

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 16 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 71 друковану сторінку формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 22 рисунків та 4 таблиць з даними. Використано 18 літературних джерела.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання розробки автоматизованої системи намотування рухомого клейонкового матеріалу із врахуванням відносного видовження вимірювального матеріалу. Метою даної роботи являється зменшення втрат клейонкового матеріалу від неточності вимірювання та автоматизація процесу обробки даних, завдяки застосуванню програмованого логічного контролера TSX Micro 3710. Розроблено сучасну систему керування технологічним обладнанням, та інтерфейс зв'язку системи керування і технологічного обладнання.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1. Аналіз відомих методів намотування рухомого матеріалу .....	9
1.2. Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки.....	14
2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	15
2.1. Характеристика об'єкту керування, його призначення та умови роботи.....	15
2.2. Опис технологічного процесу намотування клейонки .....	15
2.3. Аналіз технологічного об'єкту з точки зору управління.....	20
2.4. Намотування та схема регулювання натягу клейонки.....	23
2.5. Розробка алгоритму і циклограми роботи.....	25
2.6. Опис конструкції клейонкопротяжного механізму.....	31
2.7. Розрахунки механізмів приводу .....	33
2.8. Розрахунок гальмівного механізму.....	40
2.9. Розрахунок похибок.....	43
2.10. Обґрунтування та вибір системи керування автоматизованою системою .....	46
2.11. Вибір технічних засобів для автоматизації технологічного процесу..	47
2.12. Розрахунок давачів.....	49
2.13. Розробка системи керування технологічним процесом.....	51
2.14. Розробка правил монтажу системи керування.....	54
3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	56

3.1.Розробка керуючих програм до системи керування технологічним обладнанням .....	56
3.2.Створення додатку для терміналу MAGELiS XBT-E013010 .....	56
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ .....	61
4.1.Аналіз і характеристика потенційних небезпек при роботі зі клейонкопротяжним механізмом .....	61
4.2.Порядок виконання основних заходів з реагування на загрозу та виникнення надзвичайної ситуації.....	65
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	76

## ВСТУП

Сьогодні, в таких галузях промисловості, як електротехнічна, приладобудівна, радіоелектронна, шинна, кабельна, виробництво засобів зв'язку, засобів автоматики і ін., широкий розвиток отримали обмотки, що виконують функцію готових і досить відповідних виробів, інакше кажучи – робочі обмотки. До їх числа відносяться обмотки електричних машин (електродвигунів і генераторів); електричні катушки, індуктивності, постійні резистори, потенціометри, трансформатори, дроселі, електромагніти, реле, реостати і т. п.; каркаси пневматичних шин, сопла реактивних двигунів, секції конденсаторів (паперових, плівкових, металопаперових) і т. п. В результаті цих обмоток різко ускладнилась їх конструкція. Допоміжні обмотки будь-якого типу завжди являються тілами обертання і форма витків у них завжди кільцева або еліптична (при хрестовій намотці). Робочі обмотки можуть бути прямокутними, фігурними, тороїдальними і т. п. зі складною фігурною формою витків. Крім цього, змінилися вимоги, представлені до обмоток.

Головними властивостями допоміжних обмоток являються компактність (ущільненість), добре і рівномірне змотування. Шари цих обмоток можуть складатися із окремих прошарків.

В робочих обмотках шар повинен складатися із послідовно (в строго заданому порядку) уложених витків, прошарки тут недопустимі. Особливе значення для робочих обмоток набуває високоточне формоутворення витків і шарів, однак при цьому добре змотування зовсім не потрібне. Вимоги, що різко підвищуються до точності намотування викликають гостру необхідність розумово проникнути в глибину багат шарової обмотки, дослідити закони її оптимального формоутворення.

Створення нових видів обмоток призвело до появи більш складних матеріалів для намотування, що мають слабку поверхню, тобто покритих невисохшими емульсіями, смолами, клеями, сирою резиною, електричною ізоляцією (поверхневими покриттями, які по міцності на стирання поступаються

основному матеріалу, наприклад, металу провода) і ін.

На відміну від простих (однорідних) матеріалів, ці нові матеріали не допускають натягування (при намотуванні) прямим гальмуванням (тобто за рахунок використання тертя ковзання по їх зовнішньому контуру), що суттєво впливає на технологію намотування, а головне, ускладнює конструкції робочих органів намотувальних верстатів.

В результаті пристрої і механізми, що застосовуються для отримання допоміжних обмоток, як правило, не можуть бути використані для намотування робочих обмоток, так як останнє значно складніше.

Будь-яка автоматизована намотка вимагає наявності:

- 1) механізму обертання витків кругом каркасу;
- 2) пристрою для натягу матеріалу, що намотується;
- 3) механізму пошарової розкладки витків.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз відомих методів намотування рухомого матеріалу

В різних галузях народного господарства дуже часто приходиться стикатися з необхідними вимірюваннями довжини рухомих деталей з феромагнітного матеріалу, таких як прокат, дріт, стрічка, лінійка, клейонка, труба і т. д. Використані для цього механічні вимірники дають велику похибку вимірювання

Нижче описано одне з можливих рішень цієї задачі за допомогою електронного блока з двома магнітними головками. Блок компактний вільний від недоліків механічним вимірником.

Розглянемо роботу установки на прикладі сталюго троса. При русі троса, подібно тому як на стрічку магнітофона, записуюча головка наносить магнітні мітки в вигляді вимірювані намагнітності від однієї полярності до другої.

В момент проходження магнітної мітки коло зчитуючої головки, в ній індуктується імпульс електричного струму. Полярність імпульса залежить від того в якому напрямі змінюється намагнічення в мітці. Ці імпульси обробляє електричний блок і підраховує електромагнітний лічильник. Довжина пройшовшого біля головки троса виявляється пропорційною числу міток, записаних лічильником, і відстанню між головками. Довжину  $L$  вибирають в залежності від того, яка точність вимірювання потрібна.

В зв'язку тим, що феромагнітний матеріал намагнічується до насичення немає необхідності встановлювати ще одну – стираючу головку. Записуюча головка не залежно від попереднього магнітного стану троса намагнічує ДЛТ 4.555.016-01; К2- РСС32, паспорт РФ4.500.341. Трансформатор Т1 може мати потужність в межах 30...40 Вт.

Конструкція магнітних головок може бути різною. Все залежить від того для якого вимірювання призначений пристрій.

Для виключення попадання мастила і грязі в магнітний зазор вставляють втулку з нержавіючої сталі.

Обмотка головки створена із двох секцій: 2000 витків троса ПВ4 0,12 а обмотка головки В2 100 витків троса ПЕВ 20,5.

Головку зчитування можна підключати через трансформатор, тоді відвід від середньої точки обмотки стане непотрібним.

Розглянемо спосіб намотування паковки з пряжею на прядильній машині і приспособлення для його здійснення, яке розробили італійці Маркьори Мирко, Лант Дені, Ланчерото Фабліо.

Дане приспособлення складається з: витяжного механізму, упаковки, веретена, нитко розкладника і втулки. Тут пряжа подається витяжним механізмом і намотується на обертаючу веретеном упаковку, розкладають пряжу вздовж упаковки шляхом обертово-поступального руху коаксіально їй розміщеного ниткорозкладчика, потім формують із пряжі підмот на втулці під паковкою. Це формування відбувається шляхом опускання набігаючої на паковку пряжі на рівень втулки і намотування на неї кількох витків пряжі.

Перевагою даного пристрою є те, що після завершення формування паковки зупиняють подачу пряжі витяжним пристроєм. А коли опускається набігаюча на паковку пряжа на рівень втулки, що дає можливість змотати витки пряжі з паковки шляхом її обретаючі в протележному напрямку і формують при цьому напрямку обретаючі паковки і з витків пряжі підмотки шляхом їх намотування на втулку. Цей прилад має недолік, що виявляється у тому, що набігаюча ділянка пряжі розміщується відносно нижнього торця втулки не рухомо.

Розглянемо ще один аналоговий пристрій який був розроблений у Невиномиській Камвольно – прядильній фабриці. Мотальний механізм кільцевої прядильної машини. Він складається з мотального ексцентрика, привідного валу,

катка, мотального важеля, блоків, черв'ячної передачі, розподільчого валу, кільцевої планки електродвигуна, храпового механізму.

Мотальний ексцентрик встановлений на привідному валі і має можливість притиску до каточка на мотальному ричазі, зв'язаний з блочками і черв'ячною передачею та з розподільчим валом, під'єднаним гнучкою тягою до кільцевої планки. Допоміжний електродвигун призначений для опускання підйому і встановлення в положення початку напрацювання зйому кільцевої планки. Електродвигун зв'язаний з храповим механізмом з валом черв'яка і засобом для управління електродвигуном, що має кулачок з вимикачем для відключення електродвигуна при установці кільцевої планки в нижнє положення початку напрацювання зйому.

Цей прилад має переваги, що полягають у наявності допоміжного ексцентрика закріпленого на привідному валу з кутовим зміщенням на 180° відносно мотального ексцентрика. При цьому кулачок для відключення електродвигуна зв'язаний з ричажною системою допоміжним ексцентриком і встановлений з можливістю вертикального переміщення. Вимикач, що розміщується на кільцевій планці може взаємодіяти із зв'язаним з допоміжним ексцентриком кулачком.

