операторних вершин, починаючи з оператора  $A_1$ . Крайній стовпець відбивається символом операторної вершини  $A_k$ .

2. Для знаходження функцій переходів між операторної вершиною  $A_i$  і всіма іншими операційними вершинами ДСА визначаються всі можливі шляхи, які об'єднують вершину  $A_i$  з іншими операційними вершинами ДСА, в тому числі і які проходять через логічні (умовні) вершини.

3. Для кожного із знайдених шляхів складається функція переходу, що діє за такими правилами:

а) якщо вершина  $A_i$  і деяка інша  $A_j$  з'єднані безпосередньо одна з однією, то відповідна їм функція переходів тотожне дорівнює 1,

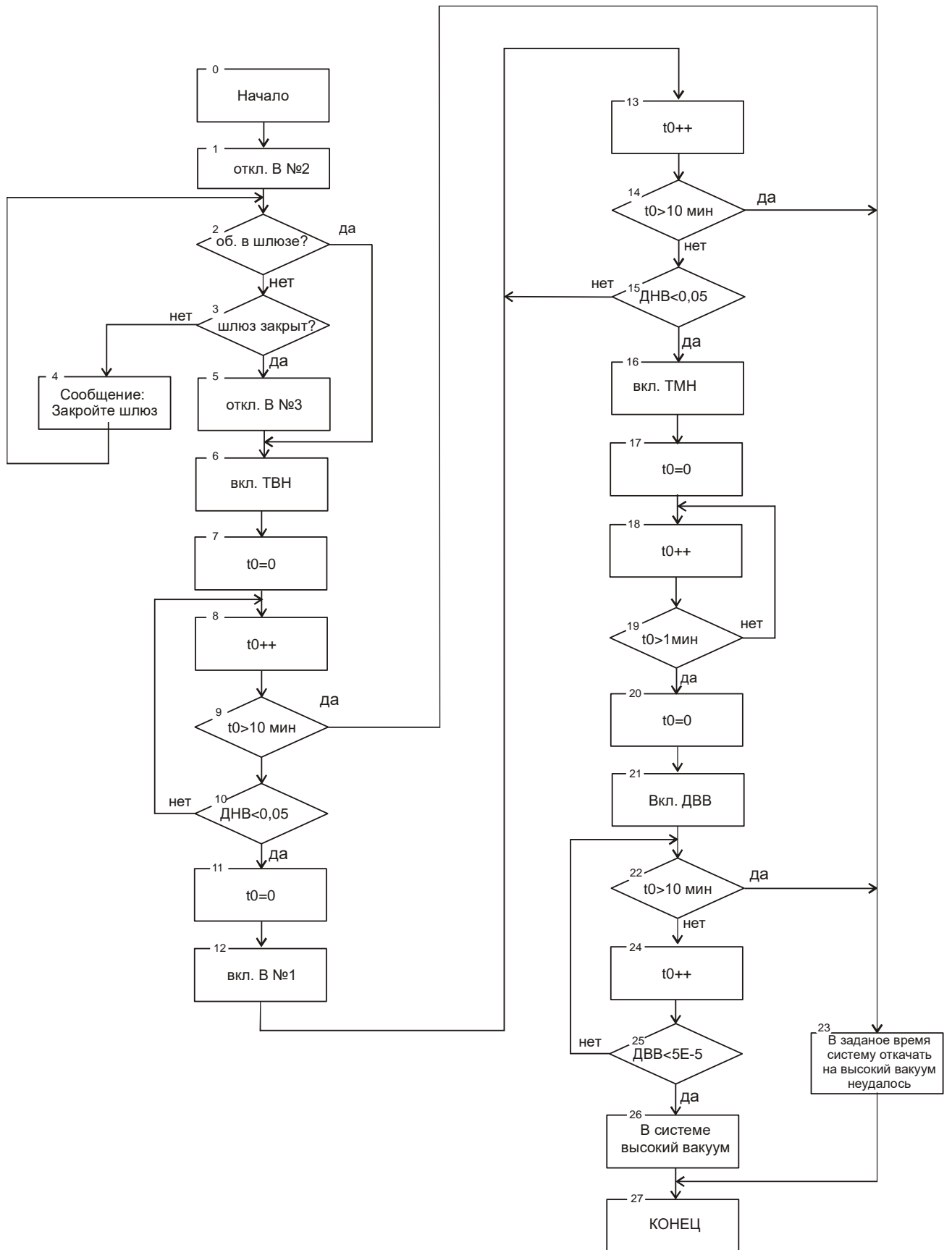


Рисунок 1.18 - Алгоритм работы вакуумной системы

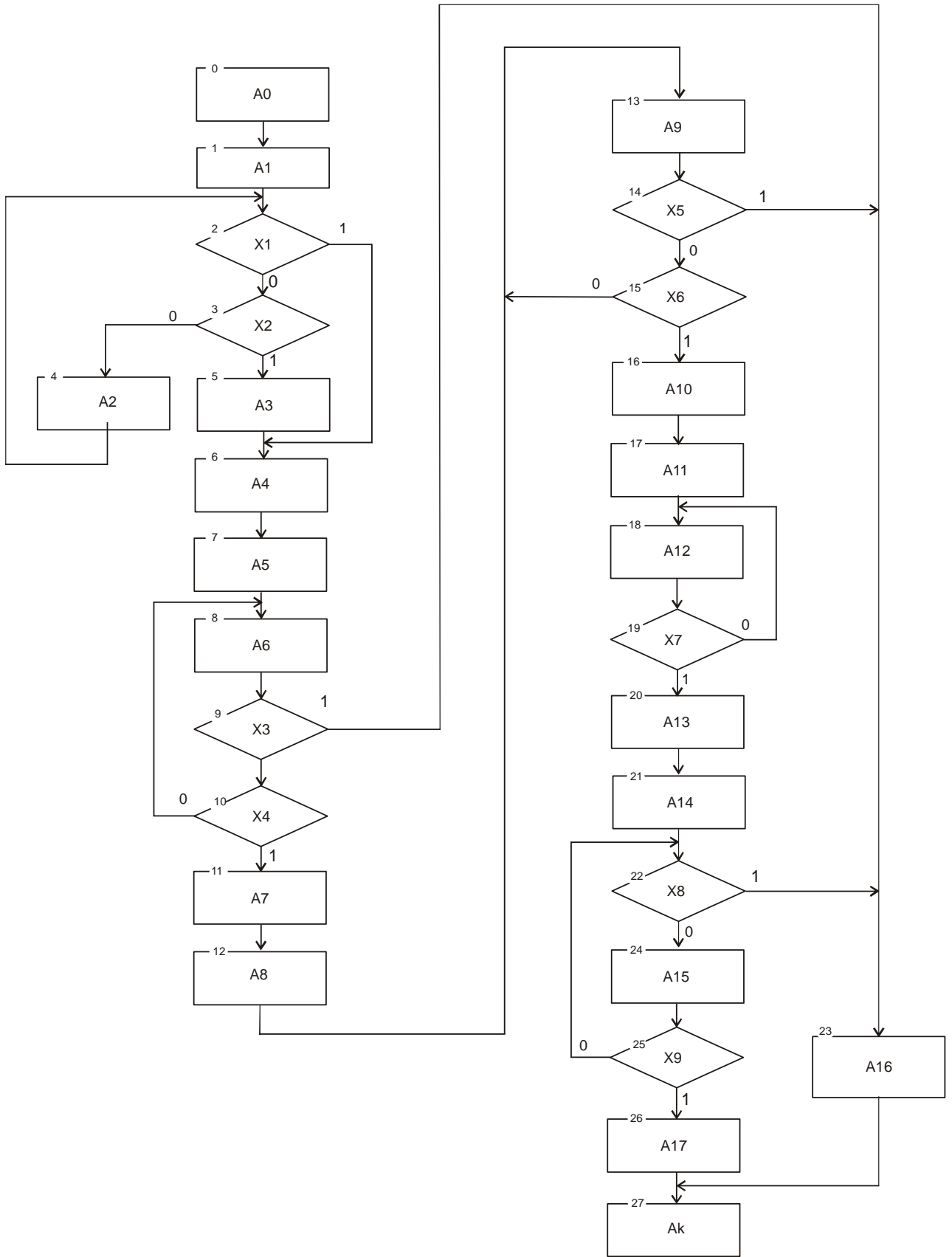


Рисунок 1.19 - Граф схема алгоритму

тобто якщо шлях між вершиною оператора  $A_i$  і деякої іншої  $A_j$  проходить через 1 (0) вихід в умовній вершині, то в функцію переходу входить символ умовної вершини в прямому або інверсному вигляді тобто

$$A_{ij} = x_k, A_{ij} = \overline{x_k}. \quad (1.15)$$

б) якщо шлях, який об'єднує вершину  $A_i$  з вершиною  $A_j$ , проходить через кілька умовних вершин, то відповідні функції переходів утворюють кон'юнкцію, наприклад:

$$A_{ij} = \overline{x_k x_l x_m} \quad (1.16)$$

в) якщо між вершиною  $A_i$  і деякою вершиною  $A_j$  відсутній шлях, який не проходить також і через інші умовні вершини, то відповідна функція переходів тотожно дорівнює 0.

