

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Розроблення автоматизованої системи контролю реактора для
змішування в'язких компонентів

Виконали: студенти 4 курсу, групи КА-41
Спеціальність 151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані
технології”

(шифр і назва спеціальності)

Нагорний А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Павліковський Б.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Савків В. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Станько А. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль – 2024

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі на тему «Розроблення автоматизованої системи контролю реактора для змішування в'язких компонентів» розроблено систему керування реактором, яка забезпечує вимірювання, регулювання, контроль і сигналізацію про стан виміряних параметрів.

У роботі запропоновано ряд технічних рішень з підвищення точності контролю та регулювання технологічного процесу виготовлення мазей від яких вагомо залежить їх якість. Це дозволить знизити кількість бракованої продукції та уникнути негативних наслідків для здоров'я людей при можливому попаданні неякісних мазей у аптеки.

В пояснювальній записці обґрунтовано вибір системи управління, проведено ряд інженерних розрахунків елементів електронних схем та приладів.

Кваліфікаційна робота проєкт містить 106 сторінок пояснювальної записки та 10 креслень графічної частини, 15 літературних джерел.

Зміст

Анотація.....	6
Зміст.....	7
ВСТУП.....	9
1 Аналітична частина	11
1.1 Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації технологічного процесу, що лежить в основі завдання на проєктування.	11
1.2 Технічні вимоги до автоматизованої системи контролю технологічного процесу змішування в'язких компонентів при виготовленні мазей.....	19
1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки	20
2 Проєктна частина	23
2.1 Загальна характеристика об'єкта виробництва та його призначення .	23
2.2 Розроблення технологічної схеми виготовлення мазей.....	26
2.3 Вибір технологічного обладнання для виготовлення мазей	34
2.4 Розробка структурної схеми цифрового пристрою контролю температури	47
2.5 Розробка і опис електрично-принципової схеми цифрового пристрою контролю температури	49
2.6 Проєктування та розрахунок стабілізованого блоку живлення пристрою контролю температури	56
2.7 Вибір елементної бази пристрою контролю та аналіз їх технічних характеристик	65
2.8 Аналіз і розрахунок надійності елементів розробленої системи контролю технологічного процесу.....	74

2.9	Опис принципу роботи підсилювального пристрою для диференціального давача тиску.....	79
2.10	Опис принципу роботи вимірювального перетворювача диференціального давача тиску.....	82
2.11	Розробка функціональної схеми вимірювального перетворювача	84
2.12	Розрахунок двополярного блоку живлення.....	86
3	Спеціальна частина.....	89
3.1	Розробка електронних плат з використанням пакету Altium Designer	89
3.2	Використання пакету прикладних програм MathCAD для проведення проєктних розрахунків.....	94
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	96
4.1	Заходи з охорони праці на підприємстві	96
4.1.1	Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці, що проєктується	96
4.1.2	Розрахунок повітрообміну для видалення шкідливих виділень	99
4.2	Заходи з безпеки життєдіяльності на підприємстві.....	100
	ВИСНОВКИ.....	104
	ЛІТЕРАТУРА	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Автоматизація виробництва різних галузей промисловості є найважливішим напрямком технологічного прогресу і головною задачею в підвищенні ефективності виробництва.

Локальна і комплексна автоматизація промисловості не можлива без розробки, освоєння в серійному виробництві, застосування і неперервного розвитку автоматичних електронних показуючих, реєструючих і регулюючих приладів, які є основними засобами автоматизації, що найбільш повно відображають сучасні вимоги заводів і наукових установ.

Автоматичні електронні показуючі, реєструючі і регулюючі прилади призначені для вимірювання одно- і багатоканальної реєстрації і регулювання різноманітних параметрів, якими характеризуються процеси в різних галузях промисловості.

До таких параметрів відносяться температура, тиск, розхід рідини, рівень, вологість, концентрація і склад газів і рідин, електричний струм, напруга, потужність, частота і т.д.

Автоматичні електронні показуючі, реєструючі і регулюючі прилади призначені також для вирішення складних задач ведення технологічних процесів в залежності від ряду і комплексу параметрів технологічних процесів.

Автоматичні прилади призначені для рішення широкого кола задач локальної і комплексної автоматизації багатьох технологічних процесів, для комплектування простих і складних систем, об'єктів, устаткувань і пристроїв автоматичного контролю, для самостійного автономного використання, для контролю і регулювання різних об'єктів, агрегатів,

печей і т.п., для захисту об'єктів від перевантаження, для автоматизації ряду спеціальних технологічних процесів.

Автоматичні прилади призначені для використання і в особливо складних умовах експлуатації при підвищених вібрації, перевантаженнях, вологості і т.п. Великі можливості їх застосування є в області, де контроль за ходом технологічного процесу набуває виключно важливого значення, викликаного необхідністю забезпечити безпеку обслуговуючого персоналу.

1 Аналітична частина

1.1 Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації технологічного процесу, що лежить в основі завдання на проєктування

Для додавання лікарських речовин в основу мазей та подальшого вимішування, використовують мазеві котли (реактори).

Мазеві котли (реактори) оснащені ефективними вимішувальними робочими органами, що пристосовані для роботи у в'язких середовищах (якірні, грабельні чи планетарні).

Фірма «А.Джонсон і К^о» (Англія) випускає універсальний змішувач «Юнітрон» (рис. 1.1). Змішувач складається з нерухомої ємності 1, закритої кришкою 2 з гідравлічним керуванням. Кришка має злив і систему для миття без відкриття бака.

У центрі ємності встановлений вал 3, який приводить в рух змінну змішувальну насадку 4 і обертовий скребок 5. Ємність має нижній вихідний отвір 6 і отвір 7 для підключення регулятора та інших пристроїв.

Змішування компонентів в ємності можна проводити при різних температурах, і навіть у середовищі інертного газу. Даний змішувач забезпечує постійний контроль температури та вологості суміші, визначення маси та інших параметрів.

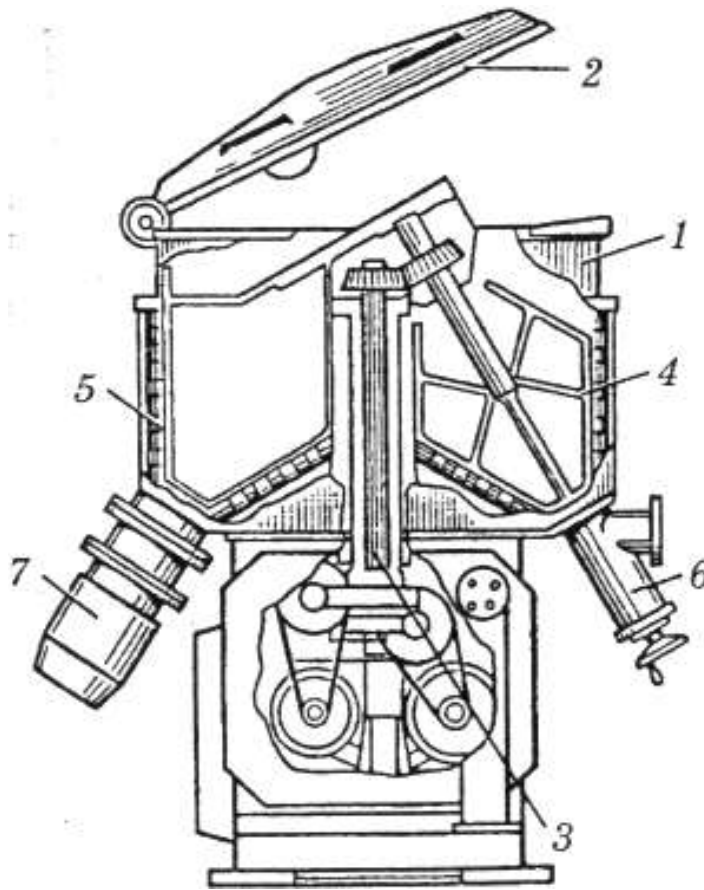


Рисунок 1.1 - Схема змішувача «Юнітрон»

Управління всіма операціями здійснюється з пульта дистанційного керування із збереженням режимних параметрів в пам'яті керуючого мікропроцесорного пристрою.

Однак важко досягти необхідної дисперсності мазі, змішуючи її лише мішалкою. Тому для гомогенізації мазей під час виробництва використовуються різні типи мазетерок (диски, ролики, жорна).

Дискова мазетерка складається з двох горизонтальних дисків, розташованих один під одним. Нижній диск обертається, а верхній нерухомий диск прикріплений до горловини, яка подає мазь. Усередині горловини знаходиться мішалка або скребок, які сприяють переміщенню мазі.

Диски мають більш глибокі канавки в центрі, які збігають до нуля біля країв. Мазь потрапляє в простір між дисками по центру, розтирається, далі рухається до країв і скребком видаляється в приймач.

Ступінь помелу регулюється відстанню між дисками. Продуктивність дискового пристрою 50-60 кг мазі на годину.

Роликовий розтиральний апарат складається з двох-трьох паралельних, горизонтальних обертових валів з гладкою поверхнею (рис. 1.2). Вони можуть бути виготовлені з фарфору, базальту або металу.

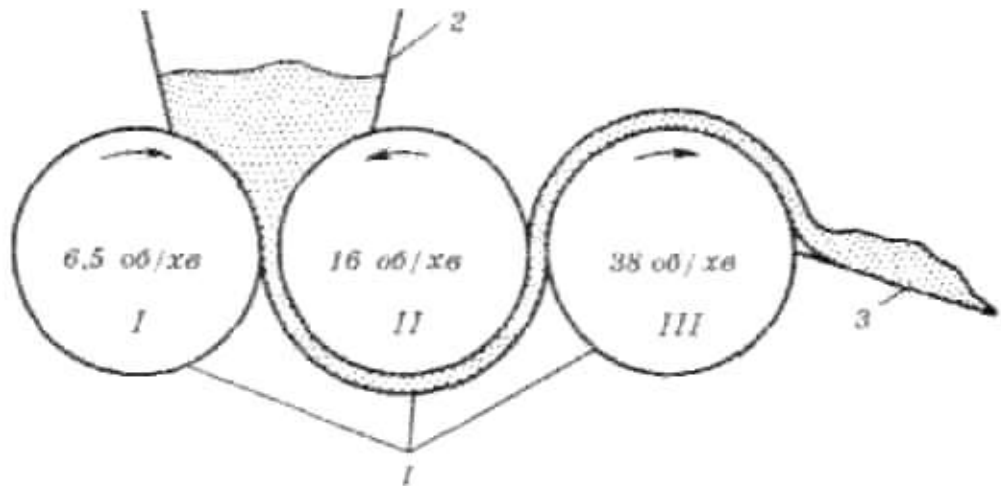


Рисунок 1.2 - Схема роботи трохвалкового розтирального пристрою

При необхідності валки можна наповнити водою, щоб створити оптимальну температуру подачі мазі. Під час роботи ролики обертаються з різною швидкістю - 6, 5, 16, 38 об/хв (останній ролик здійснює коливальні рухи). Різниця в швидкості обертання забезпечується спеціальним редуктором.

Мазь поміщається в бункер і самопливом надходить до валків, відстань між якими можна регулювати. З третього валка по направляючому каналу 3 мазь надходить у приймач пакувальної машини.

Різна швидкість обертання валків дозволяє передавати мазь від одного валка до іншого.

Процес подрібнення мазі складається з трьох етапів.

- тверді частинки (сипкі) подрібнюють за допомогою регулювання відстані між валками I і II;
- шліфувальні валики II і III покращують подрібнення за рахунок високої швидкості обертання;
- додатковий коливальний рух уздовж осі третього вала забезпечує шліфувальний ефект.

Валкові розтиральні пристрої мають запобіжний механізм, який автоматично припиняє роботу, коли сторонній предмет потрапляє в щілину між валками. Їхня продуктивність становить близько 50 кг мазі на годину.

Використовуючи валкові розтиральні пристрої, можна значно прискорити процеси виробництва дисперсних систем, таких як емульсії, суспензії та комбіновані мазі.

При приготуванні кремів, що містять аморфні речовини (сірка, оксид цинку, крохмаль та ін.), можна виключити стадію попереднього подрібнення лікарських речовин за допомогою валкових розтиральних пристроїв. Виробництво мазей, що містять лікарські речовини з міцною кристалічною решіткою (борна кислота, стрептоцид), передбачає тонкий помол препарату перед використанням валкових розтиральних пристроїв.

У будь-якому випадку використання валкових розтиральних пристроїв дає можливість заощадити час і електроенергію, зменшити кількість допоміжних речовин у порівнянні з традиційними способами приготування мазей.

Мазі фасуються в тару з різних матеріалів. Мазі, що містять водну фазу або леткі компоненти, поміщають в тару, що перешкоджає випаровуванню.

Розфасовують мазі, як правило, у скляні, керамічні, полімерні (полістирольні) флакони об'ємом 10, 20, 30, 50 і 100 мл із гвинтовими кришками. Мазі фасують за допомогою шнекових і поршневих дозуючих машин (рис. 1.3).

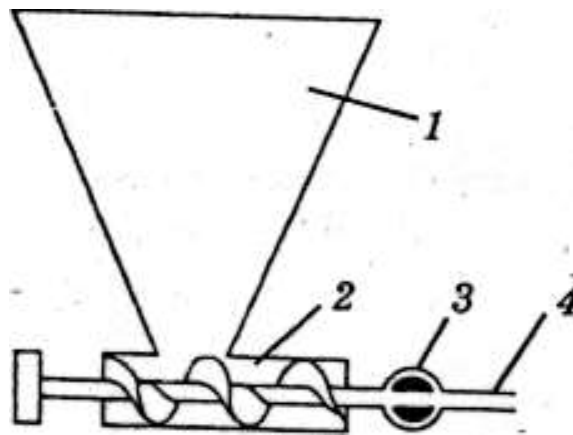


Рисунок 1.3 - Шнекова машина для фасування мазей

Шнекова дозуюча машина складається з бункера 1, який заповнюється маззю, і шнека 2, що подає мазь через кран 3 у мундштук 4. Через визначені проміжки часу кран закривається, і мазь з мундштука виштовхується в баночку або тубу.

Фасування здійснюється за часом закриття і відкриття крана. Банку з маззю закривають кришкою.

Найзручнішою, сучасною упаковкою для мазі є туба з металу або полімерного матеріалу. Туби є найбільш гігієнічною і зручною упаковкою. На тубі можна розмістити пристосування для регулювання дози мазі, можна додати пластикову насадку (аплікатор), яка дозволяє закачувати масло в порожнину.

Для металевих туб використовують алюміній марок А6 і А7. Їх внутрішня поверхня покривається лаком (ФЛ-559), а зовнішня – емалевою фарбою, на яку потім наноситься маркування.

В якості полімерних матеріалів для виробництва туб використовують поліетилен низької і високої щільності, поліпропілен, полівінілхлорид.

Для герметизації отвір туби покривають тонкою алюмінієвою плівкою та накручують на неї конічну кришку. Всередині кришки є гострий накінецьник, який проколює отвір у тубі під час використання.

Для наповнення туб використовується тубонаповнювальну машина TF-51 фірми «Івка» (Німеччина).

Послідовність роботи тубонаповнювальних машин.

На поворотному столі верстата TF-51 попарно встановлено 20 туботримачів (рис. 1.4). Для від'єднання порожньої туби від штатива за допомогою живильного пристрою встановлений туботримач. Також туби продуваються для видалення пилу, залишків пакувального матеріалу, тощо.

Після переміщення поворотного столу на певний кут кришки туб затягують і вирівнюють (туби притискають до туботримачів). Потім за допомогою фотоелектричного пристрою тубу направляють по мітці. Також фотоелектричний пристрій виконує і контрольно-блокувальну функцію, відключаючи подачу мазі у випадку відсутності туби в туботримачі.

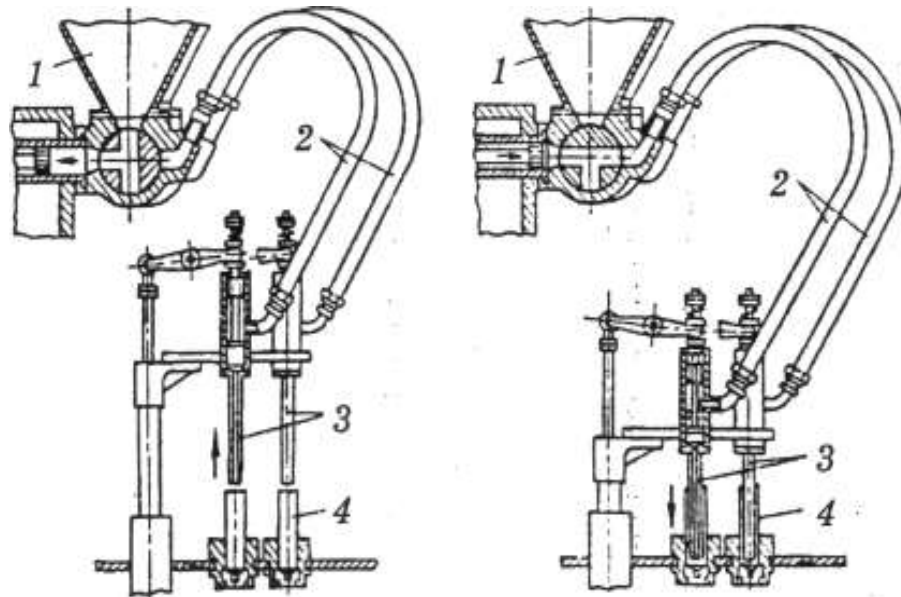


Рисунок 1.4 - Схема дозуючого пристрою тубонаповнювальної машини «TF-51»:

a — момент подачі порції мазі з бункера *1*; *б* — момент заповнення туби *4* маззю через шланги *2* і металічні сопла *3*

У наступному положенні поворотного столу туба заповнюється маззю, що подається з бункера через патрубок наповнення туби. Форсунка входить у тубу перед заповненням і піднімається вгору по мірі заповнення.

В кінці відбувається зворотне всмоктування мазі, завдяки чому вона не витікає з форсунки між етапами заливки.

Потім туба герметизується. Її край сплющують і тубу загинають один раз на 180°. Потім кінцевий згин гофрується, випресовується дата випуску, серія, тощо.

Після цього труби подаються на конвеєр або жолоб.

Тубонаповнювальні машини фірми «Івка» оснащені пристроєм для заливки мазі в середовищі інертного газу (антибіотики, легкі окислювачі).

Машини, як правило, групуються в лінії і забезпечують заповнення порожніх туб, виготовлення картонних упаковок та пакування. Ці машини також забезпечують нанесення маркування, супровідних написів, тощо.

Схема технологічної лінії наповнення та пакування туб подана на рисунку. 1.5.

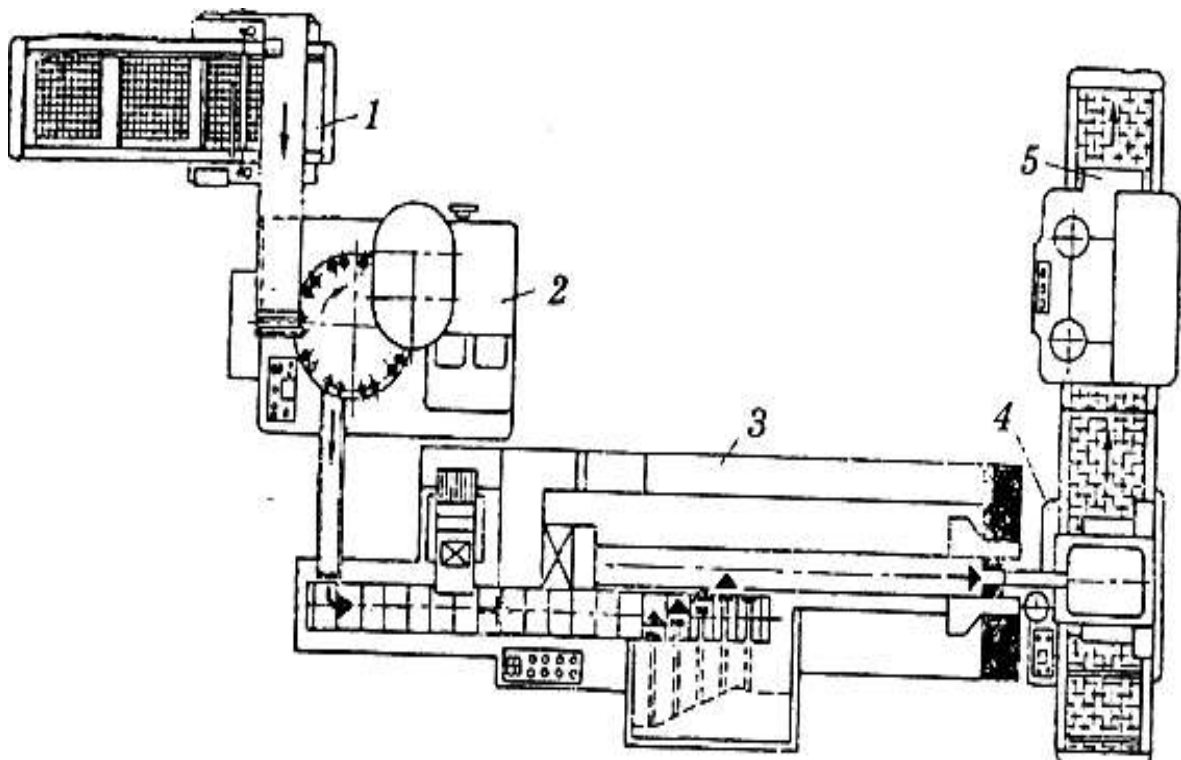


Рисунок 1.5 - Схема технологічної лінії для наповнення і пакування туб:
1 — машина, яка подає пусті туби; 2 — тубонаповнювальна машина; 3 —
машина для упаковки туб в пенали; 4 — машина для упаковки пеналів в
картонні коробки; 5 — машина для упаковки картонних коробок в
поліетиленову плівку

1.2 Технічні вимоги до автоматизованої системи контролю технологічного процесу змішування в'язких компонентів при виготовленні мазей

До технічних вимог, що висуваються для автоматичних систем, [2–13] відносяться наступні:

- широкий комплекс виконуваних функцій;
- доцільні габарити і мінімальна маса;
- високі метрологічні характеристики;
- необхідний діапазон швидкостей переміщення діаграм;
- гарні динамічні характеристики;
- максимальна надійність і тривалий строк служби в заданих умовах експлуатації;
- відповідність конструкції приладу сучасному рівню техніки;
- високі виробничо-технічні показники;
- висока техніко-економічна ефективність;
- відповідність зовнішнього виду нормам промислової естетики;
- широкі можливості автоматичного регулювання або зв'язку з зовнішніми регулюючими пристроями.