Пристрій для намотування паковки з пряжею на прядильній машині. Складається з витяжного пристрою, привідного веретена, держака паковки, ниткорозкладчика, кільця, торця, втулки.

Привідне веретено з держакон паковки розміщене коаксіально до веретена має можливість зворотно–поступального руху вздовж ниткорозкладчика. Кільце що закріплене на веретені під держакон паковки призначене для направлення пряжі і розміщене на оберненому до держака паковки торці з місцем для розміщення в ній нижнього кінця держака паковки, що має гострі краї, для відрізання пряжі. На веретені під кільцем розміщена втулка для підмоту.

Переваги даного приладу виявляються у тому, що втулка розміщена на веретені вільно і воно може реверсивно обертатися. Також є направляючий



стержень для зміщення вниз направляючої пряжі, він розміщений рядом з веретеном що дає можливість переміщатися паралельно його осі.

Пристрій для намотування рулонів із волокнистої стрічки. Складається із механізму формування рулонів, веретена, обмежувачів довжини рулонів. Даний пристрій переважає над іншими в тому, що кожен обмежувач довжини рулонів розміщений рухомо вздовж осі веретена і виготовлений у вигляді вертикальної пластини, верхня частина якої має шарнірне кріплення, а нижня оснащена роликком, що взаємодіє із засобом зворотньо- поступового руху веретена. А головна перевага виявляється у оснастці механізму формування рулонів засобом притиску стрічки.

Київський інститут легкої промисловості розробив механізм намотування полотна круглов'язальної машини. Його будова: ведучий валик, скало, рама і ланцюгова передача. Переважає над іншими аналогічними механізмами у тому, що має постійну силу за рахунок неї ведучий валик змонтований з можливістю повертання разом з нею кругом осі коливань рами. Рама додатково оснащена прижимним вантажем, встановленим в направляючих з можливістю переміщення вздовж рами.

Костромський лляний комбінат ім. І.Д. Зворикіна запатентував свій спосіб намотування лляної тканини на перфокатушку для слідуєщої їй мокрої обробки. Суху тканину складають в здовж катушки по гвинтовій лінії з кроком, що перевищує довжину осі еліпсоподібного поперечного перерізу зплющеної тканини на катушці.

Відрізняється від інших аналогових пристроїв тим, що з метою підвищення якості намотування, за рахунок підвищення точності кроку укладки тканини, крок  $h$  укладки сухої тканини визначають із залежності:

$$h = b \left( 1 + \frac{d_n - d_c}{d_c} \right),$$

де  $b$  – довжина осі еліпсоподібного поперечного перерізу сплющеної тканини на катушці, мм;

$d_c$  – середній діаметр сухої тканини, мм;

$d_n$  – середній діаметр тканини після набухання тканини при її мокрій обробці, мм.

Н.А. Фарбер, Я.Я. Фогельгезанг та А.П. Тюртю запатентували пристрій для намотування пильчатої стрічки на очісуючий барабанчик пневмопрядильної машини. Складається з стойків основи, вала, очісуючого барабанчика, закатуючого ролика допоміжного ролика, направляючого паза.

Допоміжний ролик встановлений перед закатуючим по напрямку переміщення пильчатої стрічки і з можливістю контакту з очісуючим барабанчиком. А його упорна для стрічки повернення направляючого пазу розміщена вище за зону контакту заочуючого ролика і очісуючого барабанчика. У даному пристрої засіб фіксації допоміжного ролика зроблений у вигляді ричага, розміщеного на валу.

Очісуючий барабанчик оснащений засобом фіксації, зробленого у вигляді зубчатого сектора встановленого на валу барабанчика з можливістю взаємодії з допоміжним роликом.

Перевага даного пристрою у тому, що заочуючий ролик підпружинений до поверхні очісуючого барабанчика.

Київський технологічний інститут легкої промисловості розробив механізм намотки полотна на кругловязальній машині [10]. Складається з намотувального валика, ланцюгової передачі товарного ролика і направляючих. Механізм характеризується стабілізованим натягом при намотуванні матеріалу на товарний валик, направляючі зроблені з криволінійним профілем, що дає змогу добре і надійно намотувати полотно на валик.

Пристрій для вимірювання довжини рухомого стрічкового матеріалу складається з мірного ролика, лічильника довжини, приймального стола, опереджуючого ролика, транспортуючого ролика, шарнірно-ричажним механізмом. Мірний ролик кінематично зв'язаний з лічильником довжини і

установлений під матеріалом на нахиленому приймальному столі між опереджуючим і транспортуючим роликами.

Перевагою даного пристрою є оснастка шарнірно важільним механізмом. Ліве плече першого ричага має контрольний щуп, що контактує з поверхнею рухомого матеріалу, а праве плече шарнірно зв'язане з лівим плечем другого ричага, праве плече якого оснащене контактним роликом, встановленим над мірильним роликом з зазором, рівним товщині рухомого матеріалу. Все це зроблено з метою підвищення точності вимірювання.

## **1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки**

Вибраний напрямок розробки забезпечує більш оптимальний режим намотування. Розроблена система управління намотуванням дозволяє:

- автоматично виконувати необхідні операції по намотуванню клейонки по заданій програмі без допомоги обслуговуючого персоналу, або по його команді;
- скоротити до мінімуму час на заміну бобіни;
- спростити обслуговування і виключити помилки в роботі системи;

В результаті роботи автоматизованої системи відбувається збільшення продуктивності клейонкопротяжного механізму.

Система призначена для використання в технологічних лініях чи ділянках з неперервною обробкою клейонкового матеріалу. Від існуючих вона відрізняється тим, що крім мірного ролика, система має пристрій по вимірюванню величини натягу матеріалу, що при відомій величині пружності матеріалу дозволяє враховувати величину витяжки матеріалу. Це робить її ефективнішою за інші аналогічні системи, тому що при вимірюванні зменшується кількість розривів клейонкового матеріалу і також зменшується похибка вимірювання.

## **2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА**

### **2.1 Характеристика об'єкту керування, його призначення та умови роботи**

Система для намотування рухомого клейонкового матеріалу із врахуванням відносного видовження відноситься до автоматизації технологічних процесів та може бути використана для автоматизації технологічного обладнання, яке безперервно виробляє або обробляє клейонкові матеріали із відомою пружністю.

Ціль впровадження даної системи – це зменшення похибки вимірювання, яка викликана витяжкою матеріалу на технологічних лініях або ділянках з безперервною обробкою.

Система призначена для контролювання довжини клейонки столової з полівінілхлоридним покриттям шириною 133 см .

Лавсан відноситься до складних насичених поліефірів. Він має хороші діелектричні властивості, хімічностійкий і теплостійкий.

Характеристика фізико–механічних властивостей лавсану приведена в таблиці 2.1.

### **2.2 Опис технологічного процесу намотування клейонки**

Система призначена для використання в технологічних лініях чи ділянках з неперервною обробкою клейонкового матеріалу. Від існуючих вона відрізняється тим, що, крім мірного ролика, система має пристрій по вимірюванню величини натягу матеріалу, що при відомій величині пружності матеріалу дозволяє враховувати величину витяжки матеріалу.

Таблиця 2.1 — Фізико-механічні властивості лавсану

№ П/П	ПОКАЗНИК	ПЛІВКА ЛАВСАНОВА $\gamma=1350 \text{ кг/м}^3$	ПЛІВКА ЛАВСАНОВА $\gamma=1380 \text{ кг/м}^3$
1.	Температура робоча, максимальна, °С	+120	+156
2.	Напруження тимчасового опору на розрив $\sigma_{\text{в}}$ , Мпа	60-80	—
3.	Питомий опір $\rho$ , Ом·см	$5 \cdot 10^{12}$	$10^{16}$
4.	Діелектрична проникливість $\epsilon$ , (при $f=10^6$ Гц)	3.0	3.1
5.	Тангенс кута втрат $\text{tg}\delta$ , (при $f=10^6$ Гц)	0.0013	0.0013
6.	Напруга пробою $E_{\text{пр}}$ , МВ/м	140	160

Система вимірювання довжини рухомого клейонкового матеріалу з врахуванням відносного видовження складається з таких основних блоків:

- механізм вимірювання зусилля натягу і відлікового механізму, що поєднані в один блок;
- механізм приводу;
- механізмів контролю натягу;
- блок задавача температури;
- гальмо;
- блок керування.

Конструктивно система зібрана на опорній плиті (рисунок 2.1). Вона складається з механізму вимірювання зусилля натягу і мірного механізму, що

поєднані в один блок, з механізму приводу, механізму транспортування, пристроїв контролю натягу і направляючих роликів.