2. Після отримання МСА необхідно упевнитися, що виконуються перша і друга умови МСА:

Таблиця 1.3 Матрична схема алгоритму

	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_k$
$A_0$	1																		
$A_1$		$\overline{x_1 x_2}$	$\overline{x_1 x_2}$	$x_1$															
$A_2$			$\overline{x_1 x_2}$	$x_1$															
$A_3$				1															
$A_4$					1														
$A_5$						1													
$A_6$							$\overline{x_3 x_4}$										$x_3$		
$A_7$								1											
$A_8$									1										
$A_9$										$\overline{x_5 x_6}$							$x_5$		
$A_{10}$											1								
$A_{11}$												1							
$A_{12}$													$\overline{x_7}$	$x_7$					
$A_{13}$															1				
$A_{14}$																$\overline{x_8}$	$x_8$		
$A_{15}$																	$\overline{x_9 x_8}$	$x_9$	
$A_{16}$																			1
$A_{17}$																			1

$$A_{ij}A_{il} = 0 \quad (1.17)$$

де  $j \neq l$ , та

$$\bigvee_{j=1}^k \alpha_{ij} = 1. \quad (1.18)$$

Побудована МСА записана в табл. 1.3.

$$A_1^{t+1} = A_0$$

$$A_2^{t+1} = A_1 \overline{x_1 x_2}$$

$$A_3^{t+1} = A_1 \overline{x_1 x_2} \vee A_2 \overline{x_1 x_2}$$

$$A_4^{t+1} = A_1 x_1 \vee A_2 x_1 \vee A_3$$

$$A_5^{t+1} = A_4$$

$$A_6^{t+1} = A_5 \vee A_6 \overline{x_3 x_4}$$

$$A_7^{t+1} = A_6 \overline{x_3 x_4}$$

$$A_8^{t+1} = A_7$$

$$A_9^{t+1} = A_8 \vee \overline{x_5 x_6}$$

$$A_{10}^{t+1} = A_9 \overline{x_5 x_6}$$

$$A_{11}^{t+1} = A_{10}$$

$$A_{12}^{t+1} = A_{11} \vee A_7 \overline{x_{12}}$$

$$A_{13}^{t+1} = A_{12} x_7$$

$$A_{14}^{t+1} = A_{13}$$

$$A_{15}^{t+1} = A_{14} x_8$$

$$A_{16}^{t+1} = A_6 x_3 \vee A_9 x_5 \vee A_{14} x_8 \vee A_{15} \overline{x_9 x_8}$$

$$A_{17}^{t+1} = A_{15} x_9$$

$$A_0^{t+1} = A_{16} \vee A_{17}$$

В даному випадку ДСА мінімальна.



## 2 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка технологічної частини

В даному розділі ми будемо розробляти друковану плату і складальне креслення друкованої плати пристрою управління вакуумної системи електронного мікроскопа. Конструктивно наш пристрій реалізується на друкованій платі розміром 160x240 міліметрів. Друкована плата контролера вакуумної системи встановлюється в каркас який встановлюється в корпус мікроскопа, при цьому передбачено що каркас можна повернути лицьовою стороною до користувача для ремонту або обстеження при цьому не від'єднуючи його від корпусу мікроскопа.[16]

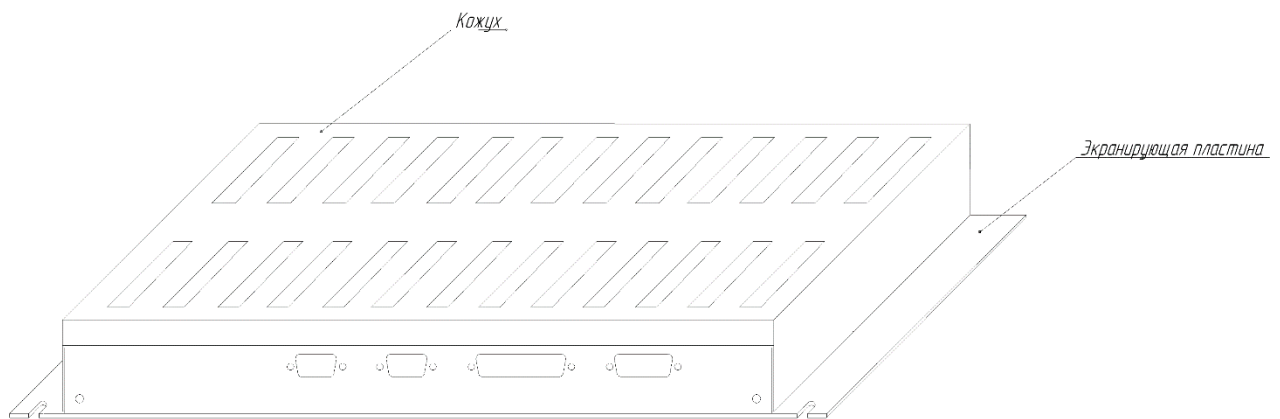


Рисунок 2.1 - Конструкція блоку пристрою

Комплектність конструкторських документів на друкарські плати (ДП) встановлена відповідно до вимог ГОСТ 2.102 і цього стандарту.

При автоматизованому виконанні конструкторських документів на друкарські плати визначальним є базовий спосіб виконання відповідно до ГОСТ 2.113.

Документи на носіях даних (CD, магнітні носії даних, Flash-накопичувачі), що включаються в комплект конструкторських документів на друкарські плати,

призначені для отримання конструкторських документів в традиційній формі, механічної обробки, контролю друківаних плат і виробника фотошаблону, а також передачі інформації про результати проектування в систему (підсистему) автоматизованого виготовлення друківаних плат.

У кожному конкретному випадку склад конструкторських документів, переданих для виготовлення друківаних плат, визначається розробником спільно з виробником згідно з комплектністю, встановленої цим стандартом.

За погодженням з підприємством-виробником допускається виготовлення друківаних плат виробляти за атестованими документами на носіях даних.

Встановлена цим стандартом номенклатура конструкторських документів може доповнюватися в залежності від характеру, призначення та конструктивно-технологічного варіанту виготовлення, а також від технічного оснащення автоматизованих систем проектування і виготовлення друківаних плат.

До складу комплексу конструкторських документів (КД) на ДП допускається включати програмні документи, отримані в результаті автоматизованого проектування і необхідні для виробництва друківаних плат.

За погодженням з виробником і замовником (при його наявності) допускається замість таблиць, зазначених у номенклатурі, включати в комплект КД на ДП програми автоматизованого контролю друківаних плат.

Програми на носіях даних записують в «Відомість документів на носіях даних» (ВН).

При виконанні трьох і менше документів на носіях даних ВН допускається не випускати.