В залежності від призначення, умов експлуатації і вказаних вище технічних вимог [2, 4, 6] повинні розроблятися конструкції, забезпечуючи виконання наступних функцій:

- контроль і регулювання виробничих процесів з високою точністю вимірювань;
- вимірювання, реєстрація і регулювання технологічних процесів з середньою точністю вимірювання;
- використання приладів в мнемонічних схемах і пультах контролю і сигналізації в системах автоматичного

регулювання технологічних процесів, де достатньо знижена точність вимірювання.

Метрологічні характеристики приладів визначаються точністю вимірювання, чутливістю і варіацією показів; швидкістю або діапазоном частоти сигналів, що реєструється з заданою точністю, необхідними границями вимірювання і їх кількістю, ступенем завадозахищеності приладу.

Метрологічні характеристики автоматичних приладів встановлюються державними стандартами України.

1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки

Для вдосконалення технологічних операцій необхідна комплексна автоматизація виробничих процесів, яка пов'язана з впровадженням нового обладнання з розширеними функціональними можливостями. [6, 13, 14]

Вище розглянуті автоматичні прилади мають ряд недоліків, основним з яких є відсутність контролю над об'єктом керування, тобто ці прилади тільки вимірюють температуру, не впливаючи при цьому на виконавчий механізм відповідно до результату вимірювання.

Тому для досягнення повної автоматизації процесу управління температурним режимом необхідно розробити систему керування даним параметром, яка б являла собою сукупність вимірювальних, керуючих та обчислювальних каналів.

Вимірювальний канал – це функціональна об'єднана сукупність агрегатних засобів вимірювання призначених для виконання прямих вимірювань з нормованою точністю.

Керуючий канал – це функціональна сукупність технічних засобів вимірювання і автоматизації, що призначений для одержання інформації про стан об'єкта керування, вироблення і реалізації керуючих впливів на об'єкт в автоматичному режимі.

Обчислювальний канал являє собою сукупність апаратних і програмних засобів для реалізації обчислювальних функцій вимірювань, контролю, діагностики, ідентифікації і керування.

Процес проєктування автоматичної системи починається з складання технічного завдання з переліком вимог, яким повинна задовольняти система керування з заданими технічними характеристиками, визначаючими функціональні можливості їх застосування.

В даній кваліфікаційній роботі ми розробляємо цифровий прилад з каналом регулювання по температурі.

Цифровий термометр призначений для вимірювання температури, автоматичного контролю за її величиною і формування інформаційних сигналів (“Максимум”, “Норма”, “Мінімум” – температури) відносно встановлених з панелі приладу її максимального і максимального значень для контрольованого середовища.

Прилад дозволяє виміряти температури в діапазоні $0...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ з роздільною здатністю $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; похибка вимірювання не перевищує при цьому не перевищує $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість вимірювання температури – 1 с; час індикації – неперервна; період поновлення інформації на індикаторах про значення температури – 2 с.

Діапазон контрольованих значень $0...80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Встановлення допусків температури для контрольованого середовища відбувається перемикачами з передньої панелі приладу. Дискретність встановлення – $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальна ширина діапазону контролю температури – по $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В залежності від величини температури прилад формує наступні інформаційні сигнали:

температура в межах допуску, формується світловий і потенціальний сигнали “Норма”;

температура більше (менше) допуску, формується звуковий, світловий і потенціальний сигнали “Максимум” (“Мінімум”).

Потенціальні сигнали у вигляді постійної напруги +5 В подаються на вихідний роз’єм приладу. Прилад живиться від мережі напругою 220 В частоти 50 Гц. Споживана потужність не перевищує 15 Вт.

2 Проектна частина

2.1 Загальна характеристика об'єкта виробництва та його призначення

Під назвою мазі (Unguenta) розуміють велику групу різноманітних по складу і дії ліків, що мають в'язкопластичну консистенцію. Мазі є офіційною лікарською формою.

Мазі складаються з так званої основи та рівномірно розподілених в ній лікарських речовин. Вони широко використовуються як в терапії для лікування хворих з широким спектром захворювань та в інших галузях клінічної медицини.

Мазі використовуються як для лікування так і для профілактики широкого спектру захворювань. Також вони можуть виконувати роль індивідуальних засобів захисту відкритих частин тіла від негативного впливу різного роду чинників (хімічних подразників на підприємствах чи побутових умовах).

Широку групу налічують косметичні засоби для живлення чи зм'якшення. Їх відносять до категорій гігієнічних, лікувально-профілактичних чи декоративних мазей (кремів). Поживні речовини які вони містять (вітаміни, гормони, мінерали і т.н.) роблять такі мазі або креми лікувальними.

Особливою групою є «електродні» мазі або пасти. Їх технічні особливості застосовують для реєстрації мікрострумів при різних електродіагностиках (електрокардіографія, енцефалографія, електроміографія та ін.). Вони забезпечують кращий електричний

контакт між шкірою чи слизовою оболонкою та електродами, також вони покращують фіксацію електродів.

Залежно від типу дисперсної системи мазі класифікують на гомогенні (розплави або розчини) та гетерогенні (суспензії, емульсії або комбіновані). Залежно від консистентних характеристик мазі класифікують на власне мазі, пасти, креми, гелі та лініменти.

Залежно від призначення мазі поділяють на дерматологічні, уретральні, мазі для носа, очні, ректальні. Даний поділ пов'язаний з технологічними та біофармацевтичними особливостями та визначає весь комплекс технологічних операцій, які передбачені схемою технологічного процесу виготовлення мазей чи кремів.

Для прикладу мазі, які наносять на слизову оболонку, рани чи обпечені частини тіла мають виготовлятися в асептичних умовах. У мазях-суспензіях, які застосовують для очей, мають міститися якнайдрібніші частинки лікарських засобів.

Також вибір технологічного процесу має ґрунтуватись на біофармацевтиці.

Технологічний процес виготовлення мазей має забезпечити їм конкретні структурні та механічні (реологічні) характеристики (еластичність, пластичність, в'язкість, період релаксації).

Структурні та механічні властивості мазей також визначають їхній фармакологічний ефект. Також ці властивості визначають якість мазей після виробництва чи в процесі їх зберігання.

Чим м'якша консистенція мазі тим зручніше її наносити на поверхню тіла. Також м'яка консистенція покращує вивільнення з мазі лікарських речовин.

Для покращення фармакологічного ефекту підбирають оптимальну дисперсність та рівномірний розподіл у мазі лікарських речовин. Також

ці характеристики забезпечують незмінність складу мазі при її застосуванні чи зберіганні.

На характеристики та степінь дії мазей вагомо впливає тип дисперсної системи. Мазі-розчини чи емульсійні мазі можуть викликати як місцеву, так і ресорбтивну дію, тоді як суспензійні мазі діють переважно місцево.

Мазева основа транспортує препарат і забезпечує об'ємне наповнення та необхідні фізичні властивості мазі.

Вибір мазі залежить від фізико-хімічних властивостей призначеного препарату та властивостей самої мазі. Основа, яка забезпечує максимальний терапевтичний ефект мазі, повинна відповідати наступним вимогам.

- мати необхідну структуру та механічні властивості;
- добре змішуватись з ліками;
- не змінюватися під впливом зовнішнього середовища, не реагувати з доданими лікарськими речовинами, тобто мати хімічну стійкість;
- фармакологічна індиферентність, що не має подразнювальної або сенсibiliзуючої дії, що сприяє збереженню вихідного значення рН шкіри або слизових оболонок;
- не піддаватися мікробному забрудненню;
- характеристики основи повинні відповідати призначенню мазі.

В даний час в якості основи для мазей використовується велика кількість різних компонентів, і дуже рідко окремих речовин. Як правило, це складні фізико-хімічні системи. Різноманітність властивостей і різноманітність жирових основ породжує необхідність їх класифікації.

Найдосконалішою класифікацією мазевих основ є система, що враховує здатність основи вбирати речовину, що узгоджується з принципами технології виробництва мазей.

Відповідно до цієї класифікації мазеві основи поділяються на 4 групи: гідрофобні, абсорбуючі, водорозчинні та неводорозчинні.

До гідрофобних основ належать окремі речовини з певними гідрофобними властивостями, а також їх суміші (вазелін, тваринні та рослинні жири, мінеральні оливи).

До категорії абсорбуючих основ відноситься група основ, що містять 50% і більше води або водного розчину лікарських речовин, що утворюють емульсію (ланолін, гідролін).

До групи водозмивних основ входять емульсійні основи, виготовлені з використанням поверхнево-активних речовин, високогідрофільних неорганічних (бентоніт), органічних (водорозчинний ефір целюлози) речовин і їх сумішей.

До водорозчинних основ мазей відноситься велика група гідрофільних основ, що складаються з синтетичних або природних водорозчинних високомолекулярних сполук. До їх складу також входить багато гідрофільних колоїдних основ - крохмаль і альгін.

2.2 Розроблення технологічної схеми виготовлення мазей

Технологічний процес виготовлення мазей на фармацевтичних фабриках складається з таких основних етапів.

- санітарне оброблення виробничих приміщень;
- підготовлення базових речовин та матеріалів (лікарських засобів, основного в'язкого наповнювача, матеріалів для тари та пакування, тощо);
- внесення в основний в'язкий наповнювач лікарських засобів;
- змішування та розтирання мазі;

- контроль готової продукції;
- пакування та маркування готової продукції.

Залежно від складності застосування мазей та фізико-хімічних властивостей компонентів, що входять до їх складу, в технологічну схему виробництва можуть бути включені різні операції.

Всі етапи та операції від початку до кінця виробничого циклу суворо контролюються згідно з технологічним регламентом.

В даній роботі в якості прикладу буде розглянута технологічна схема виробництва мазей наведена на рис. 2.2.

Стадії технологічного процесу виготовлення мазей

ДР-1. Санітарна підготовка виробництва.

Стадія «Санітарна обробка виробництва» - це запобігання мікробному зараженню під час виробництва (підготовка вентиляційного повітря, підготовка виробничих приміщень, підготовка обладнання та інвентарю, підготовка технологічного одягу, навчання робочого персоналу).

Ця стадія забезпечить високу якість кінцевої продукції, а також створення безпечних умов праці та охорони здоров'я працівників.

ДР-1.1 Приготування дезінфікуючих розчинів.

Приготування розчину дегміну, розчину рецептури "С-4", хлораміну і розчину хлорного вапна, які використовуються для обробки вентиляційних труб, приміщень, обладнання і рук персоналу ведеться згідно з вимогами технологічних інструкцій.

ДР.-1.2 Підготовка вентиляційного повітря

Очистка повітря, яке подається в чисті приміщення 3А і 3В класу чистоти 2-х ступенева. На першому ступені використовуються ячейкові

фільтри типу ФЯЛ (або сухі рулонні фільтри типу ФРП), на другому ступені - ячейкові фільтри типу ФЯЛ, ЛАИК або комбіновані типу 4Ф.

В приміщеннях 3А і 3В класу чистоти передбачається 10-ти кратний обмін повітря в годину. В приміщеннях 4 класу чистоти подають повітря, очищене тільки на фільтрах першої ступені, типу ФЯВ і ФЯП.

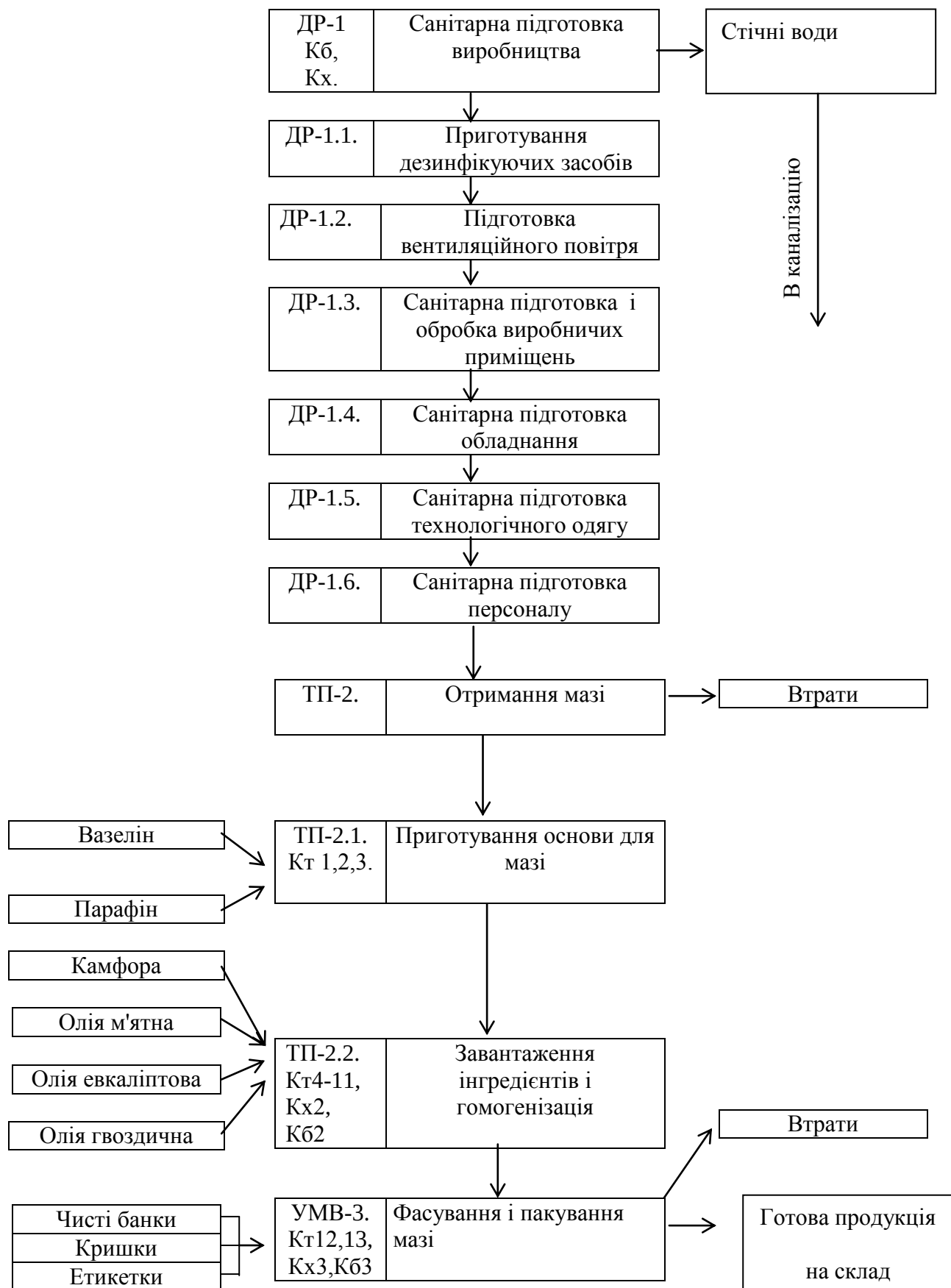


Рисунок 2.1 - Технологічна схема виробництва мазей

ДР-1.3 Підготовка виробничих приміщень

Виробничі приміщення розташовують по ходу технологічного процесу і відносять до 3А і 3В класу чистоти..

Стіни і стелі виробничих приміщень фарбують масляною фарбою, що легко піддається обробці миючими засобами. Пофарбування всіх виробничих приміщень проводиться не рідше одного разу в рік.

Місця з відбитою штукатуркою підлягають негайному оштукатурюванню з наступним пофарбуванням.

Підлога в виробничих приміщеннях водонепрониклива з гладкою, без щілин і вибоїв із зручною для миття поверхнею.

Перед прибиранням виключають спочатку витяжну, а потім приточну вентиляцію і виключають струм на обладнанні.

Після прибирання включають бактерицидні ультрафіолетові лампи на 10 - 12 годин. При роботі з бактерицидними лампами, коли вони знаходяться в полі зору, захищають очі окулярами.

Не менше ніж за 30 хвилин до початку роботи включають приточну, а потім витяжну вентиляцію.

В відділеннях отримання мазей проводять перевірку повітря на вміст озону, кислоти мурашиної, перекису водню (Кх ДР-1.3), перевірку повітря на мікробну забрудненість згідно з графіком робіт по санітарно-гігієнічних аналізах (не рідше 1 разу в тиждень під час виробничого процесу і не рідше 1 разу в 2 тижні за 1-1,5 г до початку роботи).

ДР-1.4 Підготовка обладнання і інвентаря.

У виробництві мазі підлягають обробці дезрозчинами збірники, насоси, ваги платформні пересувні, чаша випарна, реактор, машина дозувальна, агрегат для доукупорювання банок корками, машина

фасувальна, конвеєр. Обладнання розташовують так, щоб до нього був вільний доступ.

ДР-1.5 Підготовка технологічного одягу.

Прання і стерилізацію технологічного одягу проводять один раз в 5-6 днів. Для прання використовують синтетичні миючі засоби, що мають високі піноутворюючі властивості. Рекомендуються пральні порошки “Лотос”. Концентрація розчину 2 г/л, температура миючого розчину 30-35°C. На кожний кілограм завантажених виробів приходить не менше 10 л розчину. Прання халатів, хустинок або шапочок проводять в пральній машині 30 хвилин.

ДР-1.6 Санітарна підготовка персоналу.

Одним з основних джерел забруднення готового продукту мікроорганізмами являється обслуговуючий персонал. Найбільша кількість мікроорганізмів виділяється з верхніх дихальних шляхів, волосся і шкірних покривів. А тому до персоналу, що працює у виробничих приміщеннях пред'являються суворі вимоги.

ТП-2.1 Приготування основи для мазі.

Перед початком роботи апаратники одягають необхідний технологічний одяг і в процесі роботи використовують засоби індивідуального захисту (гумові рукавиці, захисні окуляри і т. п.).

Стадія «Внесення лікарських засобів в основу» включає додавання твердих складників в основу (суспензія) або розчинення складників в основі (розчин). Для випадків виготовлення комбінованих мазей можуть здійснюватись обидва процеси.

Централізовано, насосом Н1, в збірник Зб3, що знаходиться на вагах КПЗ закачують розплавлений при температурі 60 °С вазелін. Зважують 105,6 кг (Кт1, ТП-2.1) вазеліну і насосом Н4 за допомогою шлангу закачують в реактор Р10. Кінець шлангу обв'язують марлею, складеною в декілька шарів.

На вагах КП5 зважують 123,4 кг (Кт2, ТП-2.1) парафіну, ламають його на куски розміром приблизно 10х12 см і завантажують вручну у чашу для плавлення ГФ6. Парафін поступає зі складу в паперових мішках по 25 кг. Відкривають вентиль подачі пари в сорочку чаші і вентиль відводу конденсату і, за допомогою парового обігріву, плавлення парафіну проводять до повного його розплаву.

Температура розплавленого парафіну повинна бути не вище 70 °С (Кт3, ТП-2.1). Розплавлений парафін фільтрують через подвійний шар марлі і за допомогою вакууму, при включеній мішалці реактора, завантажують в реактор Р10. Включають мішалку реактора і суміш вазеліну з парафіном перемішують 10 хв.

ТП-2.2 Завантаження інгредієнтів і гомогенізація.

При ретельному перемішуванні і при включеній мішалці в реактор Р10 задають 40,6 кг (Кт4, ТП-2.2.) камфори, зваженої на вагах КП5. Камфору одержують зі складу в барабанах по 50 кг. Перемішування ведуть до повного розчинення камфори, після чого суміш охолоджують до температури 40 °С (Кт5, ТП-2.2), включивши вентиль подачі холодної води в сорочку змішувача.

До охолодженої маси, при включеній мішалці, додають 91,4 кг (Кт6, ТП-2.2.) олії м'ятної, що містить 80% ментолу. Олію м'ятну зважують на вагах КП5. Далі на вагах КП5 зважують 40,6 кг (Кт7, ТП-2.2) олії

евкаліптової і 4,1 кг (Кт8, ТП-2.2) олії гвоздичної. Олії поступають зі складу в бутлях по 30 кг.

Мазь гомогенізують протягом 1,5 г (Кт9, ТП-2.2) в реакторі з щільно закритою кришкою. Перемішування ведуть при включеному охолодженні до консистенції в'язкої маси при температурі 25-27 °С (Кт10, ТП-2.2).

При включеній мішалці контролер ВТК відбирає середню пробу на аналіз (Кт11, Кх2, Кб2, ТП-2.2). При задовільному результаті аналізу готову мазь подають на фасування за допомогою насосу Н11 в збірник 3б12.

УМВ-3. Розфасування і пакування мазей.

Мазі розфасовують у банки або туби на механізованій лінії.

Механізована лінія складається з дозувальної машини ГФ13 і машини для доукупорювання банок кришками ГФ14.

Перед початком роботи, зовнішнім оглядом майстер цеху і фасувальники перевіряють чистоту фасувальної машини, справність всіх вузлів лінії, наявність захисних огорож рухомих частин, цілісність видимого контуру заземлення, роботу загальнообмінної вентиляції, наявність і чистоту банок і закупорювальних матеріалів, наявність етикеток і відповідність ї вимогам НТД.

Перед розфасуванням препарату контролер ВТК перевіряє його на ідентичність і перевіряє наповнення протягом всього процесу розфасування (не менше 6 раз), якість наклеювання етикеток, відсутність у банках механічних домішок, вторинну упаковку. Результати записуються в робочому журналі. Майстер цеху встановлює на дозуючому вузлі ГФ13 необхідну дозу і перевіряє її відповідність заданій вазі за допомогою ваг лабораторії.

Після точного регулювання дози включають дозуючу машину ГФ13 і автоматично проводиться наповнення банок маззю. Чисті банки поступають до машини централізовано.

Фасувальниця вручну встановлює піддон із банками на приставку фасувальної машини, приставку перекидають і банки поступають на диск транспортер, який переміщує їх до автомату для дозування мазей ГФ13.

Банки, наповнені маззю, поступають на приставку механізованої лінії, звідки по транспортеру поступають на карусель автомату для закупорювання флаконів кришкою ГФ14 (чисті кришки централізовано поступають до автомату ГФ14). На закупорені флакони фасувальниця наклеює етикетки, на яких вказані всі реквізити і перевіряє якість наклеєних етикеток на кожній банці.

Періодично за якістю розфасування, дозування і пакування контроль здійснюється контролером ВТК. Банки з косо наклеєними етикетками відбраковують. Кожну банку, разом з інструкцією по застосуванню, вкладають в картонну пачку. Пачки по 35 штук вкладають в коробки.

Коробки обв'язують шпагатом коробку вкладають кількість інструкцій по застосуванню лікарського засобу, рівну кількості банок, вкладених в коробку. Банки відділяють одну від одної картонними прокладками (або вкладають решітки).