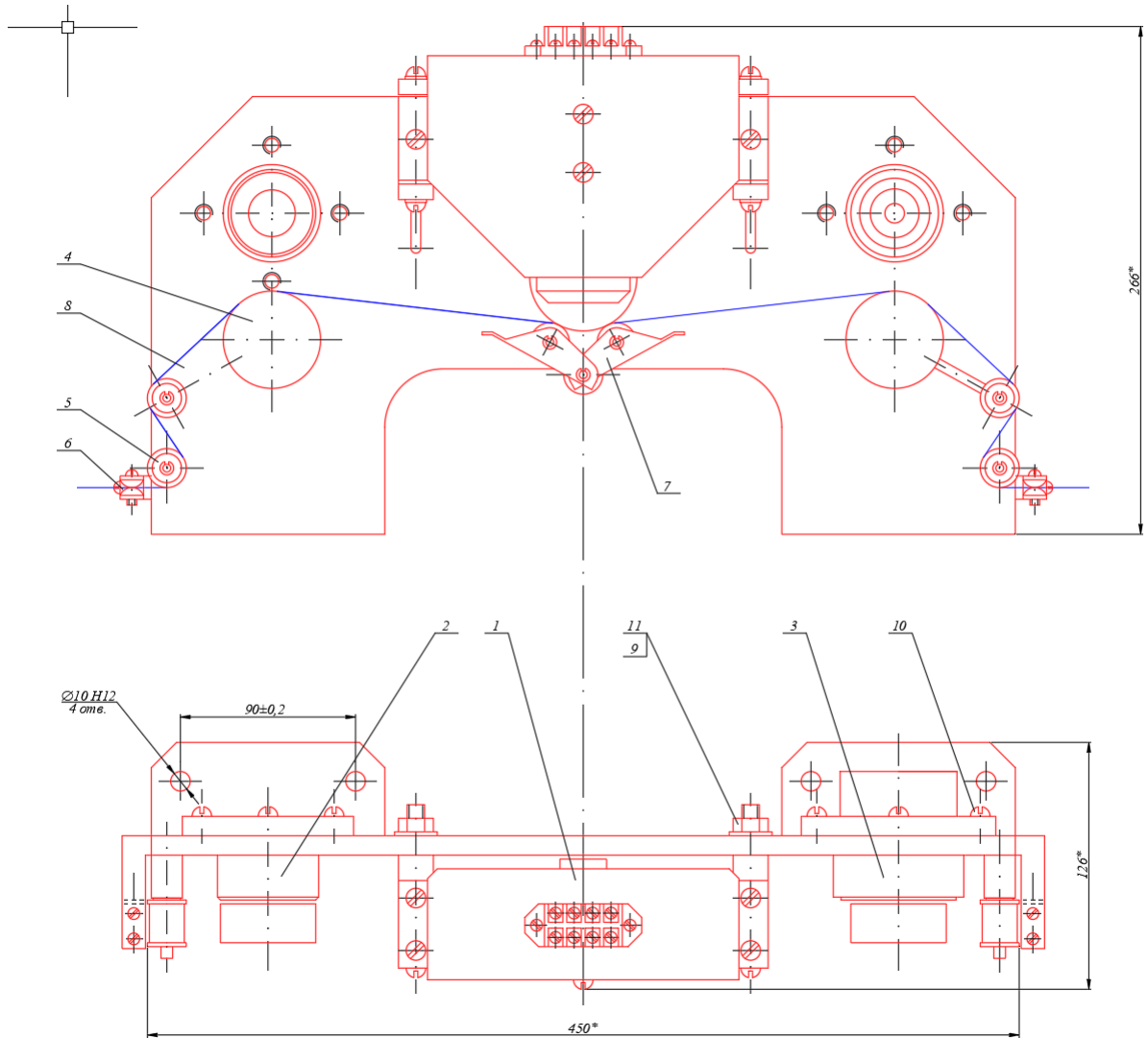


Рисунок 2.1. Складальне креслення установки

На рисунку 2.2 показано механізм вимірювання зусилля натягу. Конструктивно він являє собою тензометричний вимірювальний механізм на 4-ох плоских пружинах, пружини одночасно використовуються і як направляючий механізм. До рухомої частини тензометричного механізму приєднано вимірювальний ролик.

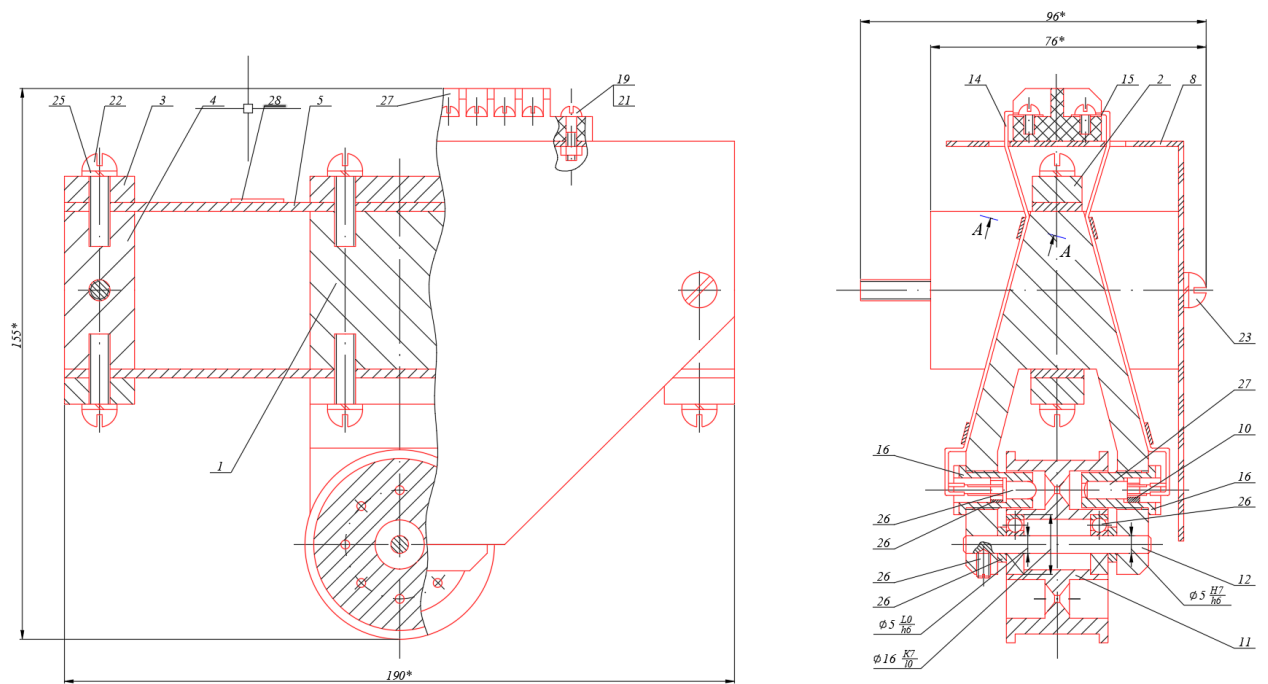


Рисунок 2.2. Складальне креслення відлікового вузла

У вимірному ролику є десять отворів, які розміщені рівномірно по колу. Вимірювання довжини клейонки відбувається через злічування кількості імпульсів, які поступили від оптопари, що керується отворами в мірному ролику.

Механізм приводу складається з двигуна постійного струму, редуктора хвильового та власне привідного ролика. Двигун постійного струму використано з метою регулювання швидкості протяжки клейонки.

Механізм приторможування виконаний у вигляді електро-механічного тормозу, що пригальмовує тормозний ролик.

Пристрої контролю натягу являють собою резистивні датчики, що визначають надмірний натяг клейонки чи, навпаки, послаблення або обрив.

Основою блоку керування є програмований логічний контролер TSX Micro 3710, який опитує стан здавачів, обробляє отриману інформацію та приймає адекватні рішення по управлінню роботою клейонкопротяжного механізму.

Сигнали з пристроїв контролю натягу і блоку задавача температури поступають на блок керування. На даному блоці сигнали, що обробляються,

подаються на механізми приводу, гальмо і механізм вимірювання зусилля натягу і відлікового механізму, що поєднані в один блок.

Робота системи починається з ввімкнення живлення схеми керування, з допомогою якої задаються параметри роботи системи (необхідна довжина клейонки). Далі вмикається джерело живлення приводу подачі клейонки. При ввімкненні приводу, необхідно переконатись у наявності клейонки у захоплювачі. Якщо клейонки немає, то необхідно вимкнути живлення і встановити клейонку в захоплювач.

Після запуску приводу перевіряється чи клейонка не провисає (тобто чи є необхідний натяг). Клейонка не повинна провисати і натяг повинен бути таким, щоб не відбулось розриву клейонки.

Якщо в системі виникає збій, причини якого вище перераховані, то систему необхідно зупинити і провести наладку.

При нормальній роботі системи, для визначення необхідної довжини клейонки, використовується відліковий барабан.

В барабані просвердлені отвори, підрахунком яких і визначається кількість обертів, які зробив барабан. Знаючи довжину зовнішнього ободу барабана, можна визначити довжину протягнутої через нього клейонки.

Відлік кількості обертів барабана проводиться при допомозі оптопари, сигнали з якої поступають на програмований логічний контролер TSX Micro 3710, який співставляє ці дані з даними від датчиків відносного видовження та температури.