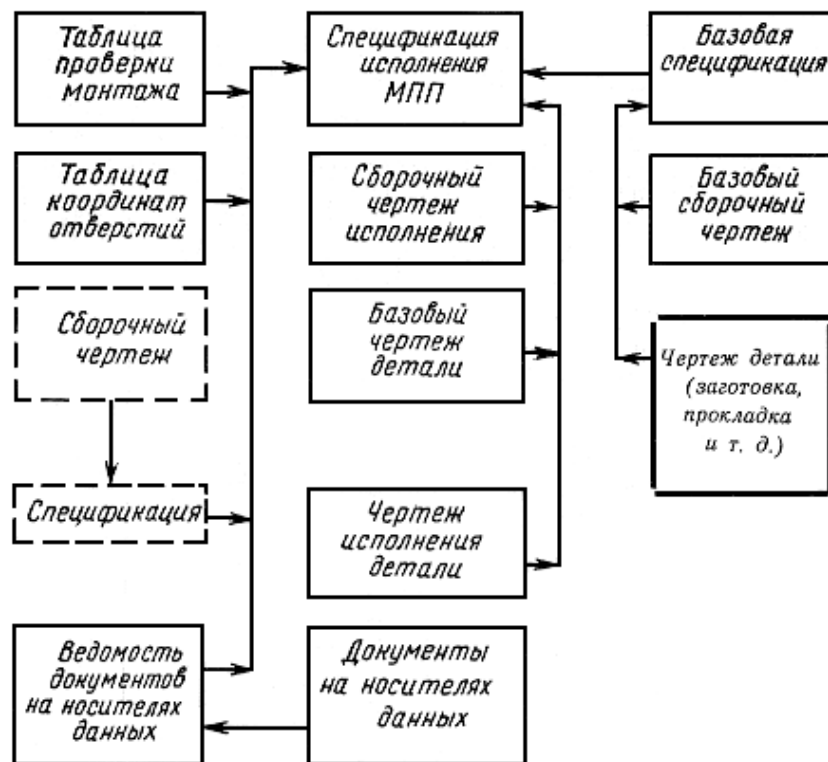
ВН записують в специфікацію друківаних плат в розділ «Документація» після документів, передбачених ГОСТ 2.102.

У такому ж порядку записують в специфікацію друківаних плат програми на носіях даних в разі, коли ВН випускається.

Програмні документи і програми, виконані на носіях даних, записують в кінці розділу «Комплекти» специфікації.

До складу постійних даних, які розміщені на базовому кресленні, можуть бути включені:

- зображення друкованих плат;
- розміри та інші вказівки для механічної обробки;
- вказівки про матеріал;
- розмітка для установки електричного з'єднувача;
- кріпильні отвори для установки друкованих плат в складальній одиниці;
- контрольні елементи (для контролю і проведення випробувань друкованих плат);



*Условные обозначения :*

- - - - - документы для конструктивно-технологического варианта открытых контактных площадок, выступающих выводов, послойного наращивания;
- ← - направление вхождения документа.

Рисунок 2.2 - Побудова комплекту конструкторських документів для багат шарових друкованих плат

- технічні вимоги;
- проводить креслення;
- маркування позиційних позначень електро-радіодеталей і (або) конструкторський адреса;
- місце позначення друкованих плат;
- місце позначення складальної одиниці;
- місце порядкового номера зміни;
- номери позиції для БДП.

До складу змінних даних, які розміщені на кресленні виконання, можуть бути включені:

- спрощене зображення друкованих плат;
- проводить креслення друкованих плат;
- маркування позиційних позначень електро-радіодеталей і (або) конструктивний адресу;
- позначення друкованих плат;
- позначення складальної одиниці;
- порядковий номер зміни;
- таблиця перехідних і монтажних отворів;
- технічні вимоги;
- номери позицій для БДП.

При виконанні креслення ДП автоматизованим способом, на двох або більше аркушах, технічні вимоги поміщають на першому аркуші, креслення може бути виконане на наступних аркушах.

Друковані плати - елементи конструкції, які складаються з плоских провідників у вигляді ділянок металізованого покриття, розміщених на діелектричному підставі і забезпечують з'єднання елементів електричного кола.

Переваги друкованих плат:

- Збільшення щільності монтажу і можливість мікромініатюризації виробів;

- уніфікація і стандартизація конструктивних і технологічних рішень;
- стабільність і повторюваність електричних характеристик (провідність, паразитні ємності, індуктивність);
- збільшення надійності і підвищення якості;
- поліпшення механічних і міцності;
- можливість застосування сучасних методів автоматизації та механізації монтажних, складальних, контрольних і регулювальних робіт;
- зниження трудомісткості, собівартості і матеріаломісткості.

Недоліки друкованих плат:

- Обмеження по ремонту;
- труднощі можливості зміни конструкції;
- елементи друкованих плат по ГОСТ 23752-86.

Вимоги до друкованих плат:

- Діелектричні підстави повинні бути однорідними за кольором, монолітними по структурі, не мати міхурів, раковин, сколів, тріщин і розшарувань;
- проводить креслення, яке повинне бути чітким, з рівними краями, без здуття, розривів, відшарування, слідів інструменту і залишків технологічних матеріалів;
- для підвищення корозійної стійкості наноситься електролітичне покриття, яке повинно бути без розривів, підгоряння і розшарувань. При наявності на провідниках критичних дефектів допускається дублювати їх об'ємними, але не більше 5 для плат 120x180 і 10 провідників для плат понад 120x180;
- монтажні та фіксують отвори повинні відповідати вимогам креслення;
- для підвищення надійності паяних з'єднань внутрішню поверхню монтажних отворів повинен покривати шар міді не менше 20.25 мкм. Шар повинен бути суцільним, без включень, дрібнокристалічної

структури, а також повинен володіти хорошим зчепленням з поверхнею;

- повинен витримувати струм 250 А / м<sup>2</sup> протягом 3 секунд, навантаження на контакти до 1.5 Н і витримувати 4 перепайки (для багат шарових друкованих плат - 3 перепайки) без зміни зовнішнього вигляду, підгоряння і розшарувань;
- при неприпустимому пошкодженні металізовані отвори допускається відновлювати за допомогою пустотілих заклепок не більше 2% від загальної кількості отворів і не більше 10 штук на друковану плату;
- при циклічному впливі температури допускається зміна опору не більше ніж на 10%;
- контактні площадки не повинні мати розривів під час свердління і залишатися гарантований поясок 50 мкм;
- опір ізоляції не повинно бути менше 30 000 МОм при T = 25 0, вологості 46..84%, тиску 96..100 КПа, при відстані 0.2..0.4 мм між провідниками;
- електрична міцність 700 вольт в нормальних умовах і 500 вольт після впливу на протязі 2 діб T = 40 0С і вологості 90..96%;
- деформація друкованих плат при товщині 1,5..3 мм на 100 мм:
  - 1) для багат шарових друкованих плат (БДП) - 0,4..0,5 мм
  - 2) для двосторонніх друкованих плат (ДПП) - 0,5..0,9 мм;
  - 3) при впливі на друковану плату T = 260..290 0С протягом 10 секунд не повинно бути розривів провідників і розшарувань.

Розглянемо кожен вид друкованої плати більш докладніше. Одностороння друкована плата, провідяюче креслення розміщене на одній стороні. Дана друкована плата характеризується, підвищеною точністю виконаного провідяючого креслення, відсутністю металізованих отворів, установкою виробів електронної техніки з одного боку, протилежного пайку, низькою вартістю.

Двостороння друкована плата проводжає креслення на обох сторонах. Підстава діелектрик, рідше метал. Двостороння друкована плата характеризується: широкими комутаційними можливостями, підвищеною міцністю щеплення виводів навісних елементів з проводжачим кресленням плати, підвищеної вартістю.

Багатошарова друкована плата електрична зв'язок між шарами здійснюється об'ємними деталями (штифти) і хіміко-гальванічної металізацією. Плати застосовуються в обчислювальній техніці. Характеризується відмінними комутаційними можливостями, високим захистом від перешкод електричних ланцюгів. Недоліком даних плат є їх низька рентабельність, висока вартість.

Гнучка друкована плата виготовляються на еластичному підставі товщиною 0,1..0,2 мм. Різновид - гнучкий друкарський кабель (шлейф). Застосовується, якщо плати піддаються вібрації, багаторазовим вигинів або їй необхідно надати вигнуту форму.

Провідна друкована плата застосовується на етапі моделювання, дрібносерійного виробництва. Монтаж здійснюється проводами.

Конструкційні матеріали для друкованих плат і їх характеристики.

Шаруваті діелектрики з наповнювача і зв'язуючу речовину, яке зазвичай є термореактивні і термопластичні смоли, а також кераміку і металеві матеріали. Вибір матеріалу визначається електроізоляційними властивостями, впливом агресивних середовищ, механічною міцністю і стабільністю параметрів.