2.3 Вибір технологічного обладнання для виготовлення мазей

У фармацевтичній промисловості часто виникає необхідність у виготовленні базової або комбінованої мазі, що містить водорозчинні та нерозчинні у воді компоненти. Все це визначає технологію виготовлення мазі та використовуване обладнання.

Унікальною особливістю виробництва мазей в заводських умовах є те, що її готують у спеціальних цехах на складному обладнанні за технологією, яка буде стабільною не менше 2 років відповідно до затвердженої програми.

При промисловому виробництві мазей використовуються різноманітні основи і складне спеціальне устаткування. Для технології виготовлення мазі основними є наступні фактори: величина дисперсності лікарських засобів, метод внесення лікарських засобів в основу, величини часу, швидкості, послідовності та температурних режимів вимішування компонентів. Ці фактори визначають консистенцію, реологічні властивості, однорідність застосування, стійкість при зберіганні та ефективність медикаментозної терапії.

Основні плавкі компоненти (вазелін, ланолін, віск, емульгатор № 1, 2, емульсійний віск, поліетиленоксид 1500 та ін.) розплавляють в електрокотлах або котлах ЕК-40, ЕК-60, ЕК-125, ЕК-250, ПК-125 або ПК-250, що обладнані паровими сорочками. Котли можуть мати циліндричному або сферичну форму. Видача розплавленої маси здійснюється за допомогою зливних патрубків.

Мазеві котли (реактори) виготовляють з міді або чавуну і покривають емаллю. Вони відносяться до групи виробничих допоміжних засобів.

Розплавлення основи здійснюється спеціальною електропанеллю або паровим змішувиком. На рисунку 2.2 показаний пристрій для плавлення мазевих основ.

Електропанель складається з ємності 1 і конічної лійки 2 із ґратами, захисним кожухом і нагрівальними елементами 3.

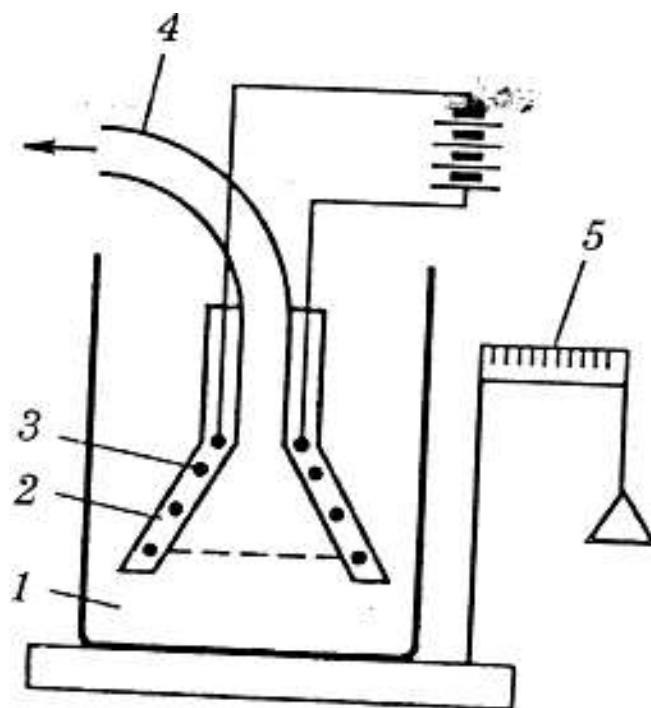


Рисунок 2.2 - Пристрій для плавлення мазевих основ

Захисний кожух попереджує проникнення основи до нагрівальних елементів, а ґрати захищають мазевий котел від попадання домішок. Після розплавлювання основа по шлангу 4 за допомогою вакууму перекачується в котел.

Крім плавлення і транспортування, пристрій дозволяє одночасно зважувати основу на вагах 5.

Розплавлену основу по трубопроводі з підігрівом подають у реактор для приготування мазі. Для перекачування розплавленої основи використовують різні типи насосів. Найбільш доцільно використовувати шестеренчасті насоси, тому що вони ідеально працюють у в'язких середовищах.

Технологічний процес виготовлення мазі проходить в реакторі-змішувачі. У ньому відбувається змішування в'язких та сипких компонентів мазей з в'язкістю 200 Нс/см^2 .

Конструктивна схема автоматизованого реактора-змішувача подана на рис. 2.3.

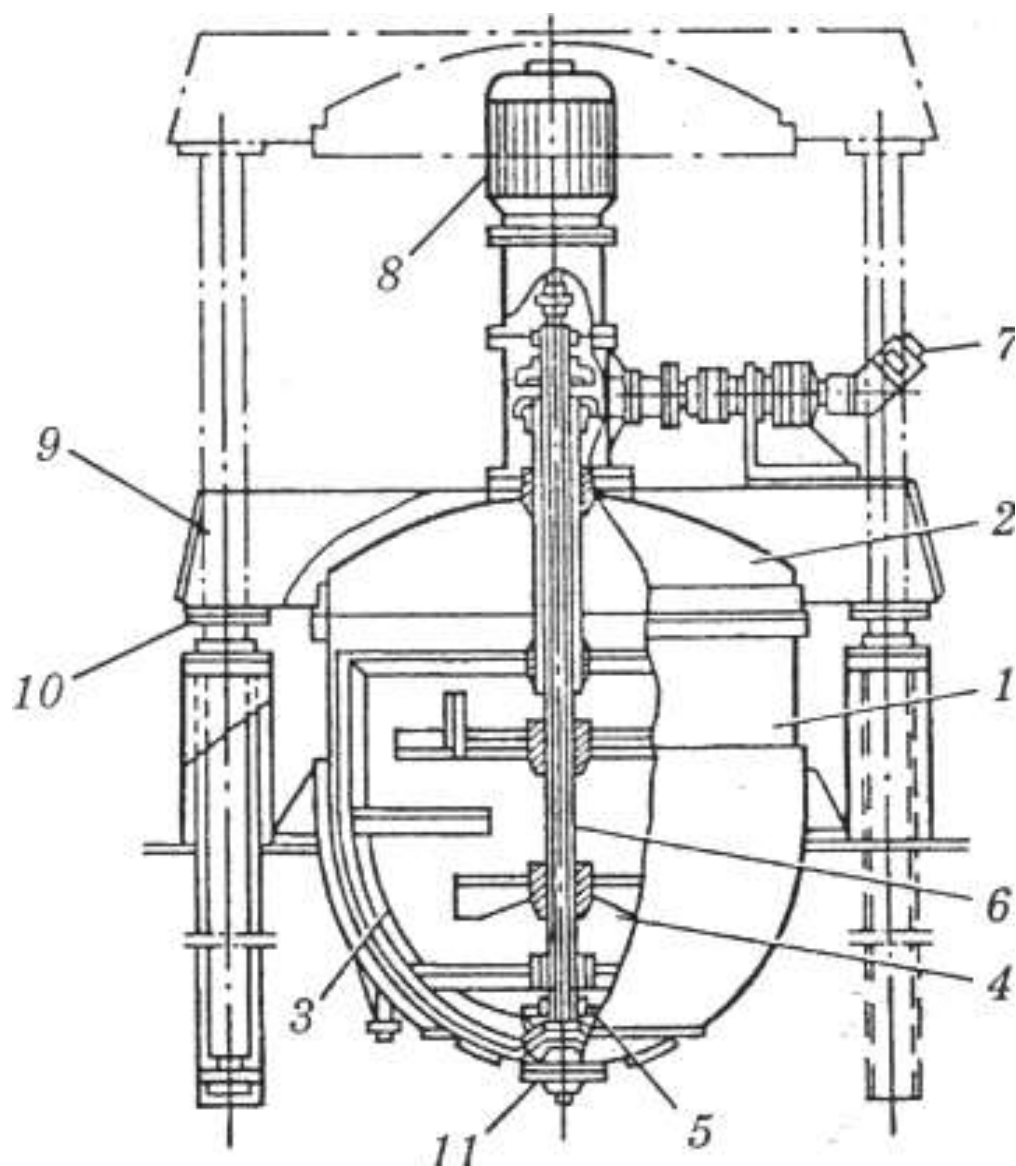


Рисунок 2.3 - Реактор-змішувач

Технічні характеристики реактора-змішувача

1.	Об'єм, м ³ корпуса – номінальний	0,1
	– повний	0,13
	сорочки – номінальний	0,046
2.	Середовище – їдке, шкідливе, 3-4 класів небезпеки	
3.	Допустима температура стінки, °C:	
	корпуса: в кислому середовищі	-20...+200 °C
	в нейтральному середовищі	-20...+150 °C
	в лужному середовищі при:	
	pH=11	-20...+130 °C
	pH=12	-20...+110 °C
	pH=13	-20...+90 °C
	pH=14	-20...+80 °C
	сорочки	-20...+200 °C
4.	Розрахункова температура, °C	200 °C
5.	Робочий тиск, МПа (кгс/см ²)	
	в корпусі	0,6 (6,0)
	або залишковий, не нижче	0,04
	в сорочці	0,6 (6,0)
6.	Розрахунковий тиск, МПа (кгс/см ²):	
	в корпусі	0,6 (6,0)
	в сорочці	0,6 (6,0)
7.	Надбавка для компенсації корозії, мм	0,5
8.	Середній строк експлуатації, років	6
9.	Число циклів навантаження за весь строк служби	1000
10.	Частота обертання мішалки, с ⁻¹ (об/хв)	0,83 (50)
11.	Потужність електродвигуна, кВт	0,75

12. Об'єм контролю зварних з'єднань, %	
корпуса	100
сорочки	25

Реактор-змішувач складається з корпусу 1, кришки 2 із вмонтованою в неї завантажувальною горловиною, оглядове вікно, клапани, штуцери і патрубки для подавання різних компонентів.

Кришка корпусу, за допомогою траверси 9 і гідравлічних опор 10, може підніматися та опускатися. Всередині корпусу розташований якірний змішувач 3 з лопатками 4, що відповідають формі внутрішньої поверхні корпусу.

Змішувачі 3 і 4 обертаються в протилежні сторони за допомогою гідродвигунів 7 та співвісних валів 6. Крім цього, у корпусі реактора змонтований і турбінний змішувач 5, який обертається за допомогою електродвигуна 8.

Наявність трьох змішувачів дозволяє якісно змішувати мазеві компоненти. Реактор завантажується за допомогою парового клапана 11, корпус якого має «сорочку» для подачі гарячої або холодної води. Котел працює від електродвигуна.

В процесі приготування мазі важливою є підтримка температурного режиму її основи в межах встановлених нормами технологічного процесу. Для цього в корпус реактора вмонтовано гільза термометра, в якій міститься давач температури на основі кремнієвого діода типу КД503А, КД510А, що забезпечує вимірювання температури в межах 0...+100 °С (рис. 2.4).

Давач під'єднується до цифрового термометру через екранований кабель і роз'єм ХТ1. Анод діоду 2 за допомогою пайки з'єднується з центральним проводом 4, катод – з захисною металевою сіткою 1, яка в

свою чергу, припаюється по всьому периметрі до екрана 5 з'єднувального кабелю.

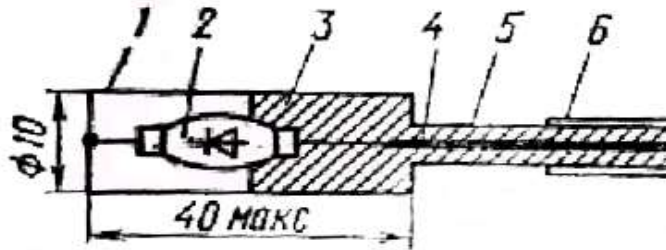


Рисунок 2.4 - Давач температури

Місце з'єднання аноду з центральною жилою кабелю заливається епоксидною смолою 3. Тим самим досягається ізоляція виводів давача один від одного при вимірюванні температури рідини. Весь давач заливати епоксидною смолою не бажано, оскільки погіршується його теплопровідність.

З'єднувальний кабель повинен володіти мінімальним опором. В екрановану обмотку пропущені три багатожильних ізольованих проводи з великим січенням. Два з них з'єднані з анодом і утворюють центральний провідник, а третій з'єднаний з екраном кабелю і катодом давача. На ізольований екранований з'єднувальний провід надіта поліхлорвінілова трубка 6.

Цифровий термометр призначений для вимірювання температури, автоматичного контролю за її величиною і формування інформаційних сигналів (“Максимум”, “Норма”, “Мінімум” – температури) відносно встановлених з панелі приладу її максимального і максимального значень для контролюваного середовища.

Прилад дозволяє виміряти температури в діапазоні 0...100 °С з роздільною здатністю 0,1 °С; похибка вимірювання не перевищує при цьому не перевищує $\pm 0,2$ °С.

Тривалість вимірювання температури – 1 с; час індикації – неперервна; період поновлення інформації на індикаторах про значення температури – 2 с.

Діапазон контрольованих значень 0...80 °С. Встановлення допусків температури для контрольованого середовища відбувається перемикачами з передньої панелі приладу. Дискретність встановлення – 1 °С.

Максимальна ширина діапазону контролю температури – по 5 °С.

В залежності від величини температури прилад формує наступні інформаційні сигнали:

температура в межах допуску, формується світловий і потенціальний сигнали “Норма”;

температура більше (менше) допуску, формується звуковий, світловий і потенціальний сигнали “Максимум” (“Мінімум”).

Потенціальні сигнали у вигляді постійної напруги +5 В подаються на вихідний роз’єм приладу. Прилад живиться від мережі напругою 220 В частоти 50 Гц. Споживана потужність не перевищує 15 ВА. Розміри корпусу приладу – 280 x 170 x 125 мм. Маса – 2900 г.

Для виготовлення приладу використовуються широко застосовані деталі. Вони забезпечують порівняно велику точність і швидкодію вимірювань. Давач температури можна встановити практично в будь-якому місці контрольованої ділянки. Перед вимірюванням необхідно підготувати блок програмування до експлуатації. Процес підготовки полягає в встановленні перемичок на спеціальній платі в залежності від допустимої температури для контрольованого середовища.

Розглянемо деякі відомі технічні рішення, що стосуються вимірювання і регулювання температури. До таких засобів відносяться автоматичні одноканальні потенціометри КСП2-023, КСП2-045 і мости КСМ2-047 КСМ2-051, призначені для вимірювання температури і різниці температур, розраховані на роботу з вмонтованим чотирьохконтактним сигналізуючим пристроєм з ручною задачею попередніх і аварійних величин вимірюваного параметра і сигналізацію обриву ланцюга давача.

В основі роботи автоматичних потенціометрів вище названих модифікацій лежить компенсаційна схема вимірювання напруги; в основу роботи врівноваження мостів покладений нульовий метод вимірювання опору.

Чотирьох контактний сигналізуючий пристрій розрахований на встановлення п'яти наступних зон: 1) “Аварія мінімум”; 2) “Попереджувачий сигнал”; 3) “Норма”; 4) “Попереджувачий сигнал”; 5) “Аварія максимум”.

Сигналізація обриву ланцюга давача забезпечується мостом, в протилежні плечі якого включені звичайні опори, а в інші плечі включені діоди. При відсутності обриву в ланцюзі напруга вхідного сигналу надходить через опори, а пари діодів являють собою нелінійний елемент з великим вхідним опором.

При обриві ланцюга вхідний сигнал подається через діоди на вхід підсилювача іншої полярності, і тоді вказівник приладу переміщується до початку шкали приладу.

Чотирьохконтактний сигналізуючий пристрій вмонтований в прилад і складається: з чотирьох мікро перемикачів з вказівниками за давачів; внутрішньої сигналізації, яка являє собою дві лампочки з світوفільтрами червоного і зеленого кольору; реле і джерела живлення.

Пристрій, що сигналізує про обрив ланцюга давача, конструктивно виконаний також у вигляді окремого модульного блоку.

Чотирьохконтактний сигналізуючий пристрій забезпечує:

1) максимальний діапазон установки вказівників задачі червоного кольору на 90% довжини шкали приладу;

2) мінімальний діапазон встановлення зони “Норма” між вказівниками задачі зеленого кольору не перевищує 6% довжини шкали;

3) мінімальний діапазон зони “Попереджувачий сигнал”, тобто відстань між вказівниками задачі червоного і зеленого кольорів, не перевищує 2% довжини шкали приладу;

4) максимальний діапазон зони “Попереджувачий сигнал”, тобто відстань між вказівниками задачі червоного і зеленого кольорів, знаходиться в межах 80% довжини шкали приладу.

Основна похибка показів потенціометрів не перевищує $\pm 0,5\%$ і врівноважених мостів $\pm 1,0\%$.

Для точних вимірів температури використовують електронні пристрої, які забезпечують не лише точне вимірювання, а й широкий діапазон вимірювання температур різних середовищ. У використаній у роботі схемі цифрового термометра застосовується ВІС серії K572, тому його схемотехніка значно спрощується.

Термометр має змогу працювати одразу після вмикання джерела його живлення. Проте, наявні серійні давачі мають високу температурну інерцію, що значно збільшує тривалість вимірювання температури середовищ та звужує спектр використання такого цифрового термометра.

Основні технічні характеристики:

Межі вимірюваної температури, °C. -50...+99,9

Основна похибка вимірювання, °C. $\pm 0,1$

Додаткові похибки, °C:

від зміни температури навколишнього

середовища в межах від 0 до +40 °C. $\pm 0,05$

від зміни давачів $\pm 0,1$

Найбільша довжина екранованого

кабеля для з'єднання давачів з

приладом (при опорі кожного

проводу в кабелі не більш 5 Ом), м. 300

Споживана потужність, Вт 3

Зміна температури середовища, у якому розташований термодавач, призводить до зміни його опору і, відповідно, зміни напруги на ньому. Перетворювач U1 повинен живитись від джерела із стабілізатором струму G1.

Сигнал на виході з блока E1 посилюється за допомогою підсилювача A1 та подається на аналого-цифровий перетворювач U2. Блок цифрової індикації HI відображає актуальні значення температури вимірюваного середовища.

Перемикач SB1 (принципова схема на рис. 2.5) призначений для вибору одного з термодавачів RK1 чи RK2, що встановлені у зона контролю температури середовища.

Давач розташованому у одному з плечей вимірювального моста. Міст виконаний на високоточних резисторах R1-R5. Лінійність вимірювальної характеристики та високі значення точності забезпечуються за рахунок високої стабільності струму джерела живлення вимірювальної мостової схеми.

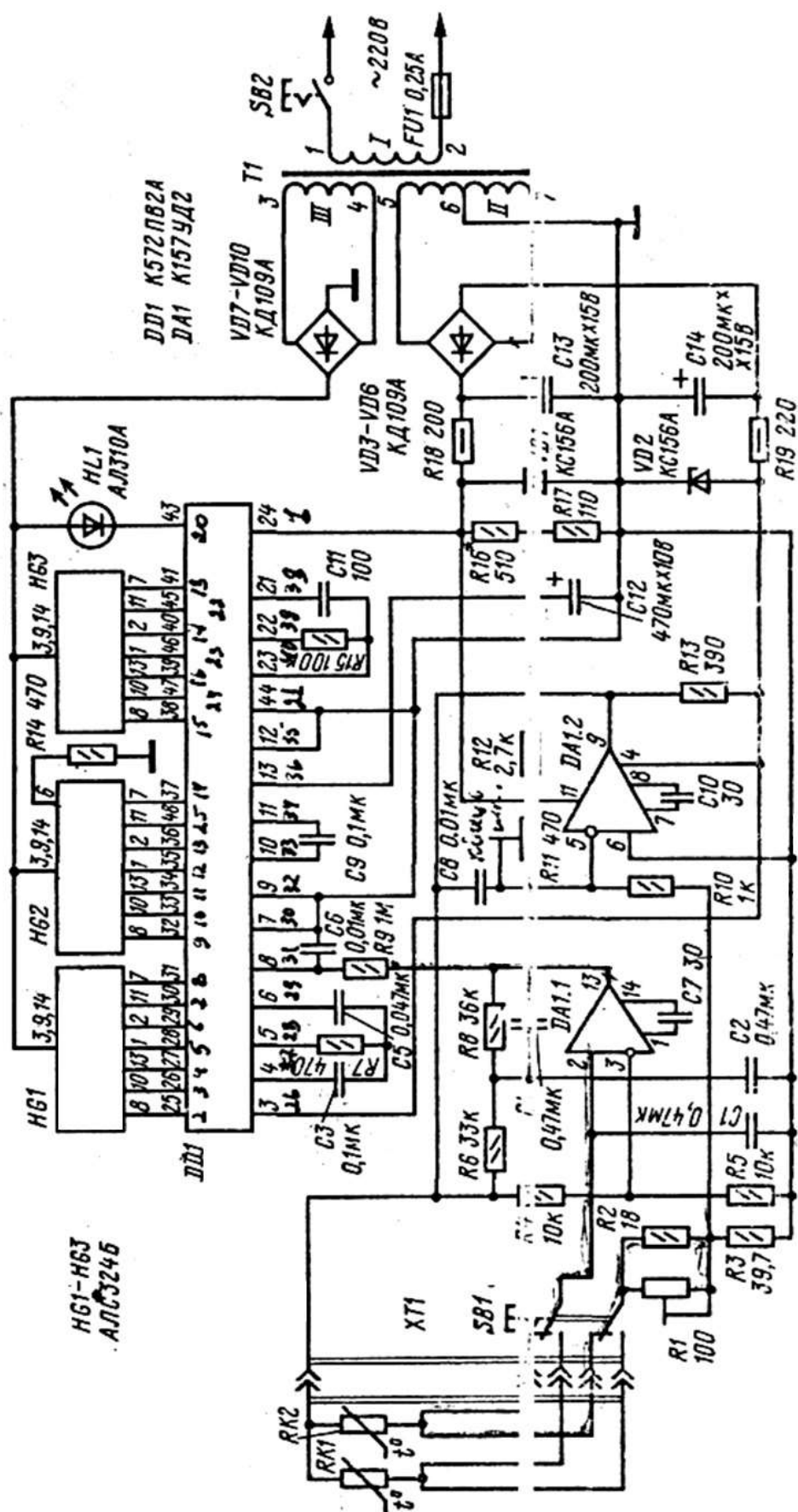


Рисунок 2.5 - Электрична схема цифрового термометра

У стабілізаторі струму мостового живлення використано операційний підсилювач DA1.2. Регулювання резистором R11 дозволяє змінювати значення вихідного струму в невеликому діапазоні, що дозволяє змінювати крутизну характеристики опору термодавача по напрузі, а також дозволяє встановити верхню межу вимірюваної температури. Нижня межа встановлюється підстроювальним резистором R1.

Напруга з діагоналі термопропорційного вимірювального моста посилюється за допомогою диференційного підсилювача, що виконаний на основі операційного підсилювача DA1.1. Напруга з виходу операційного підсилювача попадає на вхідну шину аналого-цифрового перетворювача. Ємності C1, C2 і C4 забезпечують фільтрацію електромагнітних завад.