При наявності на диску необхідної довжини клейонки, вмикається гальмо і проводиться відрізання клейонки. Після цього, гальмо вимикається і цикл повторюється заново.



## 2.3 Аналіз технологічного об'єкту з точки зору управління

Згідно з проведеним аналізом об'єкту керування і параметрами, які характеризують його роботу, постає задача розробки системи, що включатиме в себе як візуальний контроль, так і контроль за основним технологічним параметром, який безпосередньо пов'язаний з іншими показниками технологічного процесу, тобто довжини рухомого клейонкового матеріалу.

Для цього розробимо модель системи, виділимо ланки та зв'язки між ними. Вхідним сигналом, з яким порівнюють реальну довжину, є потрібна довжина.

Для автоматичного вимірювання значення довжини до потрібної застосовується програмований логічний контролер (ПЛК) TSX Micro 3710. На нього подаються аналогові сигнали. Інформація про довжину стрічки сприймається фотодавачем (Ф), підсилюється і подається на аналоговий вхід контролера. ПЛК формує і видає сигнали на електромагнітне гальмо (ЕГ) та на індикацію (І) і на електронні ключі на транзисторах, які вмикають електровимикачі дискових заслінок (ЕВ).

Таким чином, модель можна зобразити так (рис. 2.1):

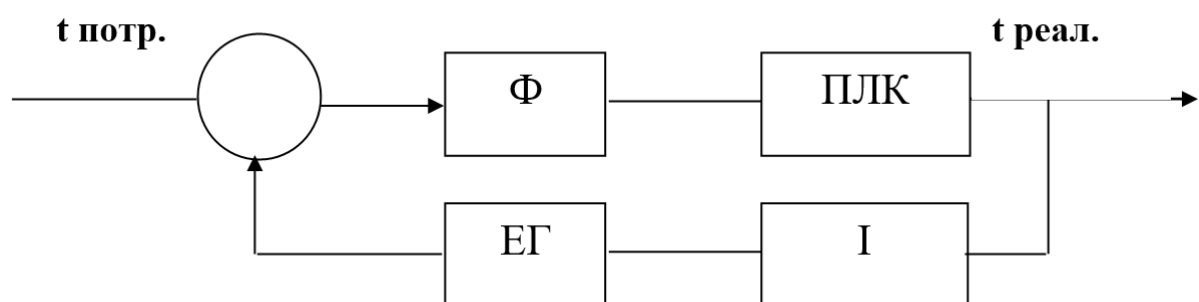


Рисунок 2.1. Блок–схема моделі системи керування

Для кожної ланки моделі характерні свої передаточні функції.

Розглянемо кожну ланку детальніше.

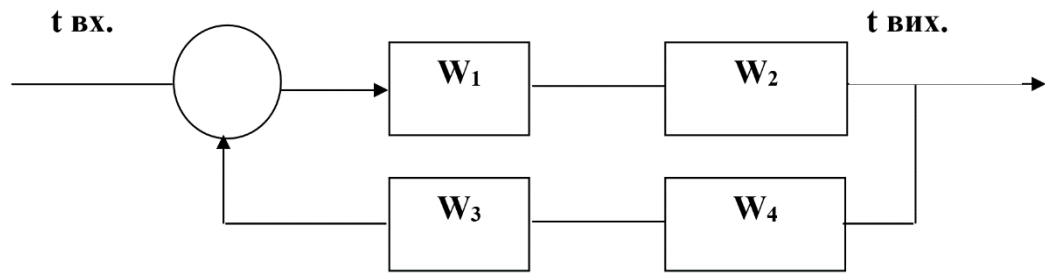
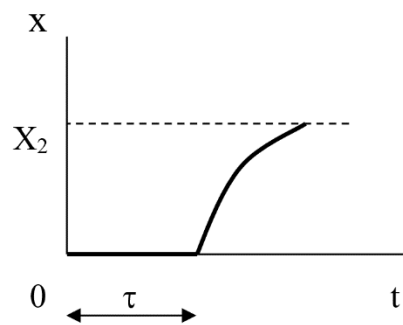


Рисунок 2.2. Передаточні функції ланок моделі

Ланки дешифратор  $\Phi$ , індикатор  $I$  і електровимикач  $EG$  розглянемо як запізнюючі ланки, для яких характерне рівняння з запізнюючим аргументом.

$$T+x_2(t) = k \cdot x_1 \cdot (t-\tau)$$

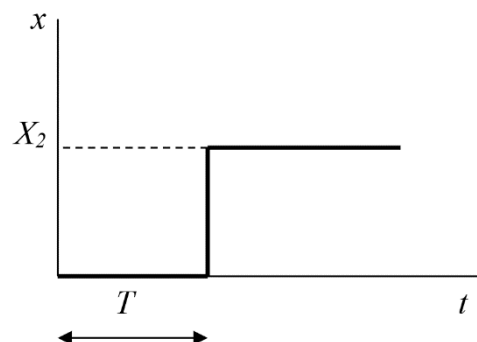
Тобто реакція ланки на одиничний скачок буде мати вигляд:



Структурну ланку з запізненням розділяють на звичайну ланку і елемент запізнення. Тоді загальна передаточна функція, згідно теореми запізнення операційного числення, буде

$$W = k \cdot e^{-Tp},$$

а графічно реакція буде мати вигляд:



Тоді передаточні функції ланок  $\Phi$ ,  $I$  і  $EG$  будуть відповідно:

$$W_1 = k_1 \cdot e^{-T p},$$

$$W_3 = k_3 \cdot e^{-T p},$$

$$W_4 = k_4 \cdot e^{-T p}.$$

Ланка МП є складнішою. Оскільки, ПЛК спочатку приймає сигнали, потім обчислює, а далі виконує їх, то ми можемо представити модель у вигляді трьох послідовно з'єднаних ланок: перша – ланка з запізненням, друга – рішаюча, яка являє собою звичайний підсилювач, третя – виконавча-інерційна. Тобто:

$$W_1' = k_1' \cdot e^{-T p},$$

$$W_2' = k_2',$$

$$W_3' = k_3' / (T_2 + 1).$$

Загальна передаточна функція такої моделі буде мати вигляд:

$$W(p) = W_1' \cdot W_2' \cdot W_3' = k \cdot e^{-T p} / (T_2 + 1),$$

де  $k = k_1' + k_2' + k_3'$  - коефіцієнти підсилення МП.

Відповідно до рис. 2.2 структурна схема управляючої моделі буде мати вигляд (рис. 2.3):

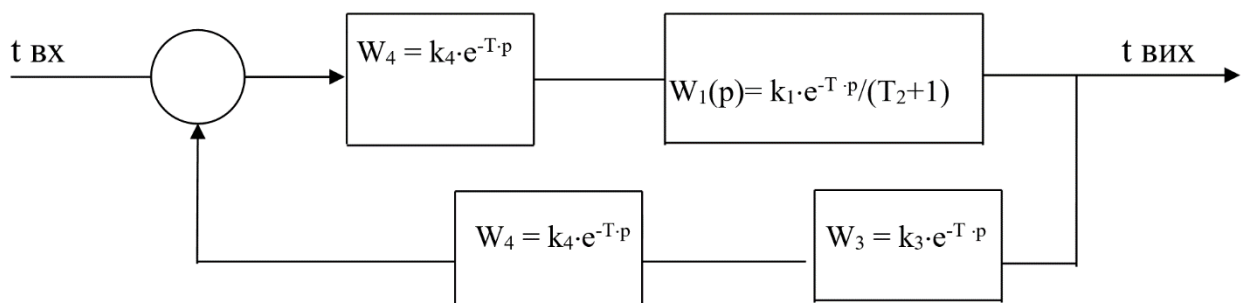


Рис. 2.3. Структурна схема управляючої моделі

Відповідно до рис. 2.3 передаточна функція розімкнутої системи буде мати вигляд:

$$W_p(p) = W_1 \cdot W_2 = k_1 \cdot k_2 \cdot e^{-p \cdot (T + T_2)} / (T_2 + p).$$

Для зворотного зв'язку отримаємо:

$$W_{зв} = W_3 \cdot W_4 = k_3 \cdot k_4 \cdot e^{-p \cdot (T + T_2)}.$$

## 2.4 Намотування та схема регулювання натягу клейонки

Намотування являє собою процес послідовного обертання каркасу (оправки, бобіни і т.д.) витками натягнутого (розтягуючого) матеріалу. Часто зустрічається вид намотування клейонки, при якій обертання витків кругом каркаса супроводжується їх послійною розкладкою по заданій схемі.

Елемент здійснення і регулювання натягу клейонки діє безпосередньо на ролик, через який проходить клейонка, шляхом пригальмовування ролика (зусиллям  $P$ , що здійснює гальмівний момент  $M_r$ ). Схему регулювання натягу клейонки показано на рис. 2.4.