Фольговані діелектрики випускають з покриттям з електролітичної міді іноді алюмінію або нікелю, причому для поліпшення міцності зчеплення міді з підставою воно з одного боку окисдоване або покрито шаром хрому товщиною 1.3 мкм. Фольга має стандартизовану товщину: 5, 18, 37, 70, 105 мкм і характеризується чистотою міді 99.5%, пластичністю, висотою мікронерівностей 0,4..0,5 мкм. Основа шаруватих пластиків - електроізоляційна папір, бавовняна тканина, склотканина. Фольговані діелектрики випускаються у вигляді листів 400..1100 мм і товщиною 0,06 .. 3 мм.

Матеріали які використовуються для виготовлення друкованих плат:

1. Гетінакс - дешевий, добре обробляється, відрізняється задовільними електроізоляційними якістьми. Використовується в побутовій апаратурі. Марки гетінакса: ГФ-1-35, ГЗФ-2-50, ГОФВ-2-35. Позначення: Ф - фольгований, О - вогнестійкий, В – вологостійкий;
2. Текстоліт - для потужних ланцюгів живлення і високих напруг, знизити ризик займання. Для цього до складу вводять особливі речовини – антипірени;
3. Склотекстоліт - використовується для складних кліматичних умов - 60 .. + 150 0С. низьке вологопоглинання, слабо коробиться, високе значення поверхневого і об'ємного опору;

Нефольговані діелектрики використовуються для адитивного способу виготовлення друкованих плат. Для поліпшення міцності зчеплення з металевим покриттям на його поверхню наносять тонкий наполовину затвердивший клейовий шар (епоксидно-каучукових композицію). Для підвищення якості в лак, що просочує склотканина вводять 0,1..0,2% паладію, олова або закису міді, яка тільки незначною мірою зменшує якість ізоляції.

Для виробництва друкованих кабелів використовуються армовані, фольговані плівки з фторопласту: ФАФ-4Д, поліефірні плівки ПЕТФ.

Напресування фольги на термопластичну основу домагаються високої точності і стійкості до температурних перепадів.

Для друкованих плат СВЧ діапазону використовують полімери - фторопласт, поліетилен, поліпропілен, полістирол. Для поліпшення властивостей додають двоокис титану, армують, плакують мідною фольгою. Використовують скляний наповнювач для поліпшення температурних властивостей.



## 2.2 Розрахунок надійності проектованого пристрою, а також оцінка споживаної ним потужності або струму

Надійність - властивість об'єкта (ОБ) виконувати необхідні функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники протягом заданого періоду часу.

Таблиця 2.1 Інтенсивність відмов базових елементів

№	Найменування елемента	Інтенсивність відмов, $*10^{-5}, 1/ч$
1	Резистори	0,0001...1,5
2	Конденсатори	0,001...16,4
3	Трансформатори	0,002...6,4
4	Котушки індуктивності	0,002...4,4
5	Реле	0,05...101
6	Діоди	0,012...50
7	Тріоди	0,01...90
8	Комутаційні пристрої	0,0003...2,8
9	Роз'єми	0,001...9,1
10	З'єднання пайкою	0,01...1
11	Проводи, кабелі	0,01...1
12	Електродвигуни	100...600

Надійність є комплексним властивість, що поєднує в собі поняття працездатності, безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і збереження.

Працездатність - являє собою стан ОБ, при якому він здатний виконувати свої функції.

Безвідмовність - властивість ОБ зберігати свою працездатність протягом певного часу. Подія, що порушує працездатність ОБ, називається відмовою. Самоусувається відмова називається збоєм.

Довговічність - властивість ОБ зберігати свою працездатність до граничного стану, коли його експлуатація стає неможливою з технічних, економічних причин, умов техніки безпеки або необхідності капітального ремонту.

Ремонтопридатність - визначає пристосовність ОБ до попередження і виявлення несправностей і відмов і усунення їх шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Таблиця 2.2 Надійність базових елементів

№	Найменування елемента	Коефіцієнт надійності
1	Резистори	1,0
2	Конденсатори	0,25...0,83
3	Трансформатори	1,3...3,0
4	Котушки індуктивності	1...2
5	Реле	1...10
6	Діоди	1,3...30,0
7	Тріоди	1,3...75,0
8	Електродвигуни	10...40

Збереженість - властивість ОБ безперервно підтримувати свою працездатність протягом і після зберігання та технічного обслуговування.

Основними якісними показниками надійності є ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов і середній наробіток до відмови.

Ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  являє собою ймовірність того, що в межах зазначеного періоду часу  $t$ , відмова ОБ не виникне. Цей показник

визначається відношення числа елементів ОБ, безвідмовно пропрацювали до моменту часу  $t$  до загальної кількості елементів ОБ, працездатних в початковий момент.

$$l(t) = n(t) / (Nt * Dt), \text{ де}$$

$Dt$  - заданий відрізок часу.

Наприклад: 1000 елементів ОБ працювали 500 годин. За цей час відмовили 2 елементи. Звідси,  $l(t) = n(t) / (Nt * Dt) = 2 / (1000 * 500) = 4 * 10^{-6}$  1/год, тобто за 1 годину може відмовити 4-е елемента з мільйона.

Надійність ОБ, як системи, характеризується потоком відмов  $L$ , численно рівне сумі інтенсивності відмов окремих пристроїв:

$$L = T_0 l_i$$

За формулою розраховується потік відмов і окремих пристроїв ОБ, що складаються, в свою чергу, з різних вузлів і елементів, що характеризуються своєю інтенсивністю відмов. Формула справедлива для розрахунку потоку відмов системи з  $n$  елементів в разі, коли відмова будь-якого з них призводить до відмови всієї системи в цілому. Таке поєднання елементів називається логічно послідовним або основним. Крім, того, існує логічно паралельне з'єднання елементів, коли вихід з ладу одного з них не призводить до відмови системи в цілому. Зв'язок ймовірності безвідмовної роботи  $P(t)$  і потоку відмов  $L$  визначається:  $P(t) = \exp(-Dt)$ , очевидно, що  $0 < P(t) < 1$ ,  $0 < P'(t) < 1$ ,  $p(0) = 1$ , а  $p(\infty) = 0$

Середнє напрацювання до відмови  $T_0$  - це математичне очікування напрацювання ОБ до першої відмови:

$$T_0 = 1/L = 1/(T_0 l_i),$$

або, звідси:  $L = 1/T_0$

Час безвідмовної роботи дорівнює зворотній величині інтенсивності відмов.

Наприклад: технологія елементів забезпечує середню інтенсивність відмов  $l_i=1*10^{-5}$  1/год. При використанні в ОБ  $N=1*10^4$  елементарних деталей сумарна інтенсивність відмов  $l_o= N*l_i=10^{-1}$  1/год. Тоді середній час безвідмовної роботи ОБ  $T_o=1/l_o=10$  год. Якщо виконати ОБ на основі 4-х великих інтегральних схем (ВІС), то середній час безвідмовної роботи ОБ збільшиться в  $N / 4 = 2500$  разів і складе 25000 год. Або 34 місяці або близько 3 років.

Формули дозволяють виконати розрахунок надійності ОБ, якщо відомі вихідні дані - склад ОБ, режим і умови його роботи, інтенсивності відмов його компонент (елементів). Однак при практичних розрахунках надійності є труднощі через відсутність достовірних даних про інтенсивності відмов для номенклатури елементів, вузлів і пристроїв ОБ. Вихід із цього становища дає застосування коефіцієнтного методу. Сутність коефіцієнтного методу полягає в тому, що при розрахунку надійності ОБ використовують не абсолютні значення інтенсивності відмов  $l_i$ , а коефіцієнт надійності  $k_i$ , що зв'язує значення  $l_i$  з інтенсивністю відмов  $l_b$  будь-якого базового елемента:

$$k_i=l_i/l_b$$

Коефіцієнт надійності  $k_i$  практично не залежить від умов експлуатації і для даного елемента є константою, а відмінність умов експлуатації  $k_u$  враховується відповідними змінами  $l_b$ . В якості базового елемента в теорії і практиці обраний резистор. Показники надійності комплектуючих беруться на підставі довідкових даних. Для прикладу в табл. 2.2 наведено коефіцієнти надійності  $k_i$  деяких елементів. У табл. 2.3 наведені коефіцієнти умов експлуатації  $k_u$  роботи для деяких типів апаратури. [1, 6, 8]

Вплив на надійність елементів основних дестабілізуючих факторів - електричних навантажень, температури навколишнього середовища - враховується введенням в розрахунок поправочних коефіцієнтів. Облік впливу інших факторів - запиленості, вологості тощо- виконується корекцією інтенсивності відмов базового елемента за допомогою поправочних коефіцієнтів.