Аналого-цифровий перетворювач виконаний на базі ВІС K572ПВ2А та забезпечує подвійну інтеграцію з автокорегуванням нульового рівня та автовизначенням полюсності сигналів на вході.

Сигнал, який характеризує інформацію про актуальні значення температури в зоні вимірюваного середовища, подається на вихід та відображається світлодіодному табло. Світлодіодне табло складається з трьох світлодіодних індикаторів: HG1 - HG3 і LED HL1. При відємних температурах вимірюваного середовища засвічується відповідний світлодіод. Щоб відрізнити цілі значення від десятих, на індикаторі HG2 з'являється кома.

Живлення термометра здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В за допомогою трансформатора Т1. Стабілізація біполярної напруги живлення забезпечується використанням стабілізаторів параметрів VD1R18 і VD2R19. Еталонне значення напруги, що подається на АЦП і стабілізатор струму отримують від дільника

напруги на резисторах R16 і R17. Еталонне значення напруги також фільтрується за допомогою конденсатора C12.

Цифровий термометр, при правильно працюючих елементах, не вимагає регулювання, потрібно лише встановити межі вимірюваного діапазону. Для цього необхідно замінити давач на еквівалентний прецизійний резистор.

Спочатку включають резистор з опором 41,7 Ом і встановлюють екран резистором R1 на мінус 50 °С. Потім замінюють цей резистор іншим резистором з номінальним опором 75,59 Ом і додають резистор R11, щоб отримати покази 99,9°С. Процедуру регулювання необхідно повторити двічі.

При необхідності розширення інтервалу вимірюваної температури до 180 °С необхідно підключити до АЦП інший цифровий індикатор ALS324В.

2.4 Розробка структурної схеми цифрового пристрою контролю температури

Структурна схема цифрового термометра, приведена в графічній частині кваліфікаційної роботи, включає основні блоки приладу:

У1. Перетворювач температури в частоту.

У2. Блок порівняльної частоти.

У3. Блок керування приладу. Включає пристрій формування часового інтервалу для підрахунку частоти і диференціюючи ланку формування імпульсу перепису коду температури з розрахункових декад в пам'ять.

У4. Блок розрахункових декад з пам'яттю і двійково-десятковими дешифраторами. Пам'ять призначена для виключення мерехтіння цифр на індикаторах в процесі підрахунку роботи схеми контролю.

У5. Блок індикації температури. Складається з діодних дешифраторів і вакуумних люмінесцентних індикаторів.

У6. Програмний блок. Дає можливість встановлювати межі контролю температури середовища і формує вихідну інформацію про значення температури для блоку У7.

У7. Блок формування інформаційних сигналів. Виробляє світловий, потенціальний і звуковий сигнали “Максимум”, “Норма”, “Мінімум” від температури контрольованого середовища.

У8. Блок живлення. Забезпечує прилад необхідною напругою живлення.

В роботі приладу можна виділити дві основні функції.

1. Вимірювання температури середовища. Засновано на принципі перетворення температура – напруга – частота. З наступним вимірюванням частоти за допомогою спеціалізованого частотоміру.
2. Контроль температури. Заснований на спів паданні цифрового коду температури середовища і наперед встановлених кодів мінімального або максимального значення температури для контрольованого середовища. При спів паданні кодів (пониження або підвищення температури відносно допуску) пристроями контролю У6, У7 виробляються інформаційні сигнали, призначення яких розглянуто вище.

2.5 Розробка і опис електрично-принципової схеми цифрового пристрою контролю температури

В перетворювачі температура-частота, що зображений в графічній частині кваліфікаційної роботи, давачом температури є діод VD1 типу Д2В.

Операційний підсилювач DA1 разом з конденсатором C3 виконує функцію інтегратора. Розряд конденсатора здійснюється через одно перехідний транзистор VT1.

Прецизійний стабілітрон VD2 формує опорну напругу, що визначає поріг відкриття одноперехідного транзистора VT1, забезпечує постійний рівень напруги на вході, що інвертує, ОУ і задає стабільний струм, що протікає через давач температури.

Вхідна напруга ОУ інтегрується до моменту відкриття транзистора VT1.

Періодичність цього процесу залежить від температури, оскільки її зміна призводить до зміни падіння напруги на діоді VD1 і відповідно на неінвертованому вході інтегратора. При відрегульованому перетворювачі приріст температури давача на 1 °С викликає збільшення вихідної частоти перетворювача на 10 Гц.

Транзистор VT2 виконує функцію узгодження рівнів вихідних імпульсів перетворювача і ТТЛ-мікросхем. Тривалість імпульсів на його колекторі близько 6 мкс і залежить від ємності диференціюючого конденсатора C4.

Схеми блоків зразкової частоти і керування рахунковими декадами приладу представлено в графічній частині кваліфікаційної роботи. Задаючий генератор виконаний на елементах DD1.1—DD1.4 і кварцовому резонаторі Z1.

Конденсатор С6 призначений для точного настроювання частоти генератора. Елементи DD2—DD6 утворюють подільник частоти. Вихідні імпульси подільника з періодом 1 с задають режим роботи блоку керування. За основу блоку керування взятий часовий селектор (елементи DD7, DD8, VT1).

Тригер Шмитта DD9.1, DD9.2 формує прямокутні імпульси з крутими фронтами, що необхідно для усталеної роботи лічильників DD11—DD13. Світлодіод HL1 “Счет” виведений на передню панель приладу і призначений для індикації часу рахунку частоти перетворювача. Елементи DD10.1—DD10.4 виробляють короткий імпульс, що через інвертор DD9.4 робить запис вмісту лічильників DD11—DD13 у проміжну пам'ять DD14-DD16.

Десятковий код температури з виходів дешифраторів DD17-DD19 використовується в пристрої контролю температури і для індикації її величини.

Перетворювачі десяткового коду в код для семисегментних індикаторів виконані на діодах VD19—VD54. Для розв'язки по постійному струмі між перетворювачами коду і програмним блоком пристрою контролю включені діоди VD4—VD18.

В індикаторі HG2, що індикує значення одиниць градусів температури, бажано висвітлювати крапку, що символізує кому між цілими і десятими значеннями градусів. Для цього виходи 2 і 4 індикатора HG2 необхідно з'єднати разом.

Принципова схема пристрою контролю температури приведена в графічній частині кваліфікаційної роботи. Він містить програмний блок і блок формування інформаційних сигналів.

Програмний блок установки максимального допуску температури контролюваного середовища складається з діодів VD55—VD66, перемикачів SA1, SA2 і транзистора VT4, що утворюють (при наявності перемичок X2-X6) схему 2АБО – 5АБО – 2І – НЕ.

При співпаданні кодів на виході дешифраторів DD18, DD19 і набраного перемикачами SA1, SA2 на колекторі VT4 з'являється сигнал перевищення допуску, що має рівень логічної 1. Аналогічно працює програмний блок (елементи SA3, SA4, VD78-VD78, VT5) для мінімального допуску температури.

У формуванні інформаційних сигналів беруть участь елементи: DD20, D21 – вироблення звукового сигналу; DD22.1, DD22.2 – запам'ятовування сигналів відхилення від допусків температури; VT7 – VT9 – транзисторні ключі світлового і потенційного сигналів.

У випадку збільшення температури сигнал перевищення допуску через інвертор DD23.1 переводить тригер DD22.1 в одиничний стан. Якщо перемикач Y2 “Автомат” у вихідному положенні, то нульовим рівнем з виходу 6 тригера DD22.1 відкривається ключ VT7, загоряється лампочка HL2 “Максимум” і на висновку 1 рознімання XS1 установлюється потенціал +5В (до того був нуль). Цей же нульовий рівень надходить на елементи DD21.2 і DD23.3, формуючи на їхніх виходах логічну 1, що дозволяє проходження сигналу частотою 500 Гц на базу транзистора VT6 і відповідно на динамічну голівку BA1, а також закриває ключ VT8, при цьому лампочка HL3 “Норма” гасне.

Потенціометром R52, виведеним на передню панель приладу, регулюється голосність звукового сигналу. Видача інформаційних сигналів буде продовжуватися і після зняття сигналу перевищення допуску (температура середовища зменшилася) доти, поки кнопкою SB1 “Скидання” тригер DD22.1 не буде повернутий у нульовий стан.

Коли перемикач SB2 “Автомат” натиснутий, тривалість подачі інформаційних сигналів буде визначатися нульовим рівнем на виході DD23.1 і відповідно збігом кодів температури на виходах дешифраторів DD19, DD18 і встановленого перемикачами SA1, SA2.

При наявності перемичок X2-X5, X7-X10 схема співпадання для одиниць градусів температури блоку програмування утворить елемент 5АБО, для десятків градусів з перемичками XI, X6 – елемент 2АБО. Отже, сигнал перевищення максимального допуску температури, встановленого перемикачами SA1, SA2 за принциповою схемою (див. графічну частину кваліфікаційної роботи), буде видаватися при $+22...+26\text{ }^{\circ}\text{C}$, мінімальними, установленними перемикачами SA3, SA4, – $+17,9...+13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Конструкція програмного блоку з використанням багатопозиційних перемикачів SA1—SA4 на 2 і 5 напрямків обумовлена можливістю перевищення температурою середовища її допуску на $1...2\text{ }^{\circ}\text{C}$ після того, як буде наданий інформаційний сигнал вмикання пристрою зміни температури.

При експлуатації приладу в умовах, коли допустимі значення температури знаходяться в різних десятках градусів (наприклад, $18...22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $5...12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $10...22\text{ }^{\circ}\text{C}$ и т. д.), усі перемички можуть бути запаяні.

Смуга контролю температури по обох допусках у такому випадку по $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Якщо ж допустимий діапазон зміни температури в межах одного десятка градусів, можуть з'являтися неоднозначності при формуванні схемами співпадання сигналу максимуму або мінімуму температури. Таку ситуацію доцільно розглянути на наступному прикладі.

Нехай припустимий діапазон температури для контрольованого середовища $+24...+27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сигнал максимуму буде видаватися при наступних значеннях коду температури — 27, 28, 29, 30, 31, 20, 21. Сигнал мінімуму — 23, 9, 22, 21, 20, 19, 13, 12, 11, 10.

Отже, при значеннях температури середовища $+20$ і $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ будуть одночасно видаватися сигнали максимуму і мінімуму. Для усунення

такої неоднозначності необхідно видалити перемички X4, X5 або X8, X9 (див. графічну частину кваліфікаційної роботи).

Смуга контрольованих температур після настроювання буде: для максимуму – $+27...+29^{\circ}\text{C}$, для мінімуму – $23,9...19^{\circ}\text{C}$ або $+27...31^{\circ}\text{C}$ для максимуму і $+23,9...22^{\circ}\text{C}$ для мінімуму. Аналогічно можна визначити непотрібні перемички для будь-яких інших значень температури.

Блок живлення приладу, стабілізатори якого зібрані за розповсюдженою схемою, приведений в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Транзистор VT12 необхідно установити на тепловідвід площею близько 100 см^2 . Бажано використовувати невеликі тепловідводи і для транзисторів VT10, VT11.

Конденсатор C19 — для захисту ланцюгів живлення цифрових мікросхем від імпульсних перешкод. Конденсатори, що розв'язують, C22—C33 необхідно рівномірно розподілити по всій площі друкованих плат.

Сегменти люмінесцентних індикаторів живляться від однонапівперіодного випрямляча на діоді VD95.

Перемикач SB3 “Індикація” дає можливість підключати індикатори по необхідності, чим досягається продовження їхнього терміну роботи.

Включення пристрою контролю за величиною температури здійснюється перемикачем SB4 “Контроль”, після чого необхідно натисканням кнопки SB1 “Скидання” обнулити тригери DD22.1, DD22.2.

Конструкція і деталі. У цифровому термометрі застосовані резистори, МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, за винятком опорів R1, R4, R7, що можуть бути типів C2-29B, C2-13, C2-14, C2-31. Опір R51 —

чотири резистори МЛТ-0,125 20 Ом, з'єднаних паралельно. Потенціометр R52— типу СПО-0,5 або СП2-3.

Змінні резистори R3, R5 повинні забезпечувати стабільність своїх параметрів у часі і при настроюванні мати високу кутову роздільну здатність. Цим задачам найбільше повно задовольняють багатооборотні резистори із спіральним резистивним елементом СП5-14, СП5-3, СП5-16 або СП5-2.

Конденсатор СЗ —слюдяний, типу СГМ-3 чи КСО групи Г. Його можна скласти з декількох керамічних конденсаторів, що мають ТКЕ різних знаків, таким чином, щоб сумарний ТКЕ був наближений до нуля. Налагоджуючий конденсатор С6 типу КПК-МН, інші — КЛС, КМ5, КМ6. Електролітичні конденсатори типу К50-6, С8 – К53-4. Його можна замінити на конденсатор К50-6 ємністю 100 мкФ на напругу 6 В.

Замість ОУ К140УД8А доцільно використовувати ОУ К574УД1Б. Перемикачі SA1, SA3 – типи 5П2Н-ПМ, SA2, SA4 – 11П5Н-ПМ; Q1, SB1-SB4 – типи П2К. Роз'єми МРН4-1, що використовуються в приладі, можна замінити на ОЦН КГ-4-5/16р (СНЦ19) або інші з відповідним числом контактів.

У якості головки динамічної ВА1 вибрано модель 0.5ГД21, хоча можна використовувати будь-яку іншу потужністю не менше 0,25 Вт і опором котушки 8...10 Ом.

Лампочки HL2— HL4 СМН 9 X 60 розміщені на передній панелі приладу в тримачах МФС-1. Трансформатор блоку живлення виконаний на магнітопроводі Ш20 X 20. Всі обмотки намотані проводом ПЭВ-2.

Плати цифрової частини приладу (блоки У2-У7) виготовлені з двостороннього, а перетворювача, стабілізаторів і перемичок з одностороннього фольгованого склотекстоліту. Після запаювання всіх елементів у плату перетворювача всі її струмопровідні доріжки

бажано ретельно знежирити і покрити вологостійким лаком УР-231 або ЕП-730.

Усі перемички Х2—Х11 необхідно розмістити на окремій платі. Конструкція плати може бути довільною, головне, що потрібно забезпечити, – це швидку зміну перемичок і надійність утвореного ними контакту.

У залежності від частоти зміни перемичок плату можна розмістити усередині корпусу цифрового термометра або на зовнішній стороні його задньої стінки.

Плати приладу закріплюють вертикально всередині корпусу, виготовленого з листового алюмінію. Товщина шасі — 2 мм, П-подібної кришки і передньої панелі — 1 мм. У шасі і кришці висвердлені вентиляційні отвори.

Настроювання приладу починають із блоку живлення. Підбором R63, R68 або R62, R67 напругу на виході двохполярного стабілізатора встановлюють рівною ± 15 В.

Захист від перевантажень у стабілізаторі +5 В повинний спрацьовувати при струмі 0,5...0,6 А. Якщо значення струму інше — підбирають резистор R71.

Цифрова частина приладу при безпомилковому монтажі настроювання не вимагає. Варто тільки перевірити частоту задаючого генератора і при необхідності установити її рівною 100 000 Гц.

Перш ніж приступити до калібрування перетворювача температури, підбором резистора R2 встановлюється струм, що протікає через стабілітрон VD2, рівним 10 мА. Давач VD1 при цьому підключений. Вольтметром з великим вхідним опором заміряють величину напруги на входах 3, 4 ОУ DA1.

На інвертуючому вході напруга повинна бути на 0,15...0,4 В більше. У протилежному випадку потрібно відрегулювати резистор R3. Якщо

перетворювач не працює (інтегратор не скидається), а на виводі 7 ОУ DA1 напруга – 12...14 В, необхідно зменшити поріг відмикання транзистора VT1, збільшуючи опір резистора R6.

При правильно підбраному порозі відмикання одноперехідного транзистора амплітуда пилкоподібної напруги на виході інтегратора повинна бути в межах – 8,5...–9,5 В.

Калібрування перетворювача бажано робити за допомогою високоточних лабораторних термометрів ТЛ-4 або інших, що мають ціну ділення 0,1 °С и похибку не більш $\pm 0,05$ °С.

При калібруванні давач поміщають у середовище (наприклад, вода) з температурою +60 °С, після чого підбудованим резистором R5 встановлюють вихідну частоту перетворювача, рівну 600 Гц (60,0 °С на індикаторах HG1—HG3).

У разі потреби збільшують опір резистора R4 до 7...10 кОм. Потім давач охолоджують до 0 °С и резистором R3 встановлюють частоту, близьку до 0 Гц. Зазначену процедуру повторюють кілька разів доти, поки не буде виключений взаємний вплив регулювань.

Для збільшення точності настроювання можна проохолоджувати давач другий раз до +2(3) °С, при цьому, вихідна частота перетворювача буде 20(30) Гц.

2.6 Проєктування та розрахунок стабілізованого блоку живлення пристрою контролю температури

Для живлення інтегральних схем використовують джерела живлення постійного струму. Загальна структура (рис. 2.6) джерела живлення постійного струму містить: трансформатор (T_P), випрямляч (В), фільтр (Ф), стабілізатор (C_T).

В залежності від умов роботи і призначення в структурі джерела живлення можуть бути відсутні деякі елементи, за винятком випрямляча.

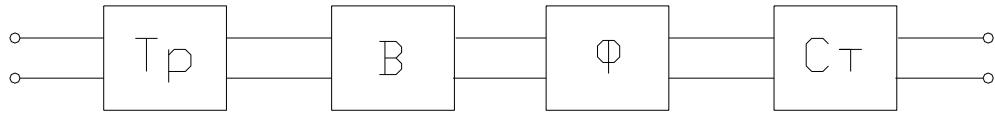


Рисунок 2.6 - Загальна структура блока живлення.

Для перетворення змінного струму в постійний в нашому випадку використовується двохнапівперіодний випрямляч на напівпровідникових діодах.

Двохнапівперіодні схеми випрямляча характеризуються наступними співвідношеннями (для схеми на рисунку 2.7):

$$U_{н.ср.}=0,9U_2; U_{зв.мак.}=U_{2мак}; I_{н.ср.}=U_{н.ср.}/2R_{н.}$$

2.6.1 Розрахунок випрямляча і трансформатора

Для розрахунку випрямляча і трансформатора задають: випрямляючий струм і напругу на навантаженні $I_n=380$ мА; $U_n=5$ В; первинна напруга на трансформаторі (напруга мережі) $U_1=220$ В, частота змінного струму $f=50$ Гц.

Типи діодів вибираємо по величині максимальної зворотної напруги $U_{зв.мак.}$ і по середньому струму через діод $I_{н.ср.}$.

Напруга на виході випрямляча з врахуванням втрат на фільтрі (20%) визначається у вигляді $U_0=1,2*U_n=6$ В.

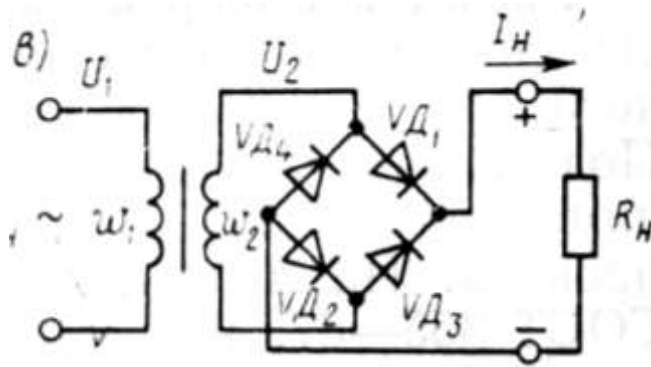


Рисунок 2.7 - Схема випрямлення
двохнапівперіодна

Напруга на вторинній обмотці трансформатора визначається за формулою

$$U_2 = U_0 / 0,9 = 6,7 \text{ В.}$$

Максимальна зворотна напруга на діоді визначається з формули $U_{зв.мак.} = U_{2мак} = 6,7 \text{ В}$. Середній струм через діод по схемі рис. 2.7 $I_{н.ср.} = 0,5$, $I_n = 0,19 \text{ А}$. Для кращих умов роботи діода його вибирають по максимальному струму

$$I_{мак} = (2 \dots 3) * I_{н.ср.} = 2,5 * 0,19 = 0,475 \text{ А.}$$

Вихідними даними для розрахунку трансформатора є: тип і матеріал магнітопроводу, амплітуда змінної складової індукції $B_t = 0,5 \dots 1,5 \text{ Тл}$ і частота перемагнічування f ; найбільш діюче значення $E_1 \approx U_1$; найбільш діюче значення струму первинної обмотки $I_1 = I_n * U_2 / (U_1 * \eta)$, де $\eta = 0,84 \dots 0,96$ – ККД трансформатора.

$$I_1 = 0,38 * 6,7 / 11,67 * 0,9 = 0,24 \text{ А.}$$

Мета розрахунку – визначення типорозміру магнітопроводу, числа витків обмоток, коефіцієнта трансформації і січення проводів.

Розрахунок проводиться на однакову найбільшу густину струму у всіх обмотках приймають $j=2 \text{ А/мм}^2$ при припущенні, що коефіцієнт заповнення по міді обмоточного простору k_m і середні довжини витків l_m однакові для всіх обмоток. Добуток геометричних січень сердечника магнітопроводу S і обмоточного простору Q поєднують з амплітудою індукції B_t , густиною струму j і розрахунковою потужністю трансформатора $P_{тр} = I_1 = I_n \cdot U_2$ співвідношенням

$$SQ = \frac{P_{mp}(1+\eta)}{4,44 f k_m k_c \eta B_m}, \quad (2.1)$$

де $k_c=0,85$ – коефіцієнт заповнення по сталі;

$$k_m=0,25 \dots 0,45$$

$$\begin{aligned} SQ &= (0,38 \cdot 11,67 \cdot (1+0,9)) / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,3 \cdot 1,1) = \\ &= 0,067 \cdot 10^{-4} \text{ см}^4 \end{aligned}$$

по графіку [3, ст.127] вибираємо для частоти перемагнічування 50 Гц, $j=1,5 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$.

По довіднику вибираємо магнітопровід промислового виготовлення, у якого SQ рівно або менше визначеного розрахунковим шляхом. Для орієнтованого значення ширини стержня і товщини пакета s в сантиметрах визначають по формулам

$$a \approx 0,7 \sqrt[4]{SQ} = 0,7 \cdot 0,67 \cdot 10^{-1} = 0,05 \text{ см.}$$

Рекомендовано, щоб виконувалась умова $a < c < 2a$, приймаємо $c = 0,075$ см.