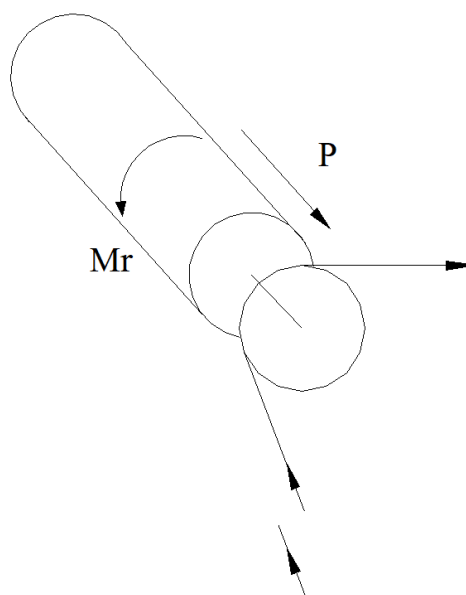


Рисунок 2.4 Схема регулювання натягу клейонки

Розрахунок моменту гальмування клейонки:

$$M_z = (D_p \cdot F_H) / 2$$

де,  $D_p$  – діаметр ролика,  $D_p = 50$  мм;

$F_H$  – сила натягу клейонки,  $F_H = 6$  Н;

$$M_z = (50 \times 6) / 2 = 150 \text{ Н} \times \text{мм}.$$

Для вивчення намотувальних процесів, визначення величини і характеру вимірювання натягу клейонки, а також для вивчення роботи елементів технологічних систем катушка – клейонка – ролик використовуються різні за конструкцією і технічними даними механічні, оптикомеханічні і електромеханічні пристрої. На практиці найбільш широкого застосування набули тензодавачі для вимірювання натягу.

В даному варіанті такий тензодавач і використовується.

#### 2.4.1 Розрахунок тензодавача

Схема для розрахунку тензодавача приведена на рисунку 2.5.

Опір всіх тензорезисторів  $R_0 = 700$  Ом; коефіцієнт термочутливості  $K = 2.2$ ; максимальна деформація - 0.2 %. Для тензорезисторів справедлива залежність:

$$R/R_0 = KE$$

Звідки

$$R = R_0 \times KE$$

$$R = 700 \times 2.2 \times 0.2 / 100 = 3.08 \text{ кОм}.$$

Для мостової схеми з чотирма активними резисторами

$$U_m = R \times U_{ж} / R = 3.08 \times 5 / 700 = 0.022 \text{ В}.$$

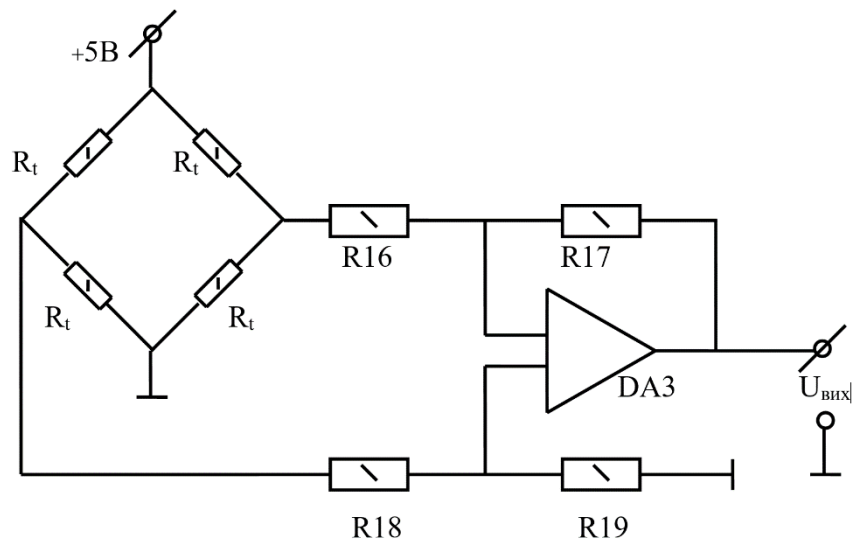


Рис 2.5. Схема для розрахунку тензодавача

$$K_u = U_{\text{вих}} / U_m = 10.5 / 0.022 = 447.27$$

Прийmemo  $K_u = 440$

Нехай  $R_{17} = R_{19} = 220 \text{ кОм}$ .

Тоді :

$$R_{16} = R_{18} = 220 \times 103 / 440 = 500 \text{ Ом}$$

#### 2.4.2 Розрахунок чутливості тензодавача

$$\gamma = (1 + 2K_m) + (\Delta P / P) / (\Delta L / L)$$

де  $K_m$  - коефіцієнт тензочутливості,  $K_m = 2.0 \square 2.2$ , приймаємо  $K_m = 2$ ;

$\Delta P$  – приріст питомого опору клейонки,  $\Delta P = 105 \text{ Ом}$ ;

$P$  - питомий опір стрічки,  $P = 100 \text{ Ом}$ ;

$\Delta L$  - приріст довжини клейонки при розтягуванні;

$L$  - довжина стрічки, що проходить за один оберт мірного ролика.

Обчислимо цю довжину

$$L = \pi \cdot D_p = 3.14 \cdot 50 = 157 \text{ мм.}$$

$$\Delta = L + (L \cdot \varepsilon), \quad \varepsilon = 0.5\%$$

$$\Delta L = 157 + 0.785 = 157.785 \text{ мм.}$$

Отже обчислимо чутливість тензодавача:

$$\gamma = (1 + 2 \times 2) + (105/100) / (157.785/157) = 6.045.$$

### 2.4.3 Розрахунок частоти коливань клейонки

Для більшості намотувальних процесів можна приблизно рахувати, що прикладена сила натягу має періодичний характер, тому елемент тензометричних приборів повинин мати власну частоту коливань, в 5 – 7 разів більшу за частоту вимушених коливань, що визначаються прикладеною силою натягу.

Частота вимушених коливань обчислюється за формулою:

$$K_{\text{вим.}} = \frac{16.6 \cdot V}{\pi \cdot D_p}$$

$V$  - швидкість обертання ролика;

$D_p$  - діаметр ролика.

$$K_{\text{вви}} = \frac{16 \cdot 6 \cdot 0,5}{3.14 \cdot 50} = 0,05 \text{ Гц}$$

### 2.4.4 Розрахунок міжвиткового тиску

$$q(R) = \frac{T_0}{B} \left\{ 1 - e^{-\sqrt{B} \frac{R-R_k}{R_k}} + \sqrt{B} \frac{\xi - 1}{\xi + \sqrt{B}} e^{-\sqrt{B} \frac{R-R_0}{R_0}} \right\}$$

$$B = \frac{\pi E}{4} \triangleright 1$$

$$\xi = \frac{4B}{\pi} \cdot \frac{E_{on}}{E} \cdot \frac{\delta_{on} h}{R_0}$$

де  $B$  – параметр, який може змінюватись від 20 до 200, прийmemo  $B = 20$ ;

$E_{on} \delta_{on}$  – модуль пружності і товщина оправки;

$h$  – крок намотки;

$R_0$  – радіус каркасу,  $R = 21,5$  мм;

Отже,

$$\xi = \frac{4 \cdot 20}{3.14} \cdot \frac{1.5 \cdot 10^3}{10^4} \cdot \frac{4 \cdot 1.57}{21.5} = 1.15$$

Звідси

$$\xi = 1.15 > 1.$$

В даному випадку оправка жорсткіша за шар клейонки, тому близько до оправки спостерігається збільшення тиску між шарами клейонки.

#### 2.4.5 Розрахунок продуктивності намотування

Продуктивність намотування клейонки на бобіни обчислюється за формулою

$$Q = \frac{1}{T_c},$$

де  $Q$  – циклова продуктивність намоточного станка;

$T_c$  – тривалість робочого циклу намоточного станка;

$$T_c = t_{в.н.} + t_{в.к.}$$

$t_{в.н.}$  – час затрачений для намотання даної кількості витків клейонки;



$$t_{в.н.} = \frac{n_{ог}}{L} = \frac{600}{175} = 3,43c$$

$t_{в.к.}$  – час затрачений на виконання переходів після закінчення намотування.

Обчислимо продуктивність:

$$Q = \frac{1}{20 + 3,43} = 0,02 \text{ шт} / c$$

Отже за одну секунду пристрій може намотати 0,02 бобіни.

## 2.5 Розробка алгоритму і циклограми роботи

На рисунку 2.6 показано блок-схему алгоритму роботи керуючої програми. Робота системи починається з ввімкнення живлення схеми керування, за допомогою якої задаються параметри роботи системи (необхідна довжина клейонки). Далі вмикається джерело живлення приводу подачі клейонки. При ввімкненні приводу, необхідно переконатись у наявності клейонки у захоплювачі. Якщо клейонки немає, то необхідно вимкнути живлення і встановити клейонку в захоплювач.

Після запуску приводу перевіряється чи клейонка не провисає (тобто чи є необхідний натяг). Клейонка не повинна провисати і натяг повинен бути таким, щоб не відбулось розриву клейонки. Якщо в системі виникає збій, причини якого вище перераховані, то систему необхідно зупинити і провести наладку.

При нормальній роботі системи, для визначення необхідної довжини клейонки, використовується відліковий барабан.

В барабані просверлені отвори, підрахунком яких і визначається кількість обертів, які зробив барабан. Знаючи довжину зовнішнього ободу барабана, можна визначити довжину протягнутої через нього клейонки.