Результуючий коефіцієнт надійності елементів ОБ з урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$k_i' = a_1 * a_2 * a_3 * a_4 * k_i * k_u, \text{ де}$$

$k_u$  - номінальне значення коефіцієнта умов експлуатації

Таблиця 2.3 Умови експлуатації

№	Умови експлуатації	Коефіцієнт умов
1	лабораторні умови	1
2	Апаратура стаціонарна:	
	- в приміщеннях	2...8
	- поза приміщеннями	10...15
3	Рухома апаратура:	
	- корабельна	40...60
	- автомобільна	50...70
	- поїзна	60...80

$k_u$  - номінальне значення коефіцієнта умов експлуатації

$k_i$  - номінальне значення коефіцієнт надійності

$a_1$  - коефіцієнт що враховує вплив електричного навантаження по U, I

$a_2$  - коефіцієнт що враховує вплив температури середовища

$a_3$  - коефіцієнт зниження навантаження від номінальної по U, I або P

$a_4$  - коефіцієнт використання даного елемента, до роботи ОБ в цілому

Порядок розрахунку полягає в наступному:

1. Визначаються кількісні значення параметрів, що характеризують нормальну роботу ОБ.

2. Складають поелементну принципову схему ОБ, визначальну з'єднання елементів при виконанні ними заданої функції. Допоміжні елементи, що використовуються при виконанні функції ОБ, не враховуються.

3. Визначаються вихідні дані для розрахунку надійності:

- тип, кількість, номінальні дані елементів;
- режим роботи, температура середовища та інші параметри;
- визначається базовий елемент  $\lambda_b$  і інтенсивність відмов  $\lambda_b'$ ;
- за формулою:

$$k_i' = a_1 * a_2 * a_3 * a_4 * k_i * k_u \quad (2.13)$$

- визначається коефіцієнт надійності.

4. Визначаються основні показники надійності ОБ, при логічно послідовному (основному) з'єднанні елементів, вузлів і пристроїв:

- ймовірність безвідмовної роботи:  $P(t) = \exp\{-\lambda_b * T_o * [n * T_0 (N_i * k_i')]\}$ , де  $N_i$  - число однакових елементів в ОБ,  $n$  - загальне число елементів в ОБ, мають основне з'єднання;
- напрацювання на відмову:

$$T_o = \frac{1}{\lambda_b \cdot n \cdot [T_0 (N_i \cdot k_i')]}; \quad (2.14)$$

Таблиця 2.4 Розрахунок надійності пристрою

Базовий елемент, 1/ год	$\lambda_b$	$3 \cdot 10^{-8}$								
Коеф.умов експлуатації	$k_u$	2,5								
Інтенсивність відмов	$\lambda_b'$	$16 * k_u = 7,5 \cdot 10^{-8}$								
Час роботи, год	$t$	5000								
Елемент схеми	принципової	D	R	C	T	L	Re	PR	SP	Tr
Число елементів	$N_i$	0	2	0	5	7		3	04	

Продовження таблиці 2.4

Коеф. надійності	ki	0			0	5	5	0	5	5
Коеф. навантаження	Kn	,5	,5	,5	,5	,7	,2	,5	,5	,5
Коеф. електричного навантаження	a1									
Базовий елемент, 1/год	$\lambda_b$	$3 \cdot 10^{-8}$								
Коеф. температури	a2									
Коеф. Навантаження по потужності	a3			,52	,52		,5	,5	,5	,8
Коеф. використання	a4	,4	,2			,2	,3	,0	,2	,4
Твір коеф. a	*a	,4	,2	,52	,52	,2	,15	,5	,1	,52
Коеф. надійності	ki'	30	0,5	,3	8	87,5	4,37	7	31	72
	Ni*ki'	60	56	2	70	33	5	62	365	700
	S(Ni*k i')	5743								
Напрацювання до відмови, год	To	$1/[\lambda_b' \cdot S(Ni \cdot ki')] = 8905,5$								
імовірність	p(t)	$e^{-\lambda_b' \cdot To \cdot S(Ni \cdot ki')} = 0,63$								

5. Якщо в схемі ОБ є ділянки з паралельним з'єднанням елементів, то спочатку робиться розрахунок показників надійності окремо для цих елементів, а потім для ОБ в цілому;

6. Знайдені показники надійності порівнюються з необхідними. Якщо не відповідають, то вживаються заходи до підвищення надійності ОБ.

За результатами розрахунку надійності можна зробити висновки:

1. Напрацювання до відмови пристрою:  $T_0 = 9805,5$  год;
2. Імовірність безвідмовної роботи:  $p(t) = 0,63$ . Імовірність того, що в межах заданого часу роботи  $t$  в заданих умовах роботи не виникне відмови;
3. Розрахунок споживаної ним потужності або струму. До складу входять аналогові і цифрові мікросхеми.

Таблиця 2.5 - Струм споживання мікросхем пристрою

Назва мікросхеми	Струм споживання, мА	Кількість
AD7890-10	15	1
TL082	10	3
AT89C55-24JC	30	1
LM311	10	1
SN74ALS02AN	12	11

4. Кожна з них споживає певний струм і потужність. Проведемо оцінку цих параметрів пристрою. До складу пристрою входять такі мікросхеми: AD7890-10, TL082 (3 мікросхеми), AT89C55-24JC, LM311, SN74ALS02AN (11 мікросхем). Кожна з них споживає свій струм (значення maximum в "datasheet"), що показано в табл. 2.5.

$$P = 5 * 0,015 + 5 * 0,03 + 5 * 0,03 + 7(11 * 0,010) = 1,349 \approx 1,4(\text{Вт}) \quad (2.15)$$



## **3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

### **3.1 Соціально-екологічні проблеми інформаційного суспільства**

В епоху постіндустріального суспільства перед людством в глобальному розумінні сенсу цього слова все гостріше стоять соціальні проблеми. Серед них можна виділити СНІД, наркоманію, токсикоманію, алкоголізм, тютюнопаління тощо. Всі ці проблеми засновані на багатьох факторах є новим породженням глобалізації та змін в суспільстві. Вони руйнують людський соціум і несуть за собою цілий пласт проблематики постіндустріального розвитку людства.

Соціальна екологія - наука про адаптацію суб'єктів до процесів в природних і штучних середовищах. Об'єкт соціальної екології: суб'єктивна реальність суб'єктів різних рівнів. Предмет соціальної екології: адаптація суб'єктів до процесів в природних і штучних середовищах.

У другій половині ХХ століття на планеті відбулася якісна зміна умов життя людства як на рівні цивілізації в цілому так і на рівні окремої особистості. Багато в чому це залежить від того що домінуючим типом людської цивілізації в розвинених країнах стала інформаційна цивілізація. Природно істотним стає питання про вплив техногенних та інформаційних процесів на особистість.

На мій погляд опора на усталені ще в ХІХ столітті системи і структури цінностей орієнтовані на вузькі прагматичні цілі не відповідають рівню досягнень НТР початку ХХІ століття.

Необхідно враховувати все різноманіття передумов, визначаючих специфіку соціальних проблем таких, як наркоманія, алкоголізм, токсикоманія, в наш час.

У сучасному суспільстві на передній план виходять інформаційні процеси, наука стає безпосередньою продуктивною силою, а економіка набуває надскладний характер. Основою економіки інформаційної цивілізації стало отримання надлишкової додаткової вартості. Вона виникає за рахунок зниження

витрат виробництва на окремій групі підприємств на яких час витрачається на виробництво продукту нижче ніж суспільно необхідне (середнє) визначає вартість (або випускається унікальний продукт). Більш висока ефективність виробництва досягається, як правило, за рахунок застосування нових технологій, а іноді за рахунок вдосконалення методів організації виробництва, але як тільки науково-технічні досягнення стають широко впровадженими основною масою виробників надлишкова додаткова вартість зникає.