Число витків і січення проводів визначають наступним чином:
для первинної обмотки

$$\omega_1 = \frac{U'_1}{4,44 * f k_c S B_m}, \quad (2.2)$$

де $U'_1 = U_1 * (1 - \Delta U\% / 100)$;

$\Delta U\% = 2 \dots 10\%$ – падіння напруги в трансформаторі

$$d_1 = \sqrt{4 I_1 (\pi j)} = 1.13 \sqrt{I_1 / j} \text{ (мм)}; \quad S_{1M} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{I_1}{j} \text{ (мм}^2\text{)} \quad (2.3)$$

$$d_1 = 0.57 \text{ мм}; \quad S_{1M} = 0.24 \text{ мм}^2$$

$$\omega_1 = \frac{6.7 * (1 - 0.05)}{4.44 * 50 * 0.85 * 1.1 * 0.24 * 10^{-4}} = 130$$

для вторинної обмотки

$$\omega_2 = \frac{U'_2}{4,44 * f k_c S B_m}, \quad (2.4)$$

$$d_2 = \sqrt{4 I_2 (\pi j)} = 1.13 \sqrt{I_2 / j} \text{ (мм)}; \quad S_{2M} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{I_2}{j} \text{ (мм}^2\text{)} \quad (2.5)$$

де $U'_2 = U_2 * (1 + \Delta U\% / 100)$

$$\omega_2 = \frac{11.67 * (1 + 0.05)}{4.44 * 50 * 0.85 * 1.1 * 0.24 * 10^{-4}} = 246.$$

Коефіцієнт трансформації обмоток

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{246}{130} = 1.89$$

2.6.2 Розрахунок транзисторного стабілізатора напруги

Транзисторні стабілізатори напруги компенсаційного типу використовуються для низьковольтних ланок. Структурна і принципова схеми транзисторного стабілізатора зображені на рис. 2.8, а, б.

Регулюючий елемент 1 (рис. 2.8, а) вмикають послідовно з навантаженням на виході. Вихідна напруга порівнюється в елементі 3 з напругою еталонного джерела 4. Відхилення напруги від заданого значення з виходу елемента 3 діє через підсилювач 2 на регулюючий елемент 1.

З подільника напруги R_2 , R_n , R_3 (рис. 2.8, б) знімається напруга виходу. Потенціометр R_n забезпечує можливість регулювання напруги виходу. Ця напруга прикладається до бази транзистора VT_2 .

Одночасно з параметричного стабілізатора, кладеного з резистора R_4 (який відіграє роль баластного) і кремнієвого стабілітрона VD , знімається еталонна напруга, яка надходить в емітерне коло транзистора VT_2 .

Таким чином напруга між базою і емітером $U_{БЭ}$ транзистора VT_2 рівна різниці вихідної і еталонної. Транзистор VT_2 ввімкнений як звичайний підсилювач постійного струму з загальним емітером, де в якості колекторного навантаження використовується опір R_1 .

Із збільшенням напруги виходу збільшується напруга $U_{БЭ}$, і транзистор VT_2 збільшує колекторний струм. Відповідно збільшується напруга між базою і емітером транзистора VT_1 , який є регулюючим елементом. При цьому його внутрішній опір збільшується, а напруга виходу зменшується.

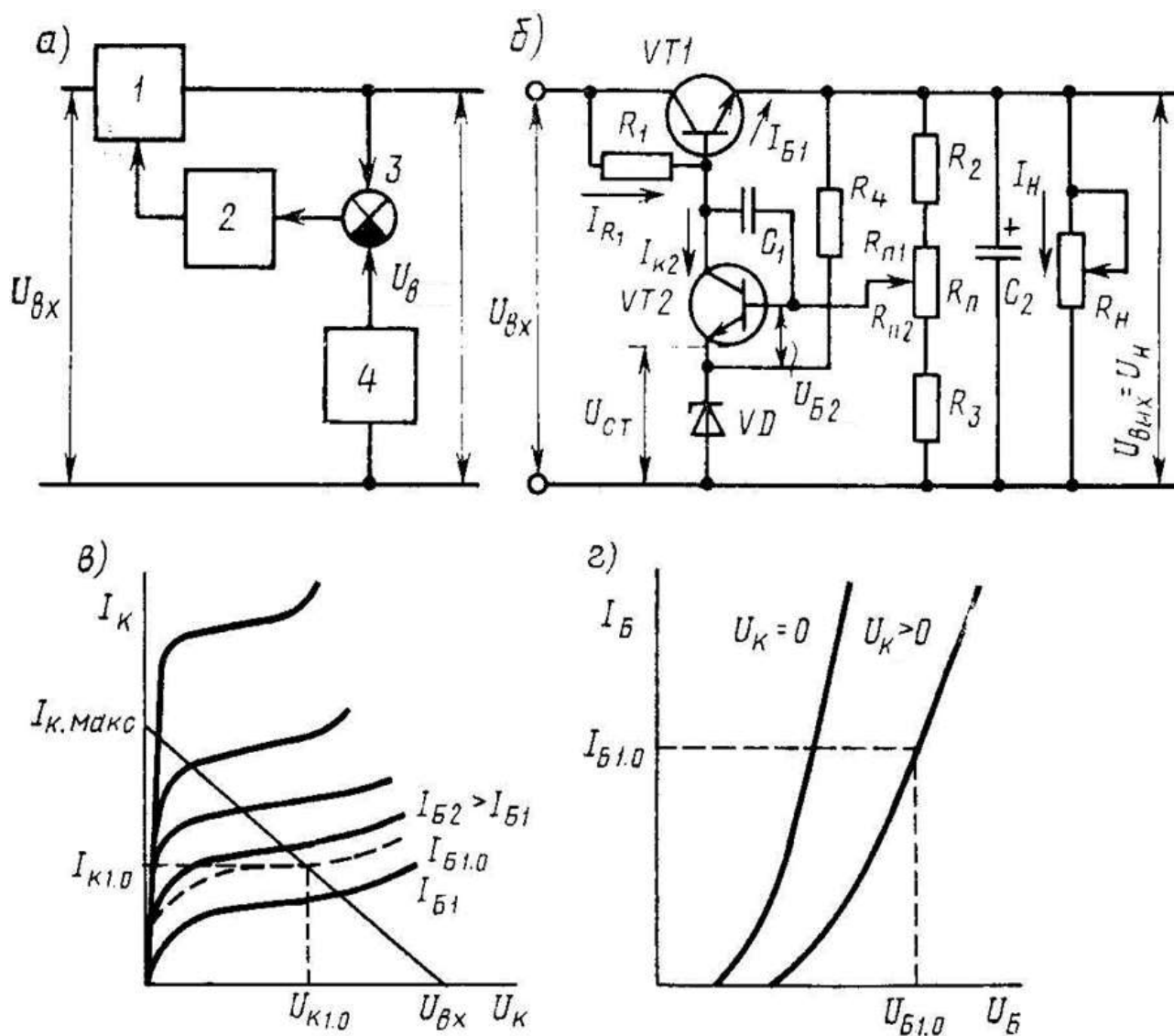


Рисунок 2.8 - Схеми і характеристики транзисторного стабілізатора напруги: а) структурна схема; б) принципова схема; в, г) відповідно вихідна і вхідна характеристики транзистора

При виборі опору R_1 виникає протиріччя. З одного боку, чим більше R_1 , тим вище коефіцієнт підсилення каскаду VT_2 , але з другого боку, збільшення опору R_1 обмежує струм бази транзистора VT_1 , що є недопустимим з точки зору пропускнувості регулюючого елемента. Конденсатор C_1 забезпечує гнучкий від'ємний зворотний зв'язок і служить для усунення можливих автоколивань в системі. Конденсатор C_2 покращує динамічні властивості стабілізатора при швидких змінах струму навантаження.

Якість стабілізатора напруги характеризуються:

1) коефіцієнтом стабілізації при $R_H = \text{const}$

$$k_{CT} = \frac{\Delta U_{ex}}{U_{ex}} : \frac{\Delta U_{вих}}{U_{вих}}, \quad (2.6)$$

де $\Delta U_{ВХ}/U_{ВХ}$ – відносне коливання вхідної напруги;

$\Delta U_{ВИХ}/U_{ВИХ}$ – відносне коливання вихідної напруги.

2) вихідним опором при $U_{ВХ} = \text{const}$

$$R_{вих} = \frac{-\Delta U_{вих}}{\Delta I_H}, \quad (2.7)$$

яке показує, як змінюється вихідна напруга при зміні струму навантаження. Знак (-) в формулі означає, що при збільшенні струму навантаження напруга на виході стабілізатора зменшується.

Вихідними даними для розрахунку стабілізатора є:

$U_{вих.мак} = 5,25 \text{ В}$, $U_{вих.мін} = 4,75 \text{ В}$, $U_{вих} = 5 \text{ В}$, $I_H = 0,38 \text{ А}$.

По струму і напрузі навантаження ($I_n, U_{вих} = U_n$) вибирають тип транзистора VT_1 і визначають робочу точку на його вихідній (колекторній $I_k = f_1(U_{кэ})$) характеристиці (рис. 2.8, в). при цьому колекторний струм $I_k > I_a$ і напруга на колекторі $U_{кэ} \geq U_{вих} - U_n$. Таким чином робоча точка має координати $I_{к.1.0} \approx 1,1 \cdot I_n$, $U_{кэ1.0} = U_{вих} - U_n$. При цьому визначається початковий струм бази $I_{б.1.0}$ транзистора VT_1 .

Відклавши на осі напруг вихідної характеристики значення $U_{вих}$ і з'єднав отриману точку з робочою, визначимо пряму навантаження транзистора VT_1 . При вхідній характеристиці $I_b = f_1(U_{бэ})$ (рис. 2.8, г) транзистора VT_1 визначають $U_{б.1.0}$. потім вибирають транзистор VT_2 так, щоб струм його колектора в робочій точці визначався умовою

$$I_{к.2.0} = (5 \dots 10) \cdot I_{б.1.0}; U_{к.2.доп} > U_{вих} \quad (2.8)$$

На сімействі вихідних характеристик транзистора VT_2 знаходять робочу точку з координатами $I_{к.2.0}$, $U_{к.2.0} = U_{б.1.0} + U_n$ і потім визначають $I_{б.2.0}$. Через робочу точку і точку з координатами $(0; U_{вих})$ проводять пряму навантаження і визначають $I_{мак.к.}$. Опір R_1 визначається наступним співвідношенням:

$$R_1 = \frac{U_{вих}}{I_{к.мак.}} - R_{стб}; R_{стб} = \frac{U_{стб.мак.} + U_{стб.мін}}{I_{стб.мак} + I_{стб.мін}} \quad (2.9)$$

Опір R_4 визначається співвідношенням:

$$R_4 = \frac{U_n - U_{стб}}{I_{стб} - I_{к.2.0}},$$

напруга і струм стабілітрона $U_{стб}=0,5*(U_{стб.мак}+ U_{стб.мін})$;
 $I_{стб}=0,5*(I_{стб.мак}+ I_{стб.мін})$.

Визначають параметри подільника напруги $R_2 - R_3$ при $R_H=0$ з наступних умов: по вхідній характеристиці VT_2 по визначеному струму $I_{б.2.0}$ знаходять $U_{б.2.0}$. При цьому

$$R_3/(R_2 + R_3) = (U_{стб} + U_{б.2.0})/ U_H$$

Знаючи значення одного з опорів знаходять другий при умові, що $I_{б.2.0} \ll U_H * (R_2 + R_3) \ll I_H$. Потім оцінюється якість стабілізації по коефіцієнту стабілізації k_s і вихідному опорі стабілізатора $R_{вих}$.

Розрахунок проводиться з використанням програми на ЕОМ, результати наведені нижче.

2.7 Вибір елементної бази пристрою контролю та аналіз їх технічних характеристик

При розробці електрично-принципової схеми цифрового приладу з каналом регулювання ми використовуємо інтегральні схеми серії K140, а саме операційні підсилювачі K140УД1 і K140УД8А.

Мікросхема K140УД1 (рис. 2.9) являє собою операційний підсилювач загального призначення. Типова схема включення мікросхеми K140УД1 приведена на рис. 2.10.

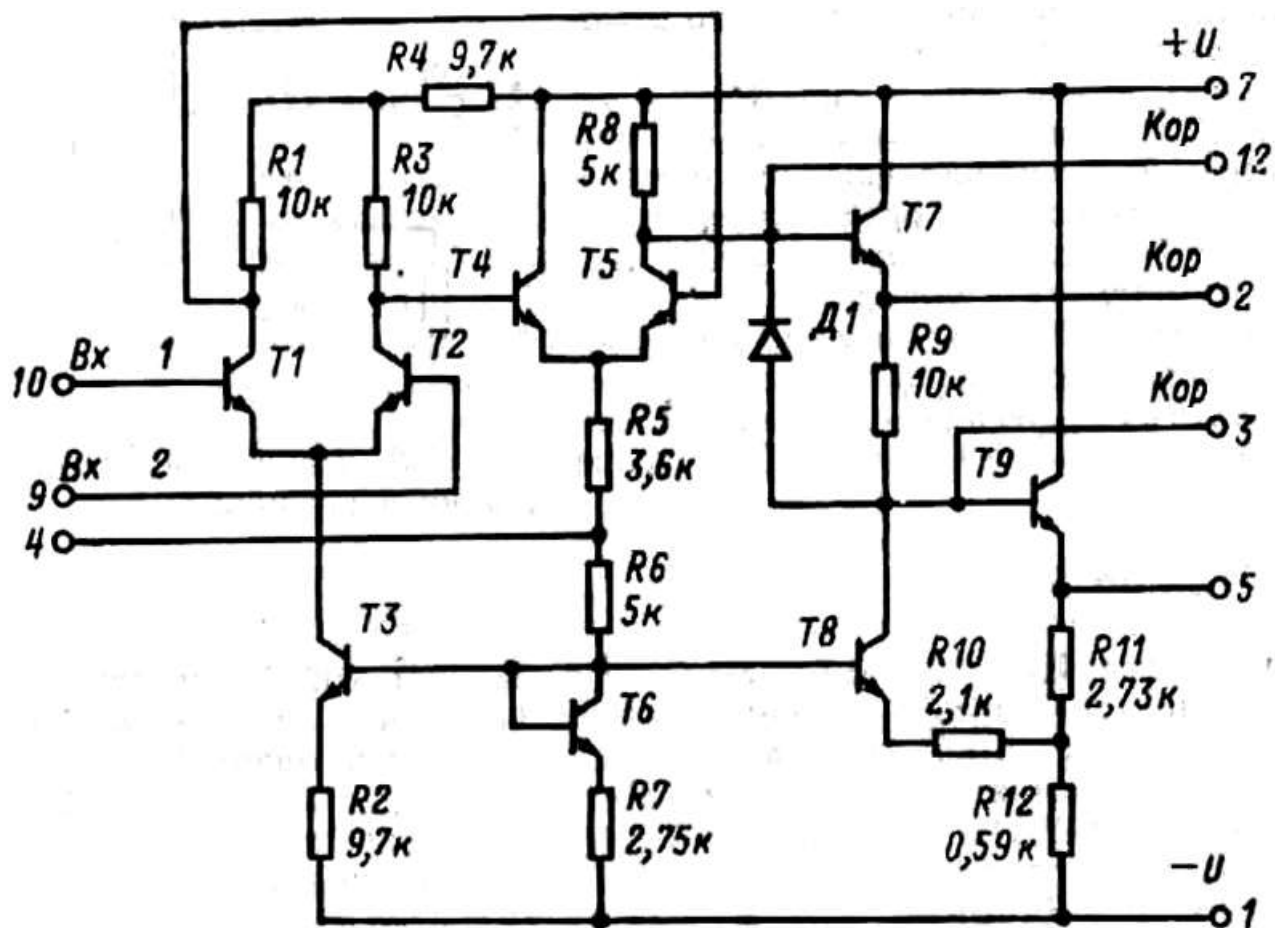


Рисунок 2.9 - Принципова схема ОП К140УД1

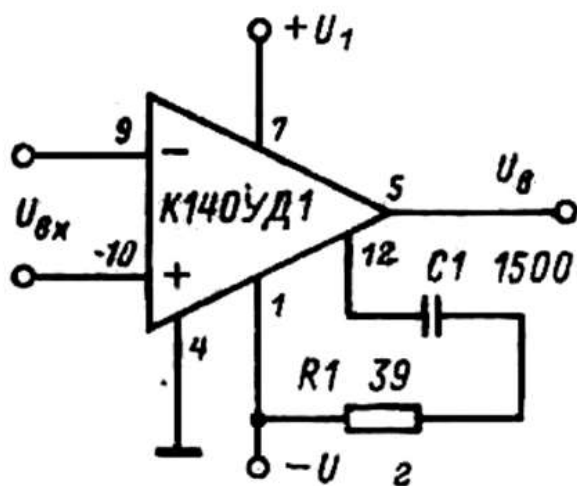


Рисунок 2.10 - Типова схема включення ОП К140УД1

В залежності від значень напруги живлення і інших електричних параметрів мікросхеми поділяються на групи А, Б, В. Мікросхема К140УД1А має номінальну напругу живлення +6,3 В, -6,3 В. Допустиме відхилення напруги живлення від номінальних значень $\pm 5\%$.

Гранично допустимі режими експлуатації мікросхеми К140УД1А:

Напруга живлення:

додатного джерела $+U_{и.п.}$, В	3...7
від'ємного джерела $-U_{и.п.}$, В	-7...-3
Вхідна (диференціальна) напруга $U_{вх.дф.}$, В	-1,2...1,2
Синфазна вхідна напруга $U_{сф.вх.}$, В	-3...3
Постійний вхідний струм $I_{н.}$, мА	$\geq 2,5$

Вивід 4 мікросхеми при використанні може залишатися вільним або з'єднуватися з корпусом. Заземлювати вивід 4 рекомендовано у випадку роботи мікросхеми при великих вхідних сигналах (в режимі насичення вихідних транзисторів мікросхеми) для уникнення спотворень додатного напівперіоду вихідного сигналу (див. амплітудну характеристику мікросхеми К140УД1А на рис. 2.11).

При заземленні виводу 4 коефіцієнти послаблення синфазних вхідних напруг і впливу нестабільності джерел живлення на напругу зміщення погіршується.

Крім того, при асиметрії напруг живлення навіть в межах допустимих значень $\pm 5\%$ значно погіршуються такі параметри як коефіцієнт підсилення і напруга зміщення. Тому при використанні мікросхеми з заземленим виводом 4 не слід допускати вказаної асиметрії напруг джерела живлення.

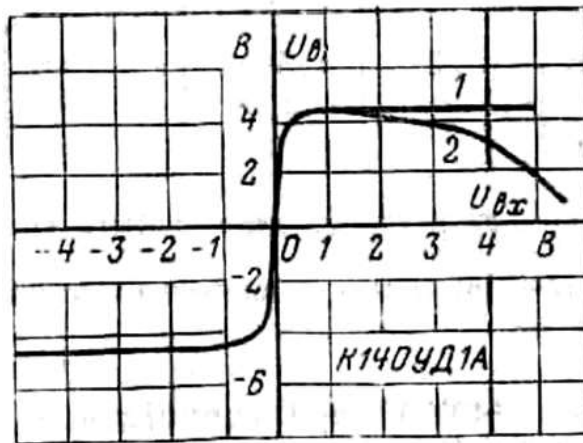


Рисунок 2.11 - Амплітудна характеристика мікросхеми K140UD1A

При роботі мікросхеми з малими сигналами або коли форма обмеженої вихідної напруги не має суттєвого значення, вивід 4 заземлювати не рекомендовано. При цьому не погіршується електричні параметри мікросхеми і асиметрія напруг джерел живлення не впливає на значення електричних параметрів.

На рис. 2.12 наведені частотні характеристики мікросхеми, а на рис. 2.13 – фазна характеристика мікросхеми K140UD1. Характеристики знімалися при наявності корегувального ланцюга C1, R1 (рис. 2.10).

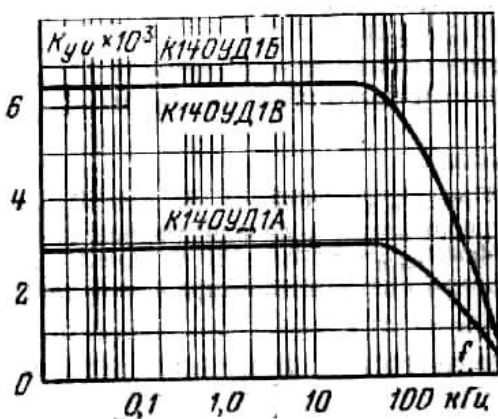


Рисунок 2.12 - Частотна характеристика ОП K140UD1

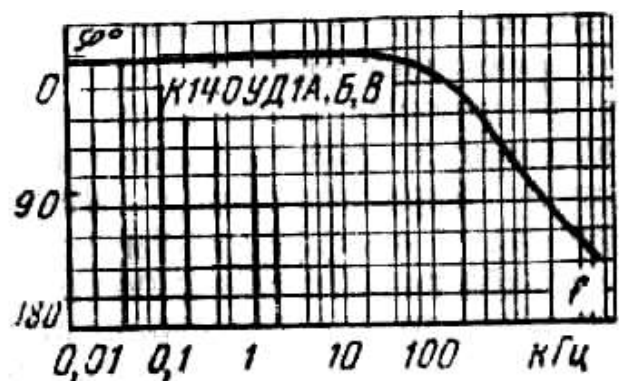


Рисунок 2.13 - Фазна характеристика ОП K140UD1

Вихідні напруги обмеження $U_{вих}^+$ і $U_{вих}^-$ не рівні по абсолютній величині при малих опорах навантаження операційного підсилювача (рис. 2.14). Тому при необхідності отримання симетричного обмеження вихідну напругу опору навантаження необхідно вибрати не менше 10 кОм.