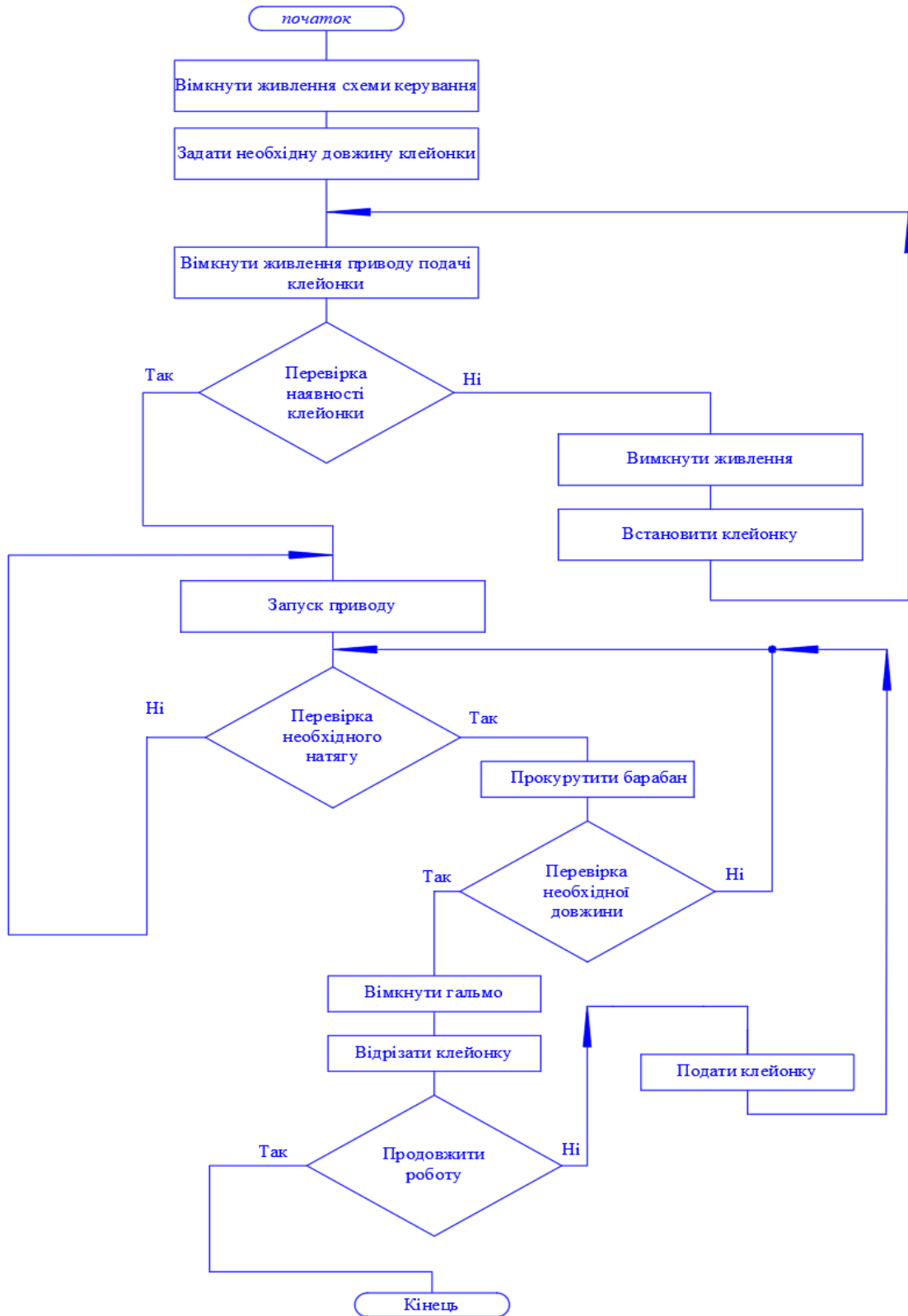


Рисунок 2.6. Блок-схема алгоритму роботи керуючої програми

Відлік кількості обертів барабана проводиться при допомозі оптопари, сигнали з якої поступають на програмований логічний контролер, який співставляє ці дані із даними з давачів відносного видовження та температури.

При наявності на диску необхідної довжини клейонки, вмикається гальмо і проводиться відрізання клейонки. Після цього, гальмо вимикається і цикл повторюється заново.

На рисунку 2.7 зображено циклограму роботи системи контролю довжини клейонки.

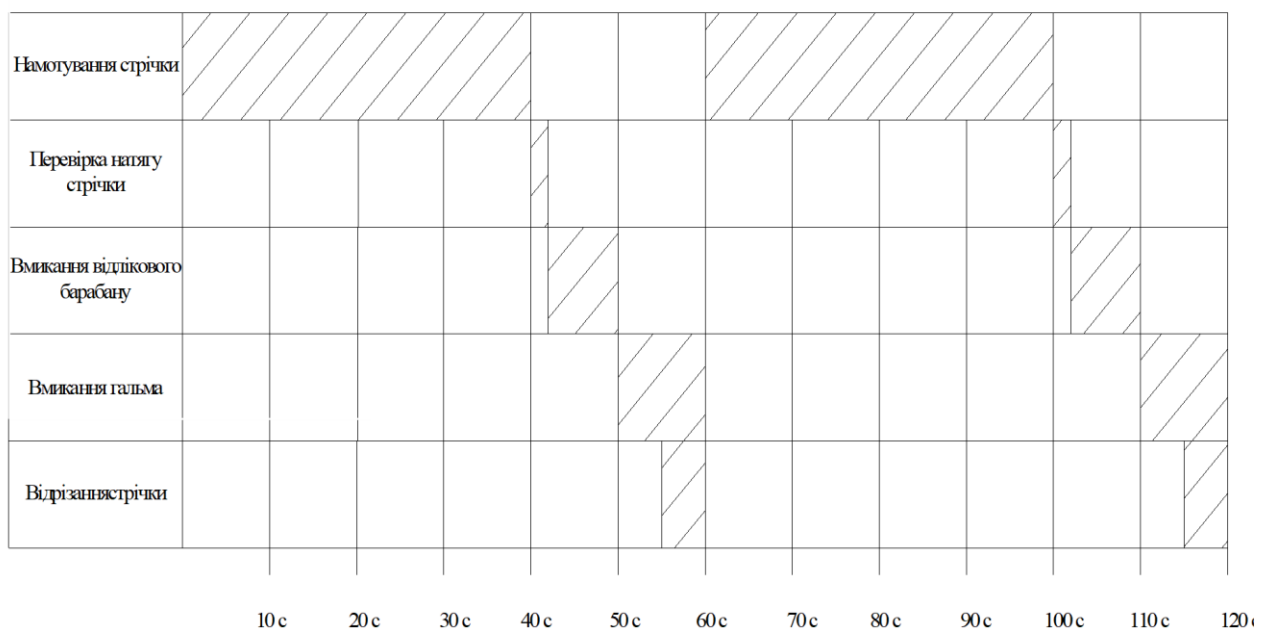


Рис. 2.7. Циклограма роботи системи контролю довжини клейонки

З рисунку видно, що намотування клейонки відбувається 38.2 секунди. Потім відбувається перевірка натягу клейонки тензометричним вимірювальним механізмом (2 с). Після того вмикається відліковий барабан, в якому просверлені отвори, підрахунком яких і визначається кількість обертів, які зробив барабан. Знаючи довжину зовнішнього ободу барабана, можна визначити довжину протягнутої через нього клейонки.

Тривалість циклу складає 58.2 с, з них 38.2 с затрачається на намотування даної кількості витків клейонки, а 20 с – на виконання переходів після закінчення намотування.

## 2.6 Опис конструкції клейонкопротяжного механізму

На рисунку 2.8 приведено функціональну схему, а на рисунку 2.9 – комбіновану структурну схему клейонкопротяжного механізму.