Отримання надлишкової додаткової вартості відбувається за рахунок нестационарного ефекту. Суть справи в тому, що для отримання максимального прибутку повинні постійно впроваджуватися всі нові і нові випереджаючі технології. Сам принцип отримання максимального прибутку на основі надлишкової додаткової вартості постійно поширюється на всі сфери життя суспільства. Виникло "суспільство споживання" в якому створюються всі нові предмети споживання і формуються потреби. В постіндустріальному суспільстві хаотичний стан економіки класичного капіталізму змінюється структурами регульованої економіки. Великого впливу набуває державний апарат, який розподіляє замовлення, проводить політику державного регулювання. В результаті докорінної зміни продуктивних сил в середині ХХ століття провідну роль стали грати нові технології, наука, інформаційне забезпечення на додаток до існуючих раніше двох груп виробництва ( "а" - виробництво засобів виробництва і "б" - виробництво предметів споживання) виникла третя група "в" - виробництво науково-технологічної інформації та засобів інформаційного забезпечення. [17]

В цілому поява постіндустріального суспільства і впровадження інформаційних технологій призвело до якісного стрибка в розвитку економічних відносин. Зростання прибутку багато в чому забезпечувався за рахунок природи і раціоналізації управління, а не за рахунок посилення експлуатації робітників (в розвинених країнах). Економічними передумовами соціальних проблем є виникнення нового типу виробничих відносин і нової групи виробництва. На

ринок викидається все більше нових небачених раніше пропозицій в тому числі і з області людських задовольень. Удосконалюється не тільки модельний ряд пропозицій: нові сорти, нові споживчі властивості, але і новий маркетинг: упаковка, реклама в електронних і друкованих ЗМІ. Знижуються вікові стандарти інформаційного впливу та споживання. Все це позначається і впливає на психіку невпевнено адаптованих людей. Тягне до вживання ними антидепресантів в тому числі і заборонених законом.

До певного моменту можливості постіндустріального суспільства здавалися необмеженими. Але надскладна економіка характеризується великою кількістю взаємозв'язків між підприємствами, що накладає обмеження на кількість, обраних суспільством, можливих шляхів розвитку створюючи ефект "звужується тунелю". Людина невстигаючий в своєму розвитку виявляється виштовхнутою на узбіччя життя.

В епоху інформаційного суспільства, наступившу після етапу індустріального, яка базується на володінні засобами виробництва і після етапу фінансового капіталізму спирається на владу грошей настає етап якогось символічного інформаційного капіталізму, в якому влада заснована і здійснюється шляхом управління інформаційними ресурсами та інформаційними потоками. Засоби комунікації оперують, трансформують, дозують інформацію і керують увагою і як наслідок свідомістю людей стають головним інструментом впливу. Для ефективного здійснення владних функцій використовуються найсучасніші інформаційні технології, які перетворюють людей в об'єкт спрямованої обробки, тобто споживачів. Свідомість такої людини виявляється наскрізь структуровано небагатьма, але наполегливо втиснутими в нього твердженнями, які в чималому ступені визначають його реакції оцінки і поведінку. Це істотно порушує стійкість структури суспільства.

Соціальними передумовами нової «системи освіти» є виховання людини - споживача. Молоде покоління не встигає адаптуватися до сучасного суспільства, яке адекватно сприймає навколишній світ, має стійкий і цілісний світогляд,

затверджує загальнолюдські цінності, тож воно починає шукати вихід з кризи шляхом усунення себе від повсякденної реальності. Вихід знаходиться в традиційних формах відсторонення - наркоманії та алкоголізмі.

М.В. Рац, проаналізувавши екологічну ситуацію на зломі тисячоліть, прийшов до висновку про те, що «центр ваги ситуації ... зміщується з області фізичних і хімічних процесів в сферу людської діяльності і мислення. Стає очевидним, що «розруха не в клозетах, а в головах» (М. Булгаков), а знищення природи є лише побічний результат поганої організації систем діяльності. ... Стає ясно, що суть екологічної ситуації не в конфлікті людини з природою, а в конфлікті різних систем діяльності».[7]

«Як впливає зі схеми відтворення діяльності та трансляції культури (по Щедровицькому) соціально-виробничі ситуації (до числа яких відноситься і екологічна) результат реалізації культурних норм і зразків діяльності, що транслюються в особливому просторі культури, а тому будь-які зусилля, які б ми не застосовували, для перебудови, представленої таким чином, екологічної ситуації і яких би успіхів ми не досягли - все це заздалегідь приречене на невдачу, тому, що в наступний раз спрацюють ті ж культурні норми і ми отримаємо новий відбиток ситуації зі старих культурних матриць».

«Якщо помістити цю схему на відповідне місце всередині схеми відтворення діяльності, та в якості нової схеми екологічної ситуації розглядати цю останню, тоді в межі екологічної ситуації додатково потраплять механізми трансляції та реалізації культури, фіксації і використання досвіду, а також зміст культурних норм і зразків. При такому способі дій виявляється, що екологічна криза - це не криза в системі виробництва (як це прийнято вважати) а криза системи відтворення або криза культури, яка виявилася не в змозі забезпечити відтворення нашого світу».

Екологічними передумовами нової системи освіти є розуміння того, що шлях поліпшення екології планети, крім проведення природоохоронних заходів, лежить також через систему освіти і виховання. Екологія буде відновлена тільки

тоді, коли буде реалізована система підготовки фахівців з соціальної екології та екології особистості, коли в суспільство буде впроваджена програма всебічного екологічного освіти. Як показує досвід розвинених країн, високий рівень соціально-економічного розвитку на даний час не передбачає і не створює передумов для вирішення сутнісного кризи. Як правило, криза такого роду веде до наростання індивідуальних і соціальних проблем, які сприймаються як все більше ускладнення цивілізації, оскільки швидкість виникнення проблем випереджає нашу здатність до їх вирішення. [18]

У зв'язку з тим, що відображенням сутнісних моментів життя суспільства є культура, то виникає необхідність свідомо формуючого культурного буття, неможливого без виявлення причин кризи та умов необхідного повороту у розвитку цивілізації, здійснюваного через систему освіти, як систему відтворення культурного фонду цивілізації.

Для сучасності характерна зневага культури, яка виникла в результаті прагматизму і ілюзії про повну адекватність природничо-наукової картини світу, тому світу, в якому існує людина. Синтез матеріального і духовного, ірраціонального і раціонального в єдине ціле в рамках людського буття здійснюється в рамках цілісної картини світу і визначає цілісність культури. Тільки в цьому випадку можливе стійке (інваріантне) буття людини в процесуальному світі.

Таким чином культурними передумовами нової системи освіти є її істотна роль у відтворенні і розвитку культурної спадщини цивілізації.

«... Серед безлічі катастроф, якими прославлене ХХ століття, однією з головних і часто прихованої від очей є антропологічна катастрофа, виявляється зовсім не в таких екзотичних події як зіткнення Землі з астероїдом і не в виснаженні її природних ресурсів або надмірному зростанні населення і навіть не в екологічній або ядерній трагедії. Я маю на увазі події, які відбувається з самою людиною і пов'язані з цивілізацією в тому сенсі, що щось життєво

важливе може необоротно в ньому зламатися у зв'язку з руйнуванням або просто з відсутністю цивілізованих основ процесу життя.

... А руйнування основ цивілізації щось витворює і з людським елементом, з людської матерією життя. Перетворюючись в антропологічну катастрофу, яка може бути прототипом будь-яких інших глобальних катастроф. Вона може статися і частково вже відбувається в силу порушення законів за якими влаштовано людську свідомість і пов'язана з ним «прибудова» звана цивілізацією.

На жаль, більшість людей, як і раніше, як і завжди, мало до чого самі по собі здатні і нічого не знають крім хаосу і випадковості. Коротше кажучи, руйнування обрив «цивілізованих ниток» за яким свідомість людини могла б щасливо добратися до кристалізації істини (причому не тільки у окремих героїв думки) руйнує і людину».

Психологічними передумовами соціальної екології є вимоги досягнення цілісності свідомості і багатовимірності мислення.

Одним їх характерних аспектів теперішнього часу є інтенсифікація інформаційних процесів, що визначається економічними так і соціальними передумовами. Це призводить до збільшення загального інформаційного потоку, що проходить через нервову систему і психіку окремої людини. Відзначається, що основними складовими інтенсифікації інформаційних процесів є:

- неухильне зростання швидкості передачі повідомлень;
- збільшення обсягу переданої інформації;
- прискорення обробки інформації;
- тотальне використання зворотних зв'язків;
- збільшення обсягу видобутої інформації та прискорення її впровадження;
- наочне відображення інформації в процесі управління;
- зростання технічної оснащеності управлінської праці.