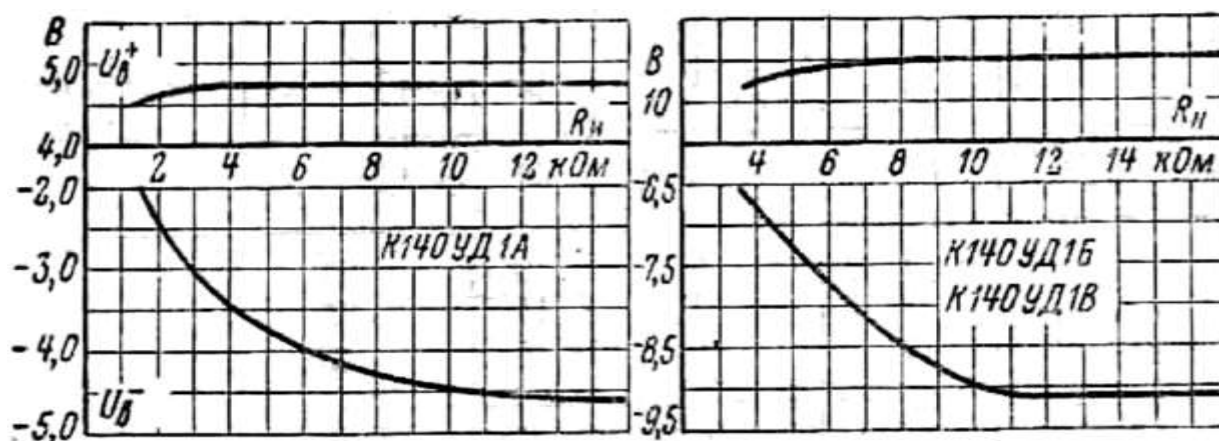


Рисунок 2.14 - Залежності максимальної вихідної напруги ОП К140 УД1 від опору навантаження

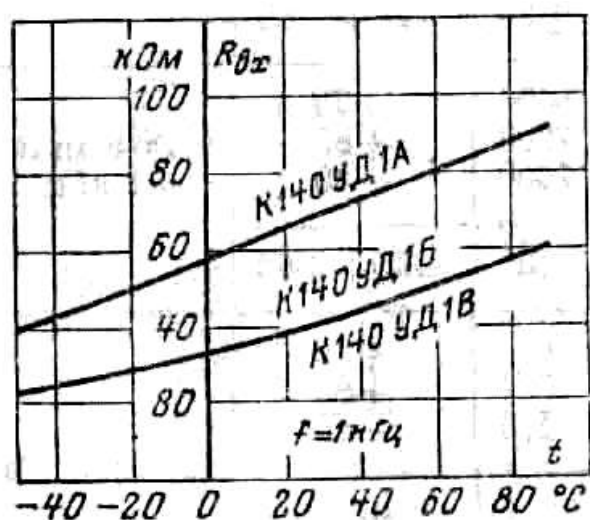


Рисунок 2.15 - Залежність вхідного опору ОП К140УД1 від температури навколишнього середовища

На рис. 2.15 приведені залежності вхідного опору мікросхеми $R_{вх}$ від температури навколишнього середовища.

На графіках приведені типові (середні) значення параметра. При зниженні напруг джерел живлення вхідний опір мікросхеми має тенденцію до зростання. Залежність напруг шуму від частоти вхідного сигналу приведена на рис. 2.16.

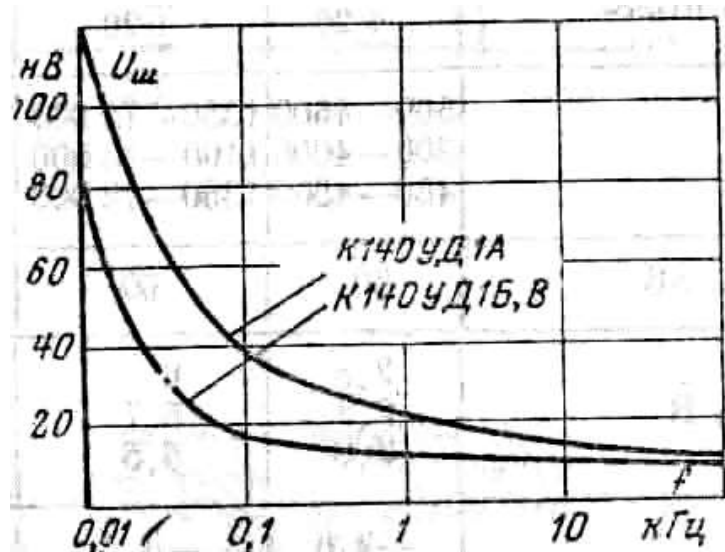


Рисунок 2.16 - Залежність напруги шумів ОП К140УД1 від частоти

Залежність коефіцієнта впливу джерел живлення на напругу зміщення, струмів, що споживаються мікросхемою, коефіцієнтів підсилення, додатних і від'ємних вихідних напруг обмеження від значення напруг джерел живлення наведені на рис. 2.17...2.20.

Коефіцієнт впливу джерел живлення на напругу зміщення практично не змінюється в діапазоні температур навколишнього середовища ($-45 \div +85$ °C), хоча має незначну тенденцію до підвищення в області додатних температур.



Рисунок 2.17 - Залежність коефіцієнта впливу джерела живлення на напругу зміщення ОП К140УД1 від напруги джерела живлення

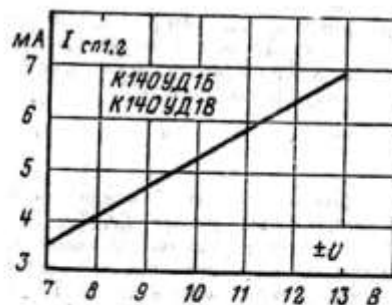


Рисунок 2.18 - Залежність струму, що споживає ОП К140УД1 від напруги джерела живлення

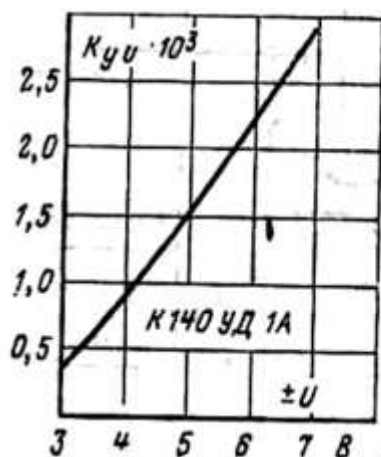


Рисунок 2.19 - Залежність коефіцієнта підсилення К140 УД1 від напруги живлення



Рисунок 2.20 - Залежність максимальних вихідних напруг ОП К140УД1 від напруги джерела живлення

Напруга зміщення і вхідний струм практично не змінюється при зміні напруг джерел живлення в інтервалі гранично допустимих значень. Вхідний струм має незначну тенденцію до зниження при зменшенні напруг живлення.

Коефіцієнт послаблення синфазного сигналу зменшується приблизно на 20 дБ при живленні мікросхеми напругами, які відповідають нижнім рівням гранично допустимих значень, у порівнянні з коефіцієнтом

послаблення синфазного сигналу при живленні мікросхеми напругами, які відповідають верхнім рівням гранично допустимих значень.

Мікросхема К140УД8 являє собою операційний підсилювач загального призначення. Вхідний диференціальний каскад складається з п'яти польових транзисторів.

Корекція частотної характеристики здійснена внутрішнім конденсатором С1 ємністю 33пФ (рис.2.21, а). Типова схема включення мікросхеми К140УД8 приведена на рис.2.21, б. Номінальна напруга живлення мікросхеми 15 В, мінус 15 В.

Допустимі відхилення напруги живлення від номінальних значень $\pm 5\%$. В залежності від норм на електричні параметри мікросхеми К140УД8 поділяються на групи А, Б, В.

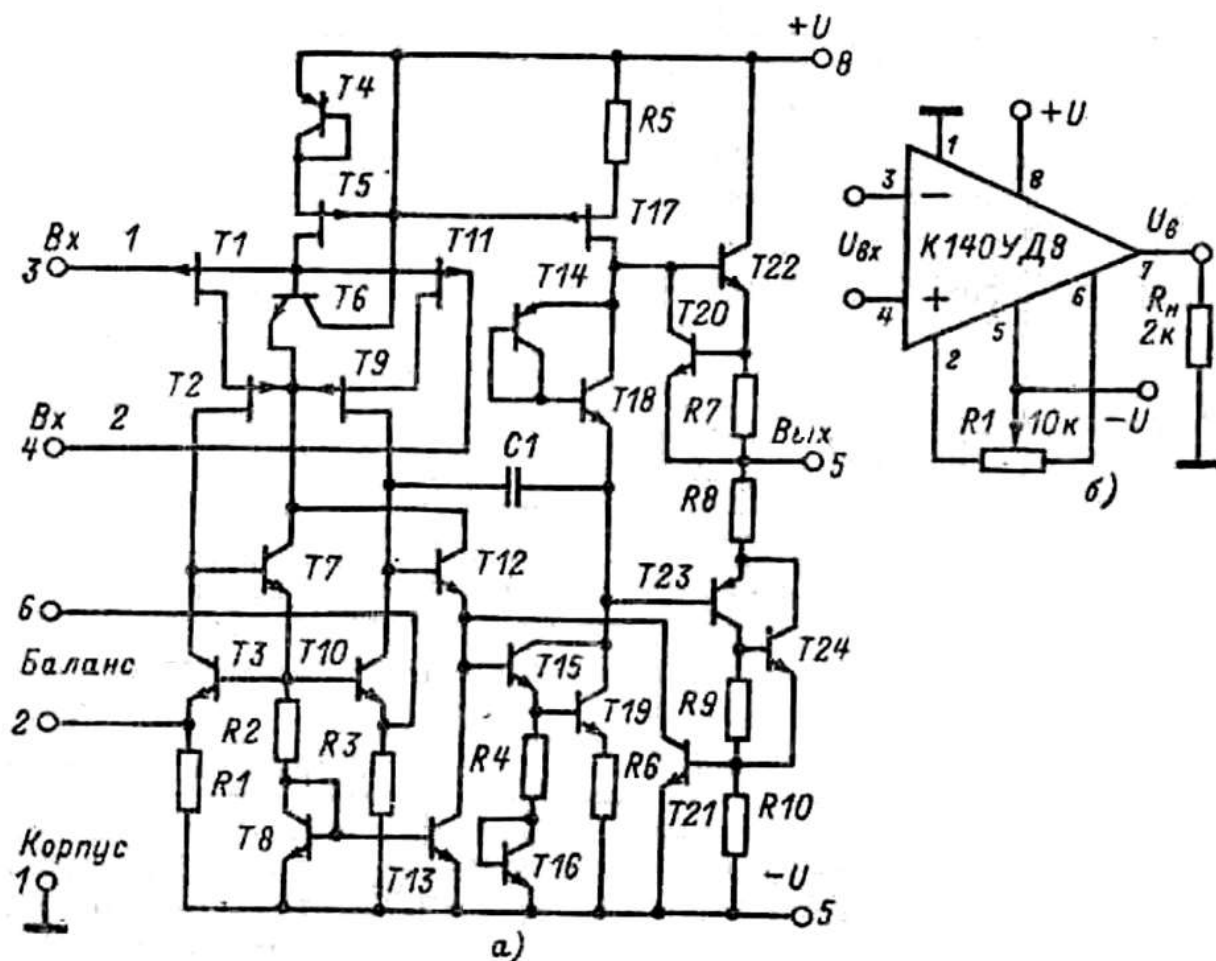


Рисунок 2.21 - Принципова схема ОП К140УД8 (а) і типова схема його включення (б)

З частотної (рис. 2.22, а) і фазової (рис. 2.22, б) характеристик видно, що операційний підсилювач стійкий до зовнішніх ланок корекції – спад частотної характеристики на частоті одиничного підсилення 220дБ/дек, а фазовий зсув на частоті одиничного підсилення не перевищує 180°.

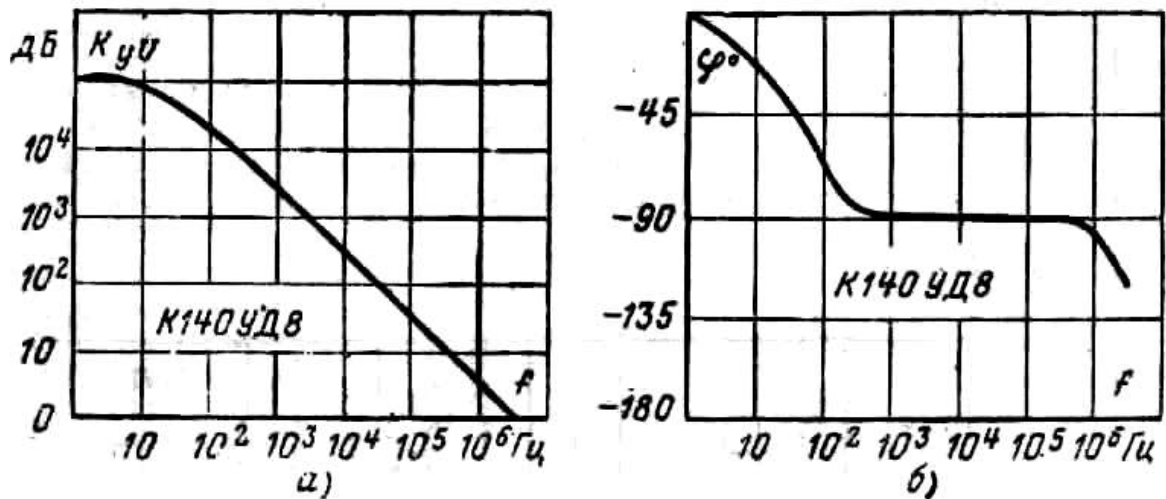


Рисунок 2.22 - Частотна (а) і фазна (б) характеристики ОП К140УД8

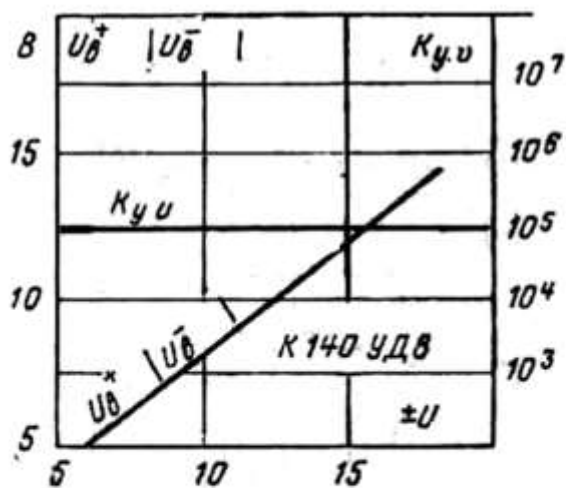


Рисунок 2.23 - Залежність максимальної вихідної напруги і коефіцієнта підсилення ОП К140УД8 від напруги живлення

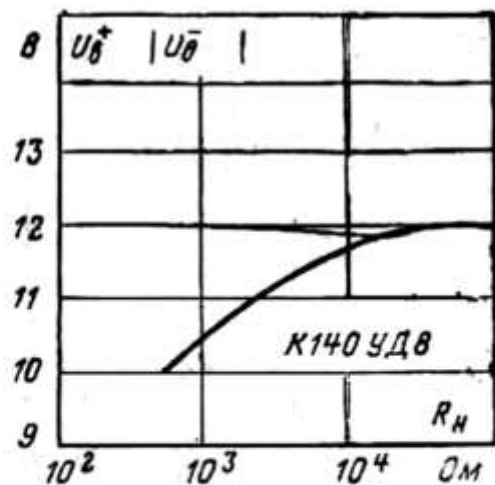


Рисунок 2.24 - Залежність максимальної вихідної напруги і коефіцієнта підсилення К140УД8 від опору навантаження

Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача не зменшується з пониженням напруг живлення, а максимальна вихідна напруга зменшується пропорційно пониженню напруги живлення (рис. 2.23). залежність максимальної вихідної напруги від опору навантаження приведена на рис. 2.24.

2.8 Аналіз і розрахунок надійності елементів розробленої системи контролю технологічного процесу

Одною з головних задач проєктування систем керування є підвищення якості виробів – приладів, систем керування і т. п. Якість виробів визначається двома групами показників: технічними характеристиками і надійністю.

Технічні характеристики визначають функціональні, швидкісні, вагові, енергетичні, естетичні можливості виробу, а надійність гарантує зберігання цих характеристик на протязі визначеного часу в заданих умовах роботи. Ці гарантії виконуються, якщо надійність виробу закладається при проєктуванні, забезпечується при виробництві і підтримується при експлуатації.

Надійністю виробу називають властивість виконувати задані функції, зберігати в часі значення експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування.

Відмова виробу – це випадкова подія, при появі якої виріб повністю або частково перестає виконувати задані функції. Відмови бувають раптовими і поступовими.

Раптові відмови виникають при експлуатації виробу, коли створюються умови для виявлення прихованих дефектів (обриви і короткі замикання в електричних колах).

Поступові відмови пов'язані зі старінням, зношенням виробів, наприклад старіння транзистора. Зниження числа раптових відмов досягається за допомогою тестування, припрацювання виробів і захисту від перевантажень, вібрації, завад.

Зниженню поступових відмов допомагає використання високонадійних матеріалів і своєчасна заміна зношених деталей, блоків, вузлів системи.

Розрізняють апаратурну, функціональну, часову, інформаційну, програмну і інші види надійності. [2–5]

Апаратурні фактори надійності визначаються:

- 1) конструктивно-схемними рішеннями (вибір структурної і функціональної схем, способів резервування і контролю; вибір комплектуючих виробів і режимів роботи; захист від внутрішніх і зовнішніх несприятливих умов шляхом герметизації, захисту від електромагнітних і інших завад).
- 2) виробничими факторами (дотримання точності форм і розмірів; забезпечення заданих електричних характеристик виробів; забезпечення міцності з'єднань; старанне виявлення прихованих виробничих дефектів, наприклад у інтегральних схем).

До інших не апаратурних факторів, що впливають на надійність, відносяться математичне забезпечення (алгоритм), кваліфікація обслуговуючого персоналу, умови роботи апаратури. Наприклад, при зміні навколишньої температури від -70 до $+60$ °C параметри електронної апаратури можуть змінюватись на 25 %, температура всередині приладу через тепловиділення може збільшуватись до $+150$ °C;

при температурі $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ різко підвищується руйнування спаю із олов'яного припою. Зміна вологості приводить до зниження опору ізоляції або до проявлення шкідливого статичного заряду.

Надійність виробів характеризується властивостями безвідмовності, довговічності, ремонтоздатності і збереження.

Основним показником для кількісної оцінки безвідмовності елемента і автоматичних систем керування є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ в заданому інтервалі напрацювання t .

Ймовірність безвідмовної роботи статично визначається відношенням числа елементів n_i , які безвідмовно пропрацювали до моменту часу t , до кількості елементів N , працездатних в початковий момент часу $t=0$.

В розрахунках надійності необхідно враховувати закони розподілення випадкової величини. Для неперервних випадкових величин застосовують експоненціальний закон, який використовується при аналізі складних виробів, які пройшли період припрацювання.

Типові елементи радіоелектронної апаратури підпорядковуються експоненціальному закону розподілення часу відмов в області раптових відмов λ -кривої (рис. 2.25).

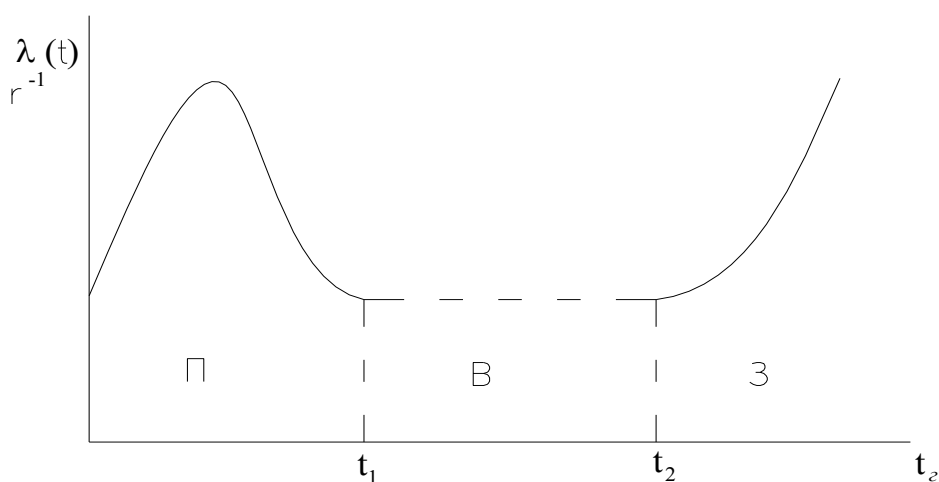


Рисунок 2.25 - Крива зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ в часі

Можливі характеристики відмов визначаються формулами

$$P(t) = e^{-\lambda t}; Q(t) = 1 - e^{-\lambda t}; f(t) = \lambda e^{-\lambda t} . \quad (2.10)$$

Для експоненціального закону $T_{cp} = \sigma = 1/\lambda$ і задовольняються початкові умови $P(0)=1$; $Q(0)=0$, тобто відлік часу t починається з моменту виявлення справності виробу.

При послідовному з'єднанні елементів в системі керування

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t), \quad (2.11)$$

де $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи системи; $P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента системи.

$$P(t) = e^{-t \sum_{i=1}^N \lambda_i}, \quad (2.12)$$

де λ_i – інтенсивність відмов i -го елемента системи.

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи системи на протязі 1000 г і T_{cp} . Для цього знайдемо $P_i(t)$ для кожної групи однотипних елементів (значення λ вибираємо з [6–8], таблиця 5.1, ст.142).

1. Діоди кремнієві – $0,2 \cdot 10^{-6}$ 1/г
2. Резистори – $0,06 \cdot 10^{-6}$ 1/г
3. Конденсатори керамічні – $0,1 \cdot 10^{-6}$ 1/г
4. Транзистори – $0,3 \cdot 10^{-6}$ 1/г
5. Інтегральні схеми – $0,1 \cdot 10^{-6}$ 1/г
6. Запобіжники – $2,0 \cdot 10^{-6}$ 1/г

$$P_1(1000) = e^{-\lambda_1 t} = e^{-0.019} = 0.981$$

$$P_2(1000) = e^{-\lambda_2 t} = e^{-0.0043} = 0.996$$

$$P_3(1000) = e^{-\lambda_3 t} = e^{-0.0032} = 0.997$$

$$P_4(1000) = e^{-\lambda_4 t} = e^{-0.0039} = 0.996$$

$$P_5(1000) = e^{-\lambda_5 t} = e^{-0.0022} = 0.998$$

$$P_6(1000) = e^{-\lambda_6 t} = e^{-0.002} = 0.998$$

Підставляючи дані в формулу (2.11) отримуємо

$$P(t) = 0,981 \cdot 0,996 \cdot 0,997 \cdot 0,996 \cdot 0,998 \cdot 0,998 = 0,966$$

$$T_{cp} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-4}} = 25000 \text{ с}$$

Так як дана система складається з радіоелементів, які відносяться до невідновлюваних елементів, то параметри потоку відмов $\omega(t)$ і середній час встановлення не розраховуються.

Розрахуємо напрацювання на відмову для партії елементів

$$t_{cp}^* = \frac{t}{m_{cp}}; m_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i, \quad (2.13)$$

де t – час напрацювання,

m_{cp} – середнє число відмов елементів з партії,

m_i – число відмов i -го елементу.

$$m_{cp} = \frac{1}{234} \sum_{i=1}^N 1+1+1+1+2+0 = 0.026$$

$$t_{cp}^* = \frac{220}{0.026} = 8461.5 \text{ г}$$

Для кількісної оцінки довговічності використовуються показники: технічний ресурс – сумарне напрацювання системи за період експлуатації до ремонту – 8461,5 г; строк служби – календарна тривалість експлуатації об’єкта – 12 років.