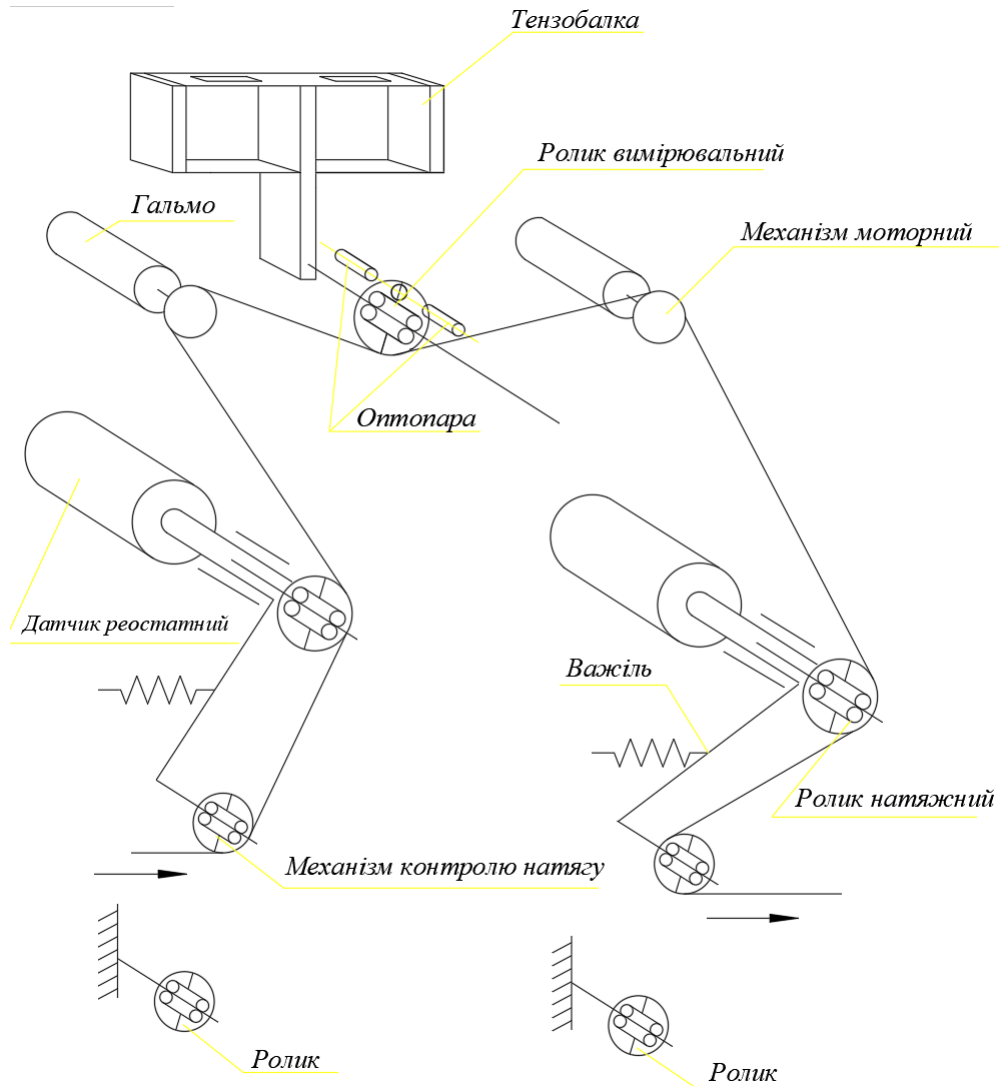


Рисунок 2.8. Функціональна схема клейонкопротяжного механізму

Прилад призначений для використання в технологічних лініях чи ділянках з неперервною обробкою стрічкового матеріалу. Від існуючих він відрізняється тим, що крім мірного ролика, прилад має пристрій по вимірюванню величини натягу матеріалу, що при відомій величині пружності матеріалу дозволяє враховувати величину витяжки матеріалу.



Рисунок 2.9. Структурна схема клейонкопротяжного механізму

Конструктивно прилад зібрано на опорній плиті. Він складається з механізму вимірювання зусилля натягу і мірного механізму, що поєднані в один блок, з механізму приводу, механізму транспортування, пристроїв контролю натягу і направляючих роликів.

Механізм вимірювання зусилля натягу конструктивно являє собою тензометричний вимірювальний механізм на 4-ох плоских пружинах, пружини одночасно використовуються і як направляючий механізм. До рухомої частини тензометричного механізму приєднано вимірювальний ролик.

У вимірювальному ролику є десять отворів, які розміщені рівномірно по колу. Вимірювання довжини клейонки відбувається через злічування кількості імпульсів які поступили від оптопари, що керується отворами в мірному ролику.

Механізм приводу складається з двигуна постійного струму, редуктора хвильового та власне привідного ролика. Двигун постійного струму використано з метою регулювання швидкості протяжки клейонки.

Механізм пригальмовування виконаний у вигляді електромеханічного гальма, що пригальмовує гальмівний ролик.

Пристрої контролю натягу являють собою резистивні давачі, що визначають надмірний натяг клейонки чи, навпаки, послаблення або обрив.

## 2.7. Розрахунки механізмів приводу

### 2.7.1 Розрахунок механізму приводу

Розрахунок механізму приводу виконано виходячи із слідуючих міркувань:

- зусилля натягу клейонки - 6Н;
- швидкість протягування - 0,5м/с;
- діаметр привідного ролика - 50мм;
- режим роботи - довготривалий, без реверсування;
- швидкість протягування - керована.

Попередньо виберемо двигун типу ДПР. Двигун являє собою дво полюсну машину постійного струму закритого виконання із збудженням від постійних магнітів, напруга живлення 27В. Номінальна частота обертання пдв = 6000 об/хв., строк служби - 500 год.

Момент на валу привідного ролика

$$M_p = (M_p \times F_n) / 2 ,$$

де  $D_p = 50$  мм - діаметр привідного ролика;

$F_n = 6$  Н - сила натягу клейонки

$$M_p = (50 \cdot 6) / 2 = 150 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Колова швидкість ролика при лінійній швидкості клейонки  $v = 0,5$  м/с.

$$\omega_p = v / \pi \cdot D_p = 0.5 \cdot 10^3 / 3.14 \cdot 50 = 0.318 \text{ c}^{-1}$$

Потужність на ролику

$$P_p = \omega_p \cdot M_p = 0.318 \cdot 150 = 47.7 \text{ Вт.}$$

### 2.7.2 Визначення потужності двигуна

Визначимо потужність двигуна, з урахуванням коефіцієнта корисної дії редуктора  $\eta_p = 0.7$ .

$$P_{\text{дв}} = P_p / \eta = 47.7 / 0.7 = 68.1 \text{ Вт.}$$

Прийmemo двигун ДПР - 72, з паспортною потужністю  $P_{\text{дв}} = 72$  Вт, моментом на валу  $M_{\text{дв}} = 40$  Н·мм, швидкість обертання  $n = 6000$  об/хв.

### 2.7.3 Розрахунок редуктора

Вихідні данні:

- момент на вихідному валу -  $M_p = 150$  Н·мм;
- колова швидкість вихідного валу -  $\omega_p = 0.318$   $\text{c}^{-1}$ ;
- швидкість обертання вала двигуна  $n = 6000$  об/хв.

Визначаємо передаточне відношення

$$i = \omega_{\text{дв}} / \omega_p = 6000 / 60 \cdot 0.18 = 263.$$

Для такого передаточного відношення вибираємо тип редуктора - одноступінчастий хвильовий.

Матеріал гнучкого колеса - сталь 30ХН3А

( $\delta_b = 900$  МПа;  $\delta_{-1} = 450$  МПа;  $\tau = 260$  МПа).

Передачу вибираємо двоххвильову. Для двоххвильової передачі  $n_w = 2$ . Коефіцієнт передачі  $k = 1$ .

Попереднє число зубів гнучкого колеса визначаємо по формулі:

$$Z'_2 = k \cdot n_w \cdot i = 1 \cdot 2 \cdot 263 = 526$$

Попереднє значення діаметра діляльного кола гнучкого колеса

$$d'_2 \geq 1.66 \cdot \sqrt[3]{M_p} = 1.66 \cdot \sqrt[3]{150} = 48.8 \text{ мм.}$$

Попереднє значення модуля

$$m' = d'_2 / Z_2 = 48.8 / 526 = 0.1$$

Прийmemo  $m' = 0.25$ .

Попереднє значення внутрішнього діаметра гнучкого колеса

$$D' = m' \cdot (Z_2 + 3.4) = 0.25 \cdot (526 + 3.4) = 64.7 \text{ мм.}$$

Приймаємо модуль  $m = 0.25$

Число зубів, при  $m=0.25$ , гнучкого колеса

$$Z_2 = D/m - 3.4 \approx 64.7/0.25 - 3.4 = 526$$

Число зубів жорсткого колеса при  $n_w = 2$  і  $k = 1$

$$Z_1 = Z_2 + k \cdot n_w = 526 + 1 \cdot 2 = 528.$$

Передаточне відношення при прийнятих кількостях зубів

$$i = Z_2 / (Z_1 - Z_2) = 526 / (528 - 526) = 263.$$

#### 2.7.4 Перевірочний розрахунок на міцність гнучкого колеса

Коефіцієнт запасу по нормальних напруженнях:

$$S_\delta = \delta_{-1} / (k_\delta \cdot \delta_a / \varepsilon_\delta \cdot \rho_\delta + 0.2 \delta_m) = 450 / (0.887 \cdot 198.64 / 1 \cdot 0.82 + 0.2 \cdot 70.56) = 1.96.$$

де  $\delta_{-1} = 450 \text{ МПа}$

$$k_\delta = 1 / (1 + A_\delta / \delta_{-1}) = 1 / (1 + 57.35 / 450) = 0.889$$

$$\delta_a = 0.35 \cdot \delta_n + 4.93 \cdot E_{hm} / \rho^2$$

$$\delta_a = 0.35 \cdot 185 + 4.932 \cdot 10^5 \cdot 2.83 \cdot 0.25 / (33.76)^2 \approx 198 \text{ МПа}$$

$$[S_\delta] = 1.5 \div 1.8; \quad S_\delta > [S_\delta]$$

Коефіцієнт запасу по дотичних напруженнях :

$$S_\tau = \tau / (K_\tau \cdot \tau_a / \varepsilon_\tau \cdot \rho_\tau + 0.1 \cdot \tau_m) = 260 / (1.55 \cdot 13.6 / 0.59 \cdot 0.82 + 0.1 \cdot 13.6) = 5.8.$$

де  $\tau_{-1} = 260 \text{ МПа}$ ;

$$k_\tau = 1.55.$$

По формулі



$$\tau_a = 0,1 \cdot (1 - R_\tau) \cdot T_2 / (h_o \cdot \rho_o^2) = 0,1 \cdot (1 - 0) \cdot 150 / 1,7 \cdot (33,2)^2 = 13,6 \text{ МПа}$$

$$h_o = 0,6 \cdot 2,83 = 1,7 \text{ мм}$$

$$\rho_o = (D + h_o) / 2 = (64,7 + 1,7) / 2 = 33,2$$

$$\varepsilon_\tau = 0,59; \rho_\tau = 0,82.$$

По формулі 6.30 [10]

$$\tau_m = (1 + R_\tau) \cdot \tau_a / (1 - R_\tau) = (1 + 0) \cdot 13,6 / (1 - 0) = 13,6 \text{ МПа}$$

Так як  $[S_\tau] = 1,5 \div 1,8$ , то умову  $S_\delta > [S_\delta]$  задоволено.