В результаті обсяг наукової економічної статистичної та іншої інформації настільки великий, що виникла суттєва диспропорція між швидкістю отримання

інформації та можливостями її адекватної обробки. Необхідність попередньої обробки зростаючого потоку інформації виробленої з урахуванням глобалізації зворотних зв'язків з метою отримання (за інших рівних умов) більш стійкої системи призводить до перевищення щільності інформації над фізіологічно можливим порогом. Це може привести до запуску небажаних фізіологічних і психічних зворотних зв'язків. В результаті яких може виникнути зміна або навіть руйнування фізіологічної та психічної систем організму.

Отже, психофізіологічними передумовами соціальної екології є необхідність розвитку систем сприйняття і переробки інформації. З вищевикладеного видно, що свідомо спрямовується еволюція з урахуванням осмислення досвіду минулого є абсолютною необхідністю. Невід'ємним атрибутом (основним інструментом) цієї еволюції є нова система освіти, яка вирішує завдання:

- відповідності змісту освіти системі нових типів виробничих відносин і нової групи виробництва;
- виховання людини здатної до життя в постійно мінливих соціальних умовах, адекватно сприймаючої навколишній світ, маючої стійкий цілісний світогляд спрямований на утвердження загальнолюдських цінностей;
- реалізації права на освіту культуру і безпеку життєдіяльності кожної окремої людини;
- впровадження програм всебічного екологічного освіти;
- відтворення і розвитку культурної спадщини цивілізації;
- розвитку систем сприйняття і переробки інформації, прийняття рішень здійснення ефективної діяльності.

Очевидно, що екологічні підходи все більше формують сучасні тенденції в галузі використання енергоресурсів, в тому числі видобутку і переробки сировини, а також і в соціальній сфері, зокрема в охороні здоров'я та освіті. Одним з основних економічно ефективних способів вирішення питань

екологічної безпеки є соціокультурний розвиток людини здійснений приведенням концепції освіти у відповідність з рівнем розвитку суспільства інформаційної цивілізації.

Виникла необхідність в підготовці фахівців нового типу, які володіють навичками роботи в декількох областях і вміють переробляти зростаючу кількість інформації.

На жаль, суспільний попит на фахівців здатних вирішувати такі питання не задовольняється, оскільки такою підготовкою раніше займалися в основному нечисленні факультети університетів, випускники яких часто працювали не за фахом. У ситуації незадоволеного попиту виникло безліч псевдодуховних і околпсихологічних організацій, які часто завдають значної шкоди здоров'ю нарко- та алко- залежних людей звертаються до них за допомогою.

Актуальність підготовки фахівців відповідного профілю з кожним днем стає не просто доцільною, а життєво необхідною. Об'єктом професійної діяльності соціального еколога є процеси і стани суб'єкта (як суб'єкт може виступати, як окрема особистість так і соціокультурна група), які виявляються в різних областях людської життєдіяльності. Практична і дослідницька діяльність соціального еколога спрямована на оптимізацію суб'єктивних факторів у всіх видах взаємодій. Також діяльність соціального еколога спрямована на аналіз цілісності соціальних структур, рівнів і форм життєдіяльності людини в різних соціокультурних, в тому числі регіональних і національних умовах, а також на роботу з різними соціальними віковими релігійними і етнічними групами і з окремими людьми. При цьому соціальний еколог крім знання методів і технологій відповідних точних і гуманітарних наук використовує результати аналізу, досвіду, розвитку світової культури, знання феноменів культури і культуротворчого процесу особливостей, функціонування культури в сучасному суспільстві і дослідження процесів в природі її закономірності і охорону в числі інших методів, застосовуючи методи психології, філософії, соціології, конфліктології, екології, інформатики, прикладної математики та інформаційних



технологій в наукових дослідженнях, вирішенні соціальних проблем, вирішенні проблем життєдіяльності суб'єкта, різних сферах виробничої і господарської діяльності. Робота такого фахівця необхідна при вирішенні основних проблем ХХІ століття, особливо проблеми розвитку людства і окремої людини в державних і недержавних організаціях і установах в тому числі освітніх. [19]

### 3.2 Розрахунок собівартості пристрою

1 стаття «Мікросхеми та радіодеталі» Включає витрати на ІМС. Щоб розрахувати витрати за цією статтею необхідно кількість елементів помножити на ціну за одиницю. Ціни на комплектуючі взяті з глобальної торгівельної площадки «eBay» - <http://www.ebay.com> станом на 1.12.2018.

Наприклад, витрати на резистори:

$$34 * 5,4 = 183,6 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.1 - Розрахунок вартості комплектуючих

Назва	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Резистор, Ком...1МОм	47	34	5,4
Мікросхеми	19	40	760
Конденсатори	32	5	160
Діоди	13	1,8	23,4
Транзистори	13	7,4	96,2
Роз'єми	2	8	16
Сума	-	-	1239,

2

2 стаття «Монтажні матеріали». Включає вартість монтажних матеріалів. Щоб розрахувати вартість необхідно кількість монтажних матеріалів помножити на ціну одиниці. Витрати на монтажні матеріали, наведені в таблиці 3.2.

3 стаття «Транспортно-заготівельні витрати». Містить витрати і плату за транспортування, вантажно-розвантажувальні роботи, комісійні витрати заготівельним організаціям.

Щоб розрахувати витрати на ТЗВ необхідно відсоток ТЗВ помножити на витрати на комплектуючі, монтажних матеріалів:

$$(1239,2+53,75)*0,05= 64,65\text{грн}$$

Таблиця 3.2 - Витрати на монтажні матеріали

Найменування монтажних матеріалів, одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн за кг	Вартість, грн
Склотекстоліт, м2	0,25	23,00	5,75
Хлорне залізо, г	250	80	20
Каніфоль, г	50	60	3
Олово, г	50	500	25
Сума	---	---	53,75

4 стаття «Електроенергія». Включає витрати на електроенергію. Щоб розрахувати витрати за цією статтею треба кількість годин, які працював електроприлад, помножити на його потужність і помножити на ціну одного Квт.

Витрати електроенергії наведені в табл. 3.3.

5 стаття «Основна заробітна плата». Включає витрати на оплату робіт, що виконується при виготовленні пристрою. Щоб розрахувати заробітну плату за окремо виконану роботу необхідно визначити час, який потрібен для виготовлення відповідної роботи.

Таблиця 3.3 -Перелік, характеристика електроприладів і час їх роботи

Перелік електроприладів	Потужність, кВт	Час роботи, год	Ціна 1 кВт, грн	Вартість, грн
Паяльник	0,075	14	0,9	0,95
Електродріль	0,6	0,3		0,16
Сума	0,675	14,03		1,11

Для цього необхідно обсяг робіт помножити на норму часу і поділити на одиницю виміру.

Таблиця 3.4 - Розрахунок заробітної плати

Назва роботи	Тарифна ставка, грн/год	Витрачений час, год	Зарплата, грн
Розробка пристрою	42	80	3360
Оптимізація складального креслення друкованої плати		3	126
виготовлення фотошаблонів		1	42
Розмітка гетинаксу		0,5	21
Травлення друкованої плати		1	42
Покриття плати лаком		0,5	21

Продовження таблиці 3.4

Сушіння плати		1	42
Свердління отворів в платі		0,5	21
Установка і пайка елементів		9	378
Налагодження плати		5	210
Сума	-	-	4200

Щоб визначити заробітну плату необхідно годинну тарифну ставку помножити на час, який потрібно для виконання роботи.

6 стаття «Додаткова заробітна плата». Містить оплату відпусток, часу виконання державних обов'язків, доплати за виконання додаткових функцій.