2.9 Опис принципу роботи підсилювального пристрою для диференціального давача тиску

На рисунку 2.26 представлена електрична функціональна схема підсилювального пристрою.

Схема містить вихідне коло вимірювального моста, підсилювач постійного струму, підсилювач потужності, генератор для живлення магнітомодуляційного перетворююча, квадратор і джерело живлення.

Вихідне коло, яке складається із ряду резисторів R_{1n} , R_{2n} , випрямних діодів ЕМ1 і фільтруючого конденсатора, разом з обмотками збудження магнітомодуляційного перетворююча, утворюють вимірювальний міст.

До однієї діагоналі цього моста підводиться напруга у вигляді прямокутних імпульсів з частотою 400 Гц, яка формується з допомогою спеціального генератора, виконаного на інтегральній мікросхемі ЕМ3; з другої діагоналі знімається сигнал розбалансування у вигляді напруги постійного струму.

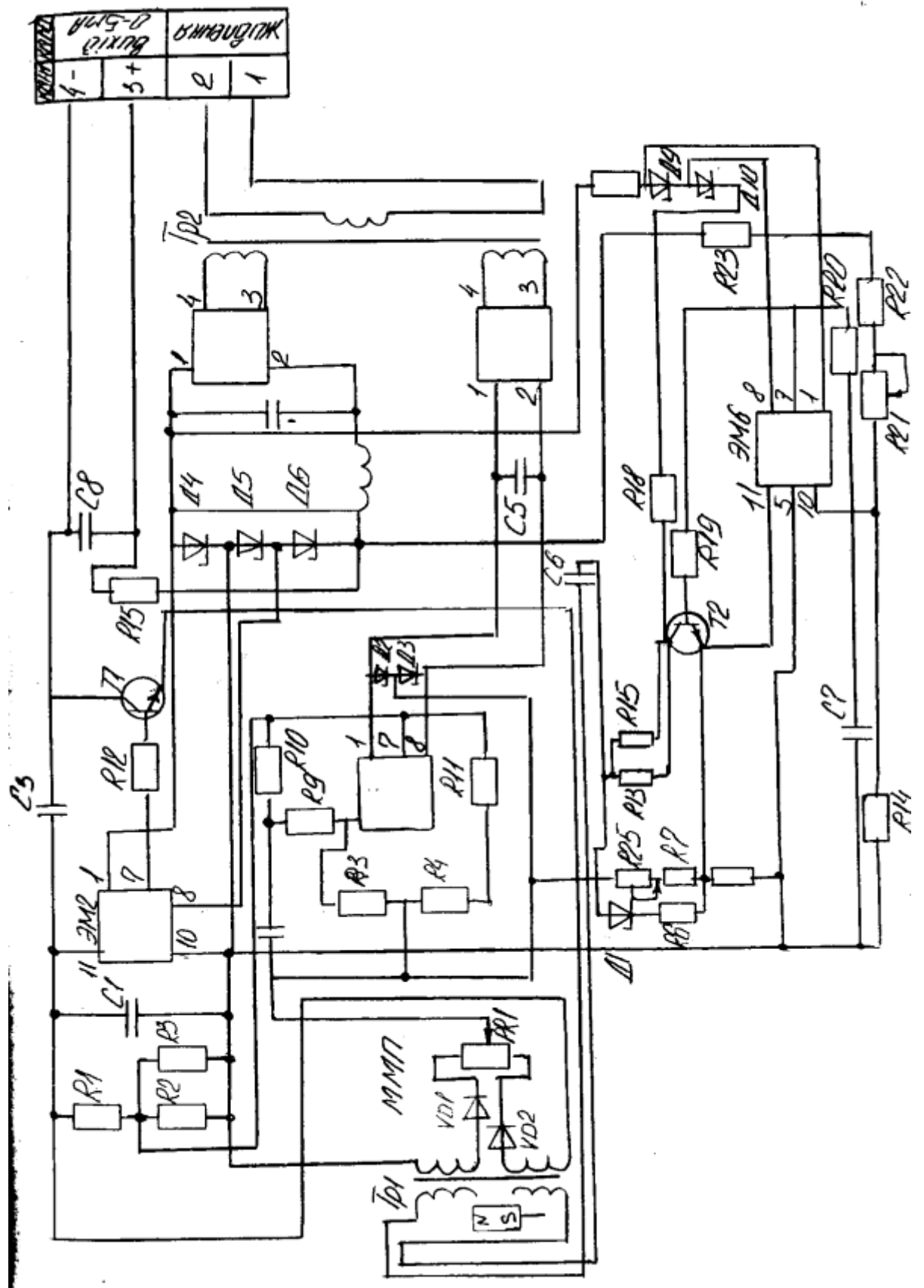


Рисунок 2.26 - Електрична функціональна схема підсилювального пристрою.

Цей сигнал надходить на вихід підсилювача постійного струму, який виконаний на інтегральній мікросхемі ЕМ2.

Підсилюючий сигнал постійного струму через обмежуючий опір R_{12} , надходить на підсилювач потужності, який виконаний на транзисторі T_1 .

Для забезпечення стійкості магнітотулюючого пристрою з підсилювачем і зменшення пульсації вихідного сигналу в підсилювачі є динамічний обернений зв'язок, який утворюється за допомогою ланцюга C_3, R_1, R_2 . У вихідне коло ввімкнено конденсатор C_8 .

Генератор для живлення магнітотулюючого перетворювача прямокутними імпульсами виконаний на інтегральній мікросхемі ЕМ3 з резисторами на виходах R_3 та R_4 . додатній зворотній зв'язок подається з виходу мікросхеми через опір R_{11} на інвертуючий вхід мікросхеми, а від'ємний – через опори R_9, R_{10} і конденсатор C_2 . Елементи C_2 і R_{10} визначають частоту генерації генератора. Джерело живлення підсилювального пристрою складається з силового трансформатора T_P з двома вторинними обмотками для роздільного живлення підсилювача і генератора.

До однієї обмотки під'єднаний випрямний міст ЕМ4, фільтруючий ланцюг C_4, D_P і стабілітрони D_4, D_5, D_6 .

До другої обмотки під'єднаний випрямний міст ЕМ5, фільтруючий ланцюг C_5, R_{17} і стабілітрони D_2, D_3 .

Стабілітрони служать в якості дільників напруги: D_2, D_3 – для живлення ЕМ3; D_4, D_5 – для живлення ЕМ3; D_5, D_6 – для T_1 .

Опір R_5 служить для компенсації температурної похибки приладу. Опір R_{16} служить для зменшення впливу опору навантаження.

Схема квадратора складається з авто генераторного регулюючого імпульсного пристрою з широко імпульсною модуляцією функціонального дільника і джерела живлення.

АРУ – ШИМ зібраний на інтегральній мікросхемі, вхідне коло якої складається із дільника напруги R_7 , R_8 і фільтруючого конденсатора C_6 , який служить для зменшення пульсації у вихідному колі підсилювального пристрою від наявності напруги в квадраторі.

Додатній зворотній зв'язок в АРУ – ШИМ утворюється за допомогою опору R_{19} і переходу база – емітер транзистора T_2 функціонального імпульсного дільника, а від'ємний зв'язок – з допомогою дільника напруги R_{20} , R_{14} і усереднюючого конденсатора C_7 .

Вихідним сигналом АРУ – ШИМ являються прямокутні імпульси постійної амплітуди, частота і коефіцієнт заповнення імпульсів визначаються величиною вихідного сигналу.

Функціональний імпульсний дільник складений на трансформаторі T_2 .

Послідовно з ним включено граничний опір R_{13} і обмотка оберненого зв'язку ММП, в якій монтується фільтруючий конденсатор C_6 .

Для налагодження максимального значення вихідного сигналу дифманометрів служить змінний резистор R_7 , встановлений на платі квадратора і з'єднаний послідовно з резистором R_{25} . Живлення квадратора відбувається від стабілізаторів D_9 , D_{10} .

Опори R_{23} , R_{24} служать для отримання необхідного струму стабілізації стабілітронів D_9 і D_{10} .

2.10 Опис принципу роботи вимірювального перетворювача диференціального давача тиску

Напруга через понижуючий трансформатор T_1 випрямляється на діодному мості, стабілізується стабілізатором напруги, який виконаний

на мікросхемах *K142EH8* і *K140УД7*. Стабілізована напруга ± 15 В використовується для живлення елементів блока. На *DA6.1* і *DA11.2* формується опорна напруга ± 9 В.

Світло діоди *VD19* і *VD20* сигналізують ввімкнення першого і другого сигналів відповідно.

З виводу 2 діодного моста пульсуюча напруга з частотою 50 Гц подається на дільник частот *DD1.1*, який виділяє імпульси з частотою 25 Гц. На *DA8.1* і *VT8*, *VT9* формується змінна напруга синусоїдної форми з частотою 25 Гц. Стабільність амплітуди напруги забезпечується колом зворотного зв'язку *DA6.1*, *DA7.2*, *C₁₃*, *C₁₄*, *R₄₄*, *R₄₅*.

Після підсилення по потужності на *DA8.2* і *VT10* – *VT13* синусоїдна напруга з частотою 25 Гц подається в коло первинної обмотки котушки перетворювача тиску. На *DA5.2*, *DA5.1*, *DA3.2* формуються синхронізуючі імпульси з частотою 25 Гц для детектора на *VT1* і *VT2*.

З вторинної обмотки котушки перетворювача тиску сигнал, пропорційний вимірюваному параметрові, через фільтруючу ланку *C₁* – *C₃*, *R₁*, *R₂* підсилюються операційним підсилювачем *DA1.1*, *DA1.2*, *DA2.1* і через регулятор рівня *R₁₀*, *R₁₁* подається на фазозсуваючі елементи *DA2.3*, *R₁₃*, *R₁₄*, *C₁₅* для компенсації зсуву фази у вторинній обмотці котушки перетворювача тиску.

Після детектування на польових транзисторах *VT1* і *VT2* сигнал підсилюється на *DA3.1* і його постійна складова з ланки *R₁₇*, *R₁₈*, *R₁₃*, *C₆*, *C₇* подається на підсилювач *DA4.2* з транзисторами *VT3*, *VT4* на виході і далі на перетворювач напруга – струм на підсилювачі *DA4.1* з транзисторами *VT5* і *VT6*.

Перемичкою на колодці *X2* або *X3* встановлюємо вихідний сигнал (0 - 5), (10 - 20) або (4 - 20) мА в залежності від виконання блока. Крім основного сигналу на вхід перетворювача напруга – струм через резистор

R_{24} подається сигнал з коректора, виконаного на $DA9.2$, $DA10.1$, $DA10.2$, $DA9.1$, $DA11.1$. Коректор дозволяє міняти характеристику перетворювача тиску приближаючи її до лінійної.

Корекція здійснюється в чотирьох точках характеристики, шляхом додавання до основного сигналу додаткового регульованого по знаку і амплітуді. Корекція здійснюється при комплектування блока.

2.11 Розробка функціональної схеми вимірювального перетворювача

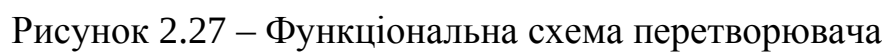
Живлення каналу здійснюється незалежно від мережі змінного струму з напругою 220 В (рис. 2.27).

Понижуючий трансформатор з випрямлячем і стабілізатором B видає для живлення елементів схеми напругу ± 15 В і опорну напругу ± 9 В.

З випрямляча пульсуюча напруга подається на дільник частоти $D4$, який формує імпульси з частотою 25 Гц для синхронного детектора D , а також для генератора G , який включно із колом зворотного зв'язку OC , формує синхронну напругу з частотою 25 Гц.

Після підсилення по потужності ця напруга подається в коло живлення первинної обмотки дифтрансформаторної котушки перетворювача тиску.

З вторинної обмотки дифтрансформаторної котушки сигнал з частотою 25 Гц і амплітудою, пропорційною вимірювальному параметрові подається на вимірювальний підсилювач $ИУ$ і фазозсуваючу ланку ΦC .



Після детектування детектором D , постійна складова сигналу підсилюється підсилювачем $У$ і перетворюється в сигнал постійного струму перетворювачем ПНТ.

При цьому на ПНТ поступає додатковий сигнал з коректора K , який літаризує сигнал перетворювача тиску в чотирьох точках діапазону вимірювання.

2.12 Розрахунок двополярного блоку живлення

Двополярний блок живлення з стабілізованою напругою показаний на рисунку 2.28. Мікросхема $DA1$ включена по мостовій схемі в плюсове плече стабілізатора напруги.

Мінусове плече містить подільник напруги на резисторах однакового номіналу R_1 і R_2 , інвертуючий підсилювач на операційному підсилювачі $DA2$ і регулюючий транзистор $VT1$.

Операційний підсилювач порівнює вихідну напругу плечей по абсолютній величині, підсилює сигнал розузгодження і подає його в коло бази транзистора $VT1$.

Якщо напруга мінусового плеча по якій-небудь причині стає менша ніж плюсового (по абсолютній величині), то напруга на інвертованому вході операційного підсилювача $DA2$ стає більше 0 і його вихідна напруга знижується, відкриваючи регулюючий транзистор $VT1$ більше, тим самим компенсує зниження напруги мінусового плеча.

Якщо ця напруга навпаки збільшується, то процес проходить в протилежному напрямку і рівність вихідних напруг також відновлюється.

Конденсатори $C_1 = C_2 = 2,2$ мкФ необхідно використовувати у випадку, коли довжина проводів, що з'єднують стабілізатор напруги із конденсатором фільтра випрямляча 100 мм.

Конденсатор C_3 вибирається з умови $C_3 \geq 1$ мкФ ($C_3 = 1$ мкФ) і служить для зменшення пульсації напруги на виході 8 *DA1*.

Подільник напруг виконаний на резисторах $R_1 = R_2 = 4,7$ кОм задають вхідний сигнал розузгодження для операційного підсилювача *DA2 K140UD7*. транзистор *VT1* підбирають виходячи з таких умов. Потужність розсіювання необхідна:

$$P_{роз} = U_{ex} \cdot I_{ex\max} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ Вт};$$

$$I_k = 5 \text{ А.}$$

Отже, вибираємо *KT818A*

$$P_{роз} = 100 \text{ Вт}; h_{21} = 15; I_{k\max} = 15 \text{ А}; I_{\bar{o}} = 0,33 \text{ А}, U_{\bar{o}\bar{o}} = 0,9 \text{ В.}$$

3 Спеціальна частина

3.1 Розробка електронних плат з використанням пакету Altium Designer

Інструменти САПР для проєктування друкованих плат дають можливість створювати схеми та макет друкованої плати нового пристрою. Сучасним конструкторам необхідно застосовувати комплексний підхід до проєктування друкованих плат, який включає проєктування конструкції, моделювання та підготовку до виробництва. Продуктивність проєктування залишається високою, коли інструменти САПР інтегровані з розширеними функціями проєктування та іншими інструментами.

САПР для проєктування друкованих плат Altium Designer має всі ці та багато інших переваг в одній програмі. Вона містить все необхідне для розробки друкованої плати в одній програмі, включаючи інструменти для спільної роботи MCAD у популярних програмах механічного проєктування.

Altium Designer — це повне програмне забезпечення САПР із системою проєктування друкованих плат, яке надає ресурси, необхідні для вирішення великих проєктних завдань. У Altium Designer доступні всі інструменти, необхідні для проєктування друкованих плат, від початкового схемного захоплення до кінцевих вихідних даних виробництва.

Усі проєкти починаються зі створення схеми у програмному забезпеченні ECAD. Функції редагування схемного дизайну включатимуть доступ до бібліотек, які можна використовувати для

пошуку та розміщення компонентів у схематичних аркушах.

Ієрархічна схема — це спосіб упорядкувати кожен блок електронного пристрою, коли він стає складнішим. Редактор ієрархічних схем пакету Altium Designer представлено на рис. 3.1.

Незалежно від того, чи проєктується одношарова плата чи складна багатошарова система, необхідні правильні інструменти САПР для завершення макета друкованої плати.

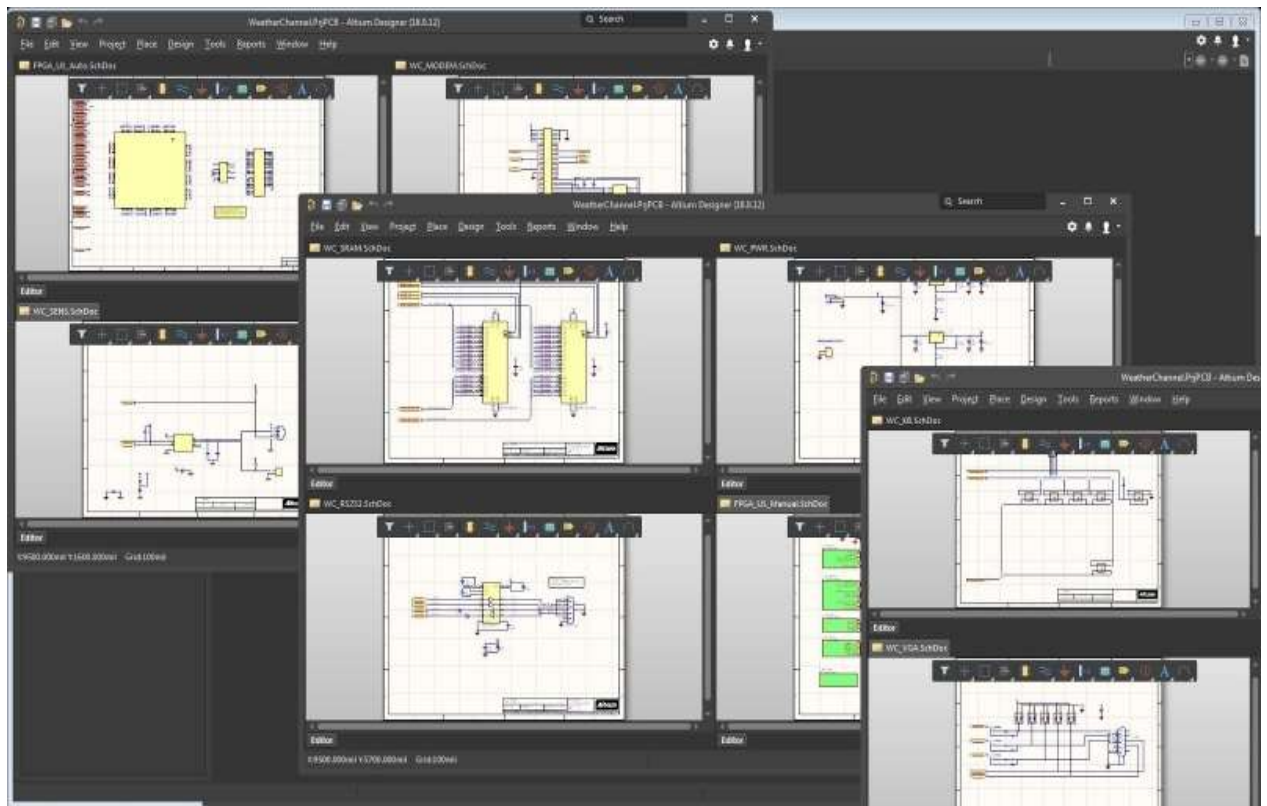


Рисунок 3.1 - Редактор ієрархічних схем Altium Designer

Більшість безкоштовних і онлайнних платформ САПР включають функції редагування схем, захоплення та компонування, але вони не включають більш розширені функції. Функції моделювання після компонування важливі для прогнозування проблем стійкості сигналу до електромагнітних завад, а набір розширених функцій моделювання обчислить ці важливі ефекти безпосередньо із розробленого макета

макета.

На додаток до цих важливих функцій моделювання та аналізу, підготовка до виробництва вимагає створення важливих документів безпосередньо з файлів макета друкованої плати. Виробнику плат, щоб запустити їх у виробництво, знадобляться файли Gerber, складальні креслення, описи матеріалів. На додаток до цих важливих функцій САПР і виробничих функцій потрібен набір інструментів MCAD як частини конструкції корпусу для розроблюваного електронного пристрою.

Включення можливостей MCAD у процес проектування друкованої плати дає повний 3D-вигляд кожного блоку проєкту. У цьому програмному пакеті можна побачити, як виглядає проєкт, перш ніж він зійде з конвеєра. Можна перевірити розміри корпусу, зазори та загальне розташування компонентів на платі. Навіть можна отримати 3D-вигляд макета траси та маршрутизації.

Інтегроване програмне забезпечення ECAD і MCAD дозволяє використовувати моделі STEP з інших проєктних програм. Ця взаємодія та керування даними досить прості. Приклад взаємодії кількох інструментів САПР в системі Altium Designer представлено на рисунку 3.2.

Проєктування друкованої плати об'єднує інструменти проєктування в одному середовищі, зберігаючи високу продуктивність і дозволяючи легко керувати проєктними даними. Інструменти Circuit CAD у цьому середовищі створено для взаємодії з усіма розширеними функціями. Робота з уніфікованим програмним забезпеченням для проєктування замість окремих модулів для проєктування гарантує, що друкована плата відповідає цілям проєкту.

Дані з інструментів проєктування друкованих плат САПР надходять безпосередньо до функцій моделювання та аналізу, допомагаючи перевірити функціональність пристрою та дозволяють діагностувати

проблеми перед початком виробництва.

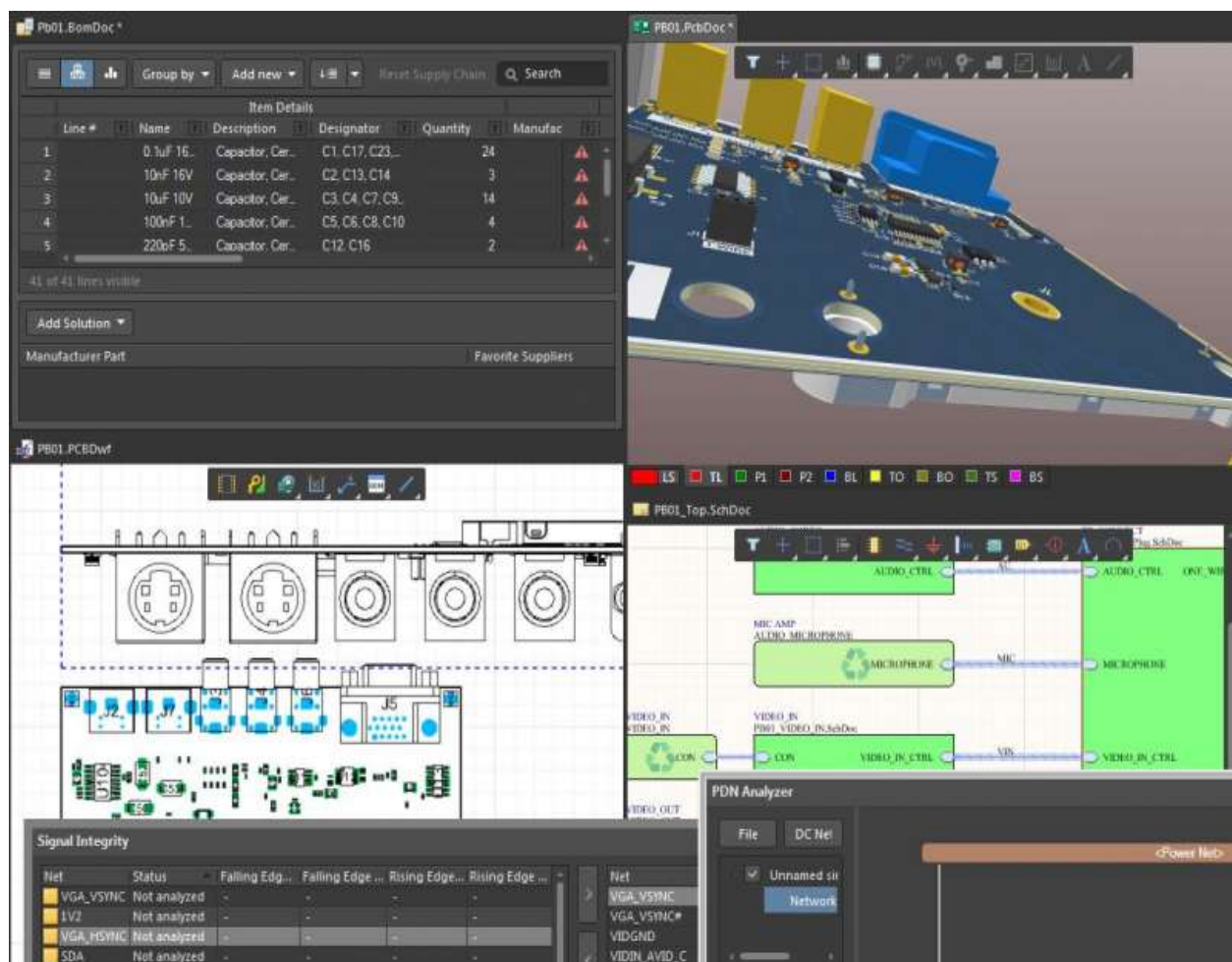


Рисунок 3.2 - Взаємодія кількох інструментів САПР в системі Altium Designer

Інтегрований дизайн MCAD/ECAD має інтерфейс із потужними інструментами проектування друкованих плат, які прискорюють процеси компонування та планування виробництва. Потужність Altium Designer полягає в його єдиному інтерфейсі проектування друкованої плати (рисунок 3.3).

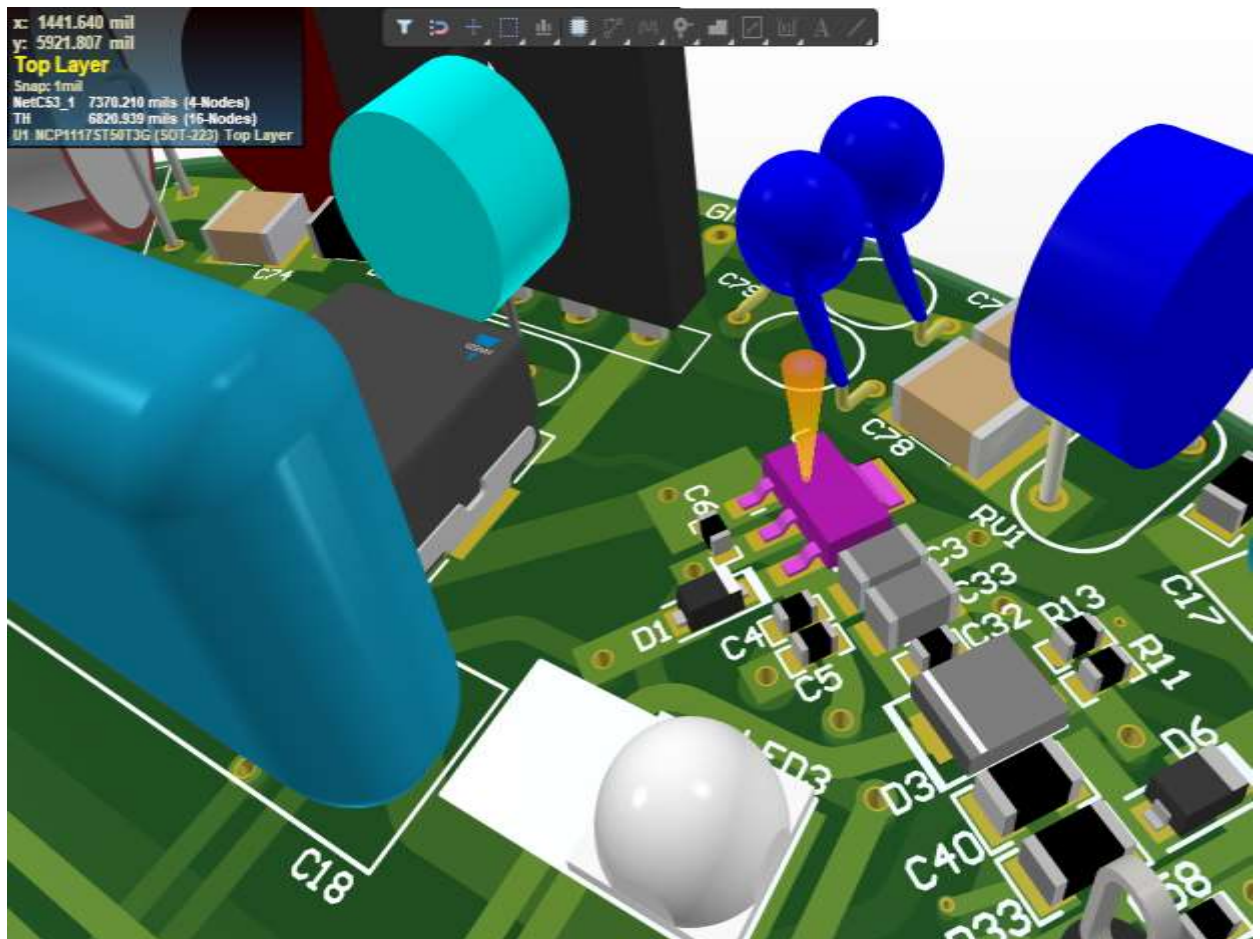


Рисунок 3.3 - Власні утиліти 3D-проектування в Altium Designer, що надають доступ до функцій ECAD і MCAD на одній платформі.

Користувачі Altium також можуть експортувати свою плату в популярні програми MCAD для проектування та моделювання корпусів.

Завершивши проектування електричної частини, можна поділитися своїми проєктними даними з користувачами MCAD або іншими членами команди через платформу Altium 365. Також можна співпрацювати через безпечну хмарну платформу.

3.2 Використання пакету прикладних програм MathCAD для проведення проєктних розрахунків

При проведенні проєктних розрахунків виникає необхідність застосування обчислювальної техніки, що дозволяє трудові ресурси і забезпечує необхідну точність. Тому у своєму проєкті ми використовуємо пакет прикладних програм MathCAD.

Інтегрований багатофункціональний пакет MathCAD призначений для розв'язку різного роду обчислювальних задач, алгоритм яких описується в загальноприйнятих математичних термінах і позначеннях.

Пакет має розвинуті засоби роботи з текстовою, графічною, ілюстрованою інформацією.

Обчислювальні можливості пакету MathCAD:

- проведення обчислень з точністю до 15-ти десяткових цифр після коми;
- перевірка на відповідність одиниць вимірювання обчислювальних величин і їх розмірностей;
- можливість розв'язання систем рівнянь нерівностей;
- обчислювання похідних і інтегралів;
- використання HEX, DEC, OCT, комплексних чисел і їх змінних;
- влаштовані математичні функції (Бейселя, комплексного аргумента, лінійної регресії, інтерполяції, швидкого перетворення Фурє, математично-векторного перетворення);
- використання масивів до 8000 тис. елементів.

В проєкті використовуємо пакет прикладних програм MathCAD для розрахунку дворівневого регулятора температури на базі інтегрального термодатчика TMP01.

Вхідними даними до розрахунку є:

- розрахункові коефіцієнти і константи;
- елементи розрахункових формул.

З метою проведення розрахунку, вводимо спочатку всі вхідні дані, оскільки при відсутності необхідних складових формул ЕОМ видасть повідомлення про помилку.

Наступним кроком є ввід необхідних розрахункових формул. Розрахунковими формулами будуть формули, які складають основу методики розрахунку, що приведена в проєктній частині кваліфікаційної роботи.

Після виконання перерахованих вище дій пакет прикладних програм MathCAD здійснить необхідні розрахунки і видасть результати обчислень на монітор.

Результатами обчислень є шукані невідомі величини розрахункових формул. Результат розрахунку чи весь розрахунок в цілому можна вивести на друк. При необхідності, можна побудувати графіки залежностей шуканих величин.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1 Заходи з охорони праці на підприємстві

4.1.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на ділянці, що проєктується

Виробнича гігієна є профілактичною дисципліною, що займається вивченням впливу виробничого середовища (метеорологічних умов, шуму, вібрацій, освітлення в робочому приміщенні) на організм людини; розробкою технічних і санітарно-технічних рішень, спрямованих на оздоровлення умов праці; вишукуванням профілактичних засобів проти професійних отруєнь і захворювань; пропагандою серед трудящих правил і норм гігієни праці в конкретних умовах виробництва.

Таким чином, виробнича гігієна — це гігієна праці, гігієна трудового процесу. Сучасна наукова організація праці, підвищення його ефективності тісно зв'язані з умовами праці, що задовольняють гігієнічним вимогам.

Значення виробничої гігієни для підвищення ефективності праці характеризується наступними даними: зниження шуму до гігієнічних норм у ряді випадків підвищує продуктивність праці на 40—50%, гарне природне освітлення - на 10%, раціональна фарбування устаткування підвищує загальний тонус працюючих, безпека праці, знижує втрати робочого часу і підвищує продуктивність праці на 20—25%.

Технічний прогрес у хімічній і нафтохімічній промисловості, зокрема комплексна автоматизація технологічних процесів, централізоване, дистанційне керування ними з нормальних приміщень керування і зв'язана з цим можливість розташування устаткування під

відкритим небом, корінним чином змінив умови праці на сучасних заводах зазначених галузей промисловості. У нових умовах відпадає необхідність постійного перебування людини в забрудненій атмосфері виробництва.

Питання гігієни праці і профпатології в хімічній і машинобудівній промисловості, Харківський НДІ гігієни праці і профзахворювань, 1966.

Це якісно нова умова має особливе значення для хімічних виробництв, зв'язаних із застосуванням і одержанням токсичних речовин.

Разом з тим централізація і дистанційне керування виробничими процесами вимагають безупинної напруженої уваги оператора, що працює біля пульта керування, на якому розташована величезна кількість не тільки регулюючих, але і приладів індикації. При цьому робота оператора досить одноманітна і монотонна.

Такі особливості роботи оператора — необхідність безупинного напруженої уваги і її монотонність — висувають високі вимоги до центральної нервової системи людини. Тому в нових умовах виробництва великого значення набуває правильна організація пульта керування і робочого місця оператора.

Рішення задач виробничої гігієни здійснюється різними методами: фізичними і хімічними — для оцінки впливу виробничого середовища; фізіологічними і токсикологічними експериментами і клінічними методами — при вивченні реакції організму на різні фактори середовища; методами санітарно-статистичного аналізу.

У хімічній промисловості серед різноманітних факторів виробничого середовища, що можуть несприятливо впливати на організм людини, перше місце займають отрутні гази і пари, а також токсичний пил, тумани і дими, що забруднюють при відомих умовах повітря робочих приміщень і зовнішню атмосферу навколо виробництва. Ціль виробничої санітарії і гігієни цілком чи виключити різко зменшити,

можливість надходження цих речовин в організм.

Профілактика професійних інтоксикацій починається з вибору технологічної схеми виробництва й апаратурного її оформлення, розміщення устаткування (у чи будинку під відкритим небом), планування підприємства й окремих виробничих і побутових будинків, вибору методів очищення промислових викидів і видалення їх в атмосферу, каналізацію і водойми. У процесі експлуатації виробництва проводиться повсякденна профілактика інтоксикацій.

При цьому велике значення надається систематичному контролю повітряного середовища, що проводять центральні заводські лабораторії і санітарно-хімічні лабораторії санітарно-епідеміологічних станцій. Отримані дані використовуються для уживання відповідних заходів і оцінки небезпеки професійних інтоксикацій в окремих виробництвах.

В даний час все ширше впроваджується автоматичний контроль повітряного середовища, що має особливе значення у виробництвах, де по різних причинах можуть утворитися високі концентрації токсичних речовин.

Автоматичні газоналізатори звичайно спряжуються з пристроями для подачі світлових і акустичних сигналів, а часто — із пристроями для автоматичного включення аварійної вентиляції, вимикання установок при аваріях і т.п.

Для боротьби з професійними інтоксикаціями в ряді випадків дуже важливо здійснювати систематичний контроль за станом матеріалів стін і підлог виробничих будинків, сполукою ґрунту під підлогами і біля будинків, забрудненням ізоляції устаткування і спецодягу працюючих.

У проєктах будівництва підприємств хімічної промисловості необхідно враховувати відповідні санітарні розриви між цехами, можливість надходження в робочі приміщення отрутних пар і газів з устаткування, розташованого в безпосередній близькості від будинків;

уникати розташування виробничих приміщень нижче рівня землі, застосування недосконалого в гігієнічному відношенні устаткування, що вимагає ручного обслуговування; максимально механізувати процеси завантаження, вивантаження, пакування, добору проб і ін. []

4.1.2 Розрахунок повітрообміну для видалення шкідливих виділень

Необхідна кількість вентиляційного повітря (м³/год) визначають по кількості шкідливих виділень у приміщенні при розрахунку по кількості шкідливих речовин, що виділяються

$$L=L_{\text{оз}}+[Z-L_{\text{оз}}(Z_{\text{оз}}-Z_{\text{п}})]/(Z_{\text{у}}-Z_{\text{п}}),$$

де $L_{\text{оз}}$ — кількість повітря, що видаляється з робочої чи зони приміщення, що обслуговується, місцевими витяжками, загальобмінною вентиляцією, на технологічні чи інші нестатки при щільності (питомій вазі) повітря $\rho=1,2$ кг/м³ ($\gamma=1,2$ кг/м³), м³/год;

Z — кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря приміщення, мг/год;

$Z_{\text{оз}}$ — концентрація шкідливих речовин відповідно в повітрі, що видаляється з робочої чи зони, що обслуговується, місцевими витяжками, загальобмінною вентиляцією, на технологічні чи інші нестатки, мг/м³;

$Z_{\text{у}}$ — концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється з приміщення за межами робочої чи зони, що обслуговується, мг/м³;

$Z_{\text{п}}$ — концентрація шкідливих речовин у повітрі, подаваному в приміщення, мг/м³.

Для повітря, що надходить у прийомні отвори і прорізи місцевих витяжок, загальобмінної вентиляції, технологічних і інших пристроїв, розташованих у робочій чи зоні приміщень, що обслуговується, варто приймати:

$$t_{\text{оз}}=t_{\text{норм}}; d_{\text{оз}}=d_{\text{норм}}; l_{\text{оз}}=l_{\text{норм}}; Z_{\text{оз}}=\text{ПДК},$$

де $t_{\text{норм}}$ — нормована температура в робочій чи зоні, що обслуговується, °С;

$d_{\text{норм}}, l_{\text{норм}}$ — вологовміст (г/кг) і ентальпія (кДж/кг) (тепломісткість, кКал/кг) повітря в робочій чи зоні, що обслуговується, обумовлені на основі нормованих величин для температури і відносної вологості;

ПДК — гранично припустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м³.

4.2 Заходи з безпеки життєдіяльності на підприємстві

Способи і засоби захисту робітників та службовців підприємства

До основних способів захисту людей від зброї масової ураження відносяться розосередження й евакуація населення великих міст, укриття людей, що залишилися в містах, в захисних спорудженнях, і забезпечення населення індивідуальними засобами захисту.

Розосередження населення великих міст треба розглядати як найбільш ефективний спосіб захисту. Застосування цього способу дозволяє виключити поразка складу непрацюючих змін при нанесенні ядерного удару по місту і полегшує рішення іншої задачі — укриття всієї працюючої зміни в захисних спорудженнях.

Працюючі зміни забезпечуються колективними засобами захисту шляхом використання притулків, укриттів, пристосованих для захисту підвалів і інших заглиблених споруджень, а також укриттів найпростішого типу, що у масовому порядку й у найкоротший термін повинні будуватися з виникненням погрози нападу супротивника.

Колективні засоби захисту дуже різноманітні по своїх захисних властивостях і їх прийнято розділяти на наступні основні групи:

1. **Укриття, що захищають від усіх видів зброї масової ураження,** що витримують надлишковий тиск у фронті ударної хвилі 1—10 кг/см², обладнані фільтро-всентиляційними агрегатами промислового виготовлення, допускають перебування в них людей до двох діб при застосуванні ядерної зброї (до однієї доби при застосуванні хімічної і бактеріологічної зброї).
2. **Укриття зі спрощеним устаткуванням,** що забезпечують захист також від усіх видів зброї масової ураження, що витримують тиск 1—3 кг/см² із фільтро-вентційним устаткуванням з місцевих матеріалів (пісок, шлак), допускають перебування в них людей до двох діб при застосуванні ядерної зброї (12 год. при застосуванні хімічної і бактеріологічної зброї).
3. **Укриття колективного користування,** що захищають тільки від впливу ядерної зброї, що витримують тиск 1—3 кг/см², із природною вентиляцією і пристосовані до тимчасової герметизації, допускають перебування в них людей протягом 4—6 год.
4. **Укриття найпростішого типу, розраховані на захист тільки від радіоактивних опадів.**

При оцінці ефективності захисних властивостей притулків і укриттів приходится враховувати не тільки їхні технічні дані, але і їхня далекість від місць, де чи працюють живуть люди, для захисту яких вони призначаються. Так, робочі цехи, вилученого від притулку на 70 м, можуть зайняти його за 5 хв, а вилученого на 400 м,— 20 хв. У силу цього при плануванні укриття особового складу працюючої зміни цілком можливі і такі випадки, коли навіть при достатній кількості притулків прийдеться передбачати будівництво нових укриттів поблизу цехів і відділів, тому що фактор часу в сучасній війні при відомих умовах є вирішальним. У першу чергу це відноситься до нових цехів, побудованих останнім часом у порядку розширення підприємств.

Таким чином, у планах служби притулків і укриттів цивільної оборони повинне бути передбачене використання наявних притулків і укриттів, а також будівництво укритті найпростішого тину і пристосувань під укриття будинків. Ще в мирний час на підприємстві необхідно вишукати будівельні матеріали, вибрати найбільше зручні місця для будівництва укриттів, зробити розрахунок потреби в матеріалах, робочій силі і транспорті, підготувати відділ капітального будівництва і ремонтно-будівельні організації до будівництва укриттів у найкоротший термін на випадок виникнення погрози нападу супротивника.

Згідно Положення про Цивільну оборону України (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 10 травня 1994 р. N 299) завданнями Цивільної оборони та заходами щодо їх реалізації є:

1. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і забезпечення зменшення збитків і витрат у разі стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів і великих пожеж.

З метою виконання завдання проводиться забезпечення працівників підприємств, установ і організацій індивідуальними засобами захисту,

а також ведеться будівництво захисних споруд відповідно до норм і правил інженерно-технічних заходів цивільної оборони. У разі коли підприємством, установою, організацією не здійснюються ці заходи або допускаються порушення в технологічному процесі, не дотримуються правила зберігання, транспортування, використання, знешкодження та захоронення сильнодіючих отруйних, радіоактивних і вибухових речовин, що може призвести до надзвичайної ситуації, штаби цивільної оборони вносять відповідним органам пропозиції щодо застосування до цього підприємства (установи, організації) відповідних санкцій, а також притягнення посадових осіб, винних у порушеннях, до відповідальності згідно з чинним законодавством.

Укриттям у сховищах повинна бути забезпечена найбільша працююча зміна підприємства, установи, організації, що продовжує свою виробничу діяльність у воєнний час, а також нетранспортабельні хворі в лікарнях, що розташовані в містах, віднесених до груп з цивільної оборони. Норма площі захисної споруди на одну особу та інші критерії визначаються будівельними нормами і правилами інженерно-технічних заходів цивільної оборони.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему контролю технологічних параметрів реактора для змішування в'язких компонентів лікувальних мазей та кремів.

В результаті розроблено цифровий пристрій з каналом керування, що автоматично контролює значення температури та формує інформаційні сигнали. Прилад дозволяє вимірювати температуру в діапазоні $0...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ з точністю до $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Впровадження даного пристрою як технічного засобу автоматизації призводить до підвищення якості та ефективності керування об'єктами управління, дозволяє звільнити обслуговуючий персонал від монотонної праці, і в кінцевому підсумку до зниження собівартості продукції.

References

Список літератури

1. Encyclopedia of Pharmaceutical Technology: 3-d Ed. / ed. by J. Swarbrick. – New York ; London : Informa Healthcare, 2007. – 4128 p.
2. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.
3. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
4. Допоміжні речовини у виробництві ліків : навч. посіб. для студ. вищ. фармац. навч. закл. / О. А. Рубан, І. М. Перцев, С. А. Куценко, Ю. С. Маслій ; за ред. І. М. Перцева. – Х. : Золоті сторінки, 2016. – 720 с.
5. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
6. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
7. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний

університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

8. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
9. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
10. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
11. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
12. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
13. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник/ І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо.–Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022.–324с.
14. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
15. Технологія ліків промислового виробництва / В. І. Чуєшов, Л. М. Хохлова, О. О. Ляпунова та ін.; За ред. В. І. Чуєшова — Х.: Вид-во НФаУ; Золоті сторінки, 2003. — 720 с.
16. Тихонов О. І. Аптечна технологія ліків / О. І. Тихонов, Т. Г. Ярних. — Вінниця: Нова книга, 2016. — 536 с.
17. Ясна Н.С. Аптечна та заводська технологія ліків: навчально-

методичний посібник для самостійної та аудиторної роботи здобувачів першого рівня вищої освіти за спеціальністю 226 Фармація, промислова фармація/ Н.С.Ясна - Чернігів: НУЧК, 2021. 73 с.