Обчислюється у відсотках від основної заробітної плати:

$$4200 * 0,12 = 504 \text{ грн}$$

7 стаття «Відрахування на соціальні потреби». Включає відрахування, що надходять до фондів: пенсійного, соціального страхування, безробіття. Обчислюється у відсотках від суми основної та додаткової заробітної плати:  
 $(4200 + 504) * 38\% = 1787,52 \text{ грн}$

8 стаття «Витрати на утримання обладнання». Є комплексною і охоплює такі витрати, як амортизаційні відрахування по машинах і обладнанню, яке належить до основних фондів, витрати на інструмент. Обчислюється у відсотках від основної зарплати:

$$4200 * 0,15 = 630 \text{ грн}$$

9 стаття «Загальновиробничі витрати» включають витрати на зарплату з відрахуванням на соціальні потреби працівників управління, фахівців обслуговуючого персоналу, амортизаційні відрахування по будівлям і спорудам, їх утримання, ремонт. Обчислюється у відсотках від основної зарплати і витрати на утримання обладнання:

$$(4200+630)*0,14 = 676,2 \text{ грн}$$

#### 10 стаття «Адміністративні витрати»

Витрати на дослідження, випробування, підготовку кадрів, відрядження, на опалення, освітлення, витрати на приміщення, зарплата всього управлінського персоналу.

Таблиця 3.5 - Розрахунок собівартості пристрою

Статті калькуляції	Витрати, грн.
ІМС і РД	1239,2
Монтажні матеріали	53,75
ТЗВ	64,65
Електроенергія	1,11
Основна з / плата	4200
Додаткова з / плата	504
Витрати на соціальні потреби	1787,52
Витрати на утримання обладнання	630
Загальновиробничі витрати	676,2
Адміністративні витрати	756
Витрати на збут	297,37
Повна собівартість	10209,79

Обчислюється у відсотках від основної заробітної плати:

$$4200 * 0,18 = 756 \text{ грн}$$

11 стаття «Витрати на збут»

Містять витрати на вивчення ринку, рекламу продукції та її продаж.

Обчислюється у відсотках від виробничої собівартості:

$$9912,42 * 0,03 = 297,37 \text{ грн}$$

Повна собівартість підсилювача є суму всіх витрат на виготовлення пристрою. Всі витрати наведені в таблиці 3.5.

### 3.3 Розрахунок відпускної ціни пристрою

Для знаходження ціни необхідно до повної собівартості додати суму прибутку і податку на додану вартість.

$$Ц = С + П + \text{НДС},$$

де С - повна собівартість,

П - прибуток,

ПДВ - податок на додану вартість.

Для знаходження прибутку використовуємо формулу рентабельності:

$$Р = П / С * 100\%$$

Звідси

$$П = С * Р / 100\%$$

Знаходимо прибуток:

$$П = 10209,79 * 15 / 100\% = 1531,47 \text{ грн}$$

Для знаходження суми ПДВ необхідно знати оптову ціну, яка складається з повної собівартості і прибутку:

$$\text{ОЦ} = 10209,79 + 1531,47 = 11741,26 \text{ грн}$$

Знаходимо суму ПДВ, яка становить 20% від оптової ціни, за формулою:

$$\text{ПДВ} = 5031,44 \cdot 20/100\% = 2348,25 \text{ грн.}$$

Тепер розраховуємо відпускну ціну пристрою за формулою:

$$\text{ОТЦ} = 10209,79 + 1531,47 + 2348,25 = 14089,51 \text{ грн}$$

Відпускна ціна пристрою становить 14089,51 грн.

### **3.4 Визначення річних витрат користувача.**

Річні експлуатаційні витрати включають витрати на електричну енергію.

Витрати на електричну енергію визначаються за формулою:

$$B_e = W \cdot C_e \cdot t,$$

де  $W$  потужність приладу, кВт;

$C_e$  - вартість одного кВт · год, грн / кВт · год;

$t$  - час роботи приладу за рік.

Вартість електроенергії для промислових користувачів на 1.12.2018 становить 90 коп / кВт · год; кількість робочих днів в році - 259.

Потужність приладу складає 8 Вт.

$$B_e = W \cdot C_e \cdot t = 0,08 \cdot 0,90 \cdot 259 \cdot 8 = 149,18 \text{ (грн)}$$

### 3.5 Висновки з техніко-економічної частини

При розрахунку системи управління вакуумними насосами в електронному мікроскопі ми розраховали вартість монтажних матеріалів, мікросхем і радіодеталей, витрати на електроенергію. Розраховали основну та додаткову заробітну плати, зробили обчислення щодо відрахувань із зарплати, вирахували витрати на утримання обладнання в цеху. Знайшли повну собівартість, оптову та відпускну ціну приладу.

Внаслідок проведених розрахунків собівартість пристрою виявилася значною в порівнянні з собівартістю, при якій буде користуватися попитом. У зв'язку з цим доцільно провести такі заходи щодо зниження собівартості пристрою:

а) провести автоматизацію виробництва. В наслідок цього зменшиться кількість ручної роботи, зменшиться час виробництва;

б) поставити виробництво пристрою на серійну основу. Внаслідок цього стануть меншими витрати матеріалу і трудові витрати.

Внаслідок цього можна зробити висновок, що виробництво пристрою в одиничних екземплярах з економічної точки зору не має сенсу в зв'язку з великою собівартістю. Тому виготовляти даний пристрій необхідно в умовах автоматизованого серійного виробництва, в разі кардинальної модернізації технології та обладнання, при наявності достатньої технічної матеріальної бази можлива розробка і виробництво власних мікросхем, що в разі зменшить витрати на виробництво та збільшить рентабельність і попит на даний вид виробництва.



## ВИСНОВОК

У даній роботі була розроблена система управління вакуумними насосами в ЕМ.

Вакуумна система-це одна з найважливіший систем ЕМ, вона виконує відкачування робочого об'єму мікроскопа від різних газів і речовин, які можуть перешкодити проходженню електронного пучка, від того як відбудеться процес відкачування буде залежати результат роботи мікроскопа.

При проектування пристрою можна виділити наступні етапи:

- 1). Опрацювання відповідної літератури, аналіз основних методів досягнення високого вакууму, особливості досягнення високого вакууму.
- 2). Формування основних вимог до проєктованого пристрою, розробка алгоритму та структурної схеми пристрою.
- 3). Розрахунок і побудова основних схем, вузлів і блоків пристрою.
- 4). Розробка електричної функціональної схема пристрою.
- 5). Розробка електричної принципової схеми.
- 6). Розробка конструкторської документації до пристрою.
- 7). Опрацювання питання охорони праці та економіки.

Як будь-який проєктований пристрій розроблений пристрій має як переваги так і недоліки, до переваг можна віднести високу надійність системи, також система досить ефективна, це забезпечується використанням програми і передбаченою можливістю заміни досліджуваного зразка без повного відкачування всього робочого об'єму, в пристрої також передбачений достатній рівень безпеки який дозволить уникнути збоїв при роботі пристрою, а також захистити його від можливих поломок. До недоліків варто віднести високу вартість та залежність від імпортованих деталей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Е. Л. Онанченко, Г. П. Мировицкий, А. И. Новгородцев Методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра электроники для студентов специальности 6.090803 «Электронные системы» дневной и заочной форм обучения, - Сумы; СумГУ, 2000.
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 304с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – Т.1. 598с.
4. [www.ti.com](http://www.ti.com).
5. [burr-brow.com](http://burr-brow.com).
6. Фолкенберри Л. Применения операционных усилителей и линейных интегральных схем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985
7. [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
8. Широков А.М. Надежность радиоэлектронных устройств, М, Высшая школа, 1972 г.
9. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики, М, Сов. Радио, 1975 г.
10. Перротте А.И., Сторчак М.А. Вопросы надежности РЭА, М, Сов. Радио, 1976 г.
11. Данилин Б. С., Минайчев В. Е. Основы конструирования вакуумных систем. – М.: Энергия, 1971.
12. Зубчук В.И. и др.: Справочник по цифровой схемотехнике.— К.: Техника, 1990.— 448 с.: ил.
13. Л. Н. Розанов Вакуумная техника, - М.; «Высшая школа», 1990.
14. ГОСТ 2.105-95

15. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник Э. Т. Романычевой, - М.; Радио и связь, 1989.
16. Яворский Б.М. «Справочник по физике», Москва, «Наука». 1981г.
17. С.Ф. Покропивный Экономика предприятия.Учебник / под .ред. С.Ф. Покропивного - Вид 2-ге. перероб.и .доп. - К: КНЕУ. 2000г.
18. Шваб Л.И Экономика предприятия: Учебное пособие для студентов высших учебных 2-зкладов . вид - К.: „каравела” 2005 г.
19. Сафонов Н.А. Экономика предприятий.
20. Internet.