Коефіцієнт зміщення вихідного контуру по формулі 6.18 [10]:

гнучкого колеса:

$$X_2 = 3 + 0,01 \cdot Z_2 = 3 + 0,01 \cdot 526 = 8,26$$

жорсткого колеса:

$$X_1 = X_2 - 1 + K_w \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot K_w \cdot Z_2) = \\ 8,26 - 1 + 1,1 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1 \cdot 526) = 8,63$$

Параметри кола вершин зубів гнучкого колеса по формулі 6.19 [10]

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot (X_2 + K_F) \cdot m = 48,8 + 2 \cdot (8,26 + 0,1) \cdot 0,25 = 52,98,$$

де  $K_F = 0,1$  - коефіцієнт канавки зуба

Діаметр кола впадин гнучкого колеса по формулі 6.20 [1]

$$d_{f2} = d_2 + 2 \cdot (X_2 - h_{ao}^* - c^*) \cdot m = 48,8 + 2 \cdot (8,26 - 1 - 0,25) \cdot 0,25 = 52,64 \text{ мм.}$$

Діаметр кола вершин зубів жорсткого колеса по формулі 6.21 [1]

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (X_1 - h_{ao}^*) \cdot m = 0,25 \cdot 528 + 2 \cdot (8,63 - 1) \cdot 0,25 = 54,62 \text{ мм.}$$

Ширина зубчастого вінця гнучкого колеса

$$b_2 = d_2 \cdot \psi_{bd} = 48,8 \cdot 0,18 = 8,78 \text{ мм}$$

Приймаємо  $b_2 = 10 \text{ мм}$

Коефіцієнт ширини вінця  $\psi_{bd}$  вибираємо в діапазоні  $0,15 \div 0,25$ . Приймаємо  $\psi_{bd} = 0,18$ .

Уточнимо коефіцієнт корисної дії редуктора. По формулі

$$\eta = (1 - \psi) / (1 + i \cdot \psi) = (1 - 0,00137) / (1 + 263 \cdot 0,00137) \approx 0,734$$

Коефіцієнт  $\psi = 0,00137$  - згідно схеми передачі.

### 2.7.5 Розрахунок механізму відліку довжини клейонки та її натягу

Відлік довжини клейонки здійснюється злічуванням кількості імпульсів від мірного ролика. Злічування виконується оптопарою: фотодавач - світлодіод. Натяг клейонки вимірюється тензорезисторами, наклеєними на плоскі пружини. Схема механізму приведена на рисунку 2.10.

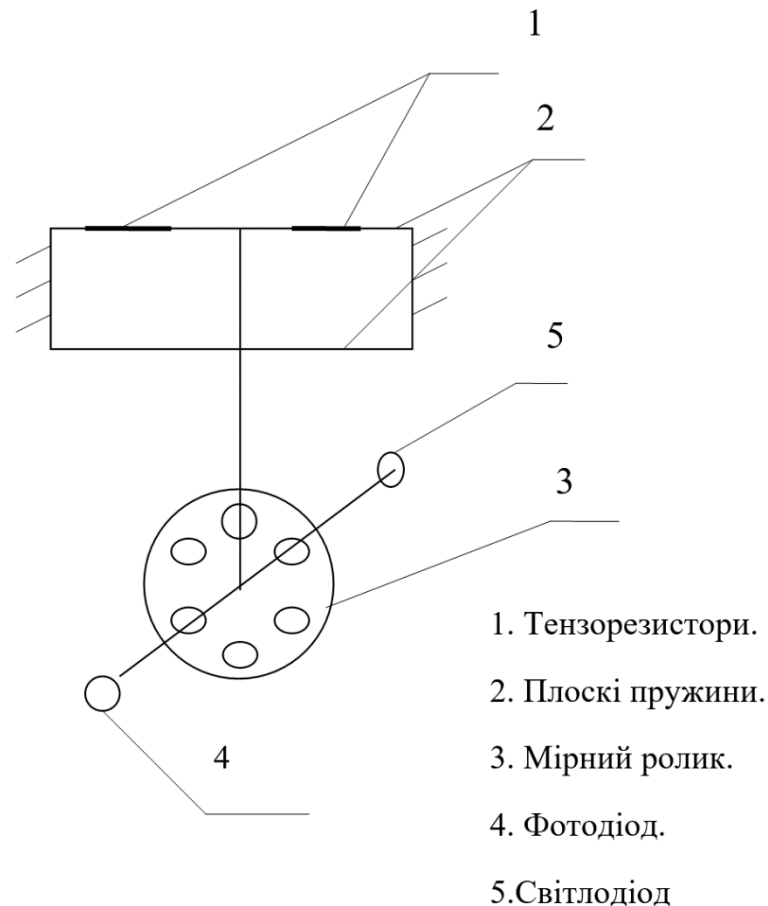


Рисунок 2.10.Схема механізму відліку довжини клейонки та її натягу.

### 2.7.6 Розрахунок пружного перетворювача

Складемо схему вимірювального вузла. Попередньо задамо типом пружин - плоскі, рівного січення.

Задаємо також типом тензорезисторів і їх базою. Вибираємо тензорезистори фольгові одноелементні з прямокутною решіткою, типу 2ФКПА. База тензорезисторів 10мм, коефіцієнт тензочутливості  $2.0 \div 2.2$ , найменший опір 100 Ом, гранична деформація  $\pm 0,5\%$ .

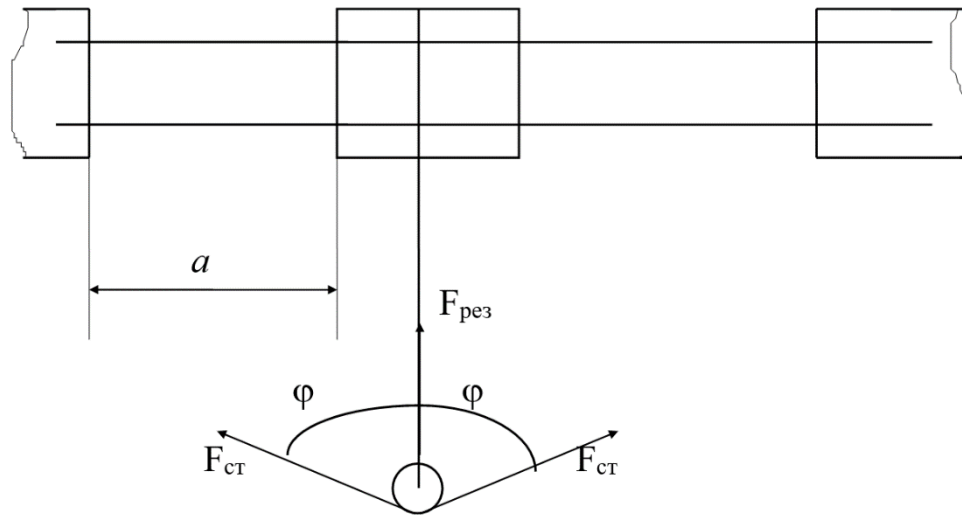


Рисунок 2.11. Схема для розрахунку пружного перетворювача.

Знаючи кути  $\varphi = 60^\circ$  та зусилля натягу клейонки  $F_{ст} = 6\text{Н}$ , визначимо результуюче зусилля, що діє на середній рухомий елемент пружини.

$$F_{рез} = 2 \cdot F_{ст} \cdot \cos\varphi = 2 \cdot a \cdot \cos 60^\circ = 6\text{Н}.$$

Виходячи з міркувань забезпечення мінімальної похибки вимірювальне зусилля задаємо, по можливості, більшим розміром  $a$  пружин. Згідно складального креслення  $a = 80\text{мм}$ . Знаючи максимально допустиме значення відносної деформації для тензорезистора  $\varepsilon = 0,5\%$ , визначимо геометричні розміри пружин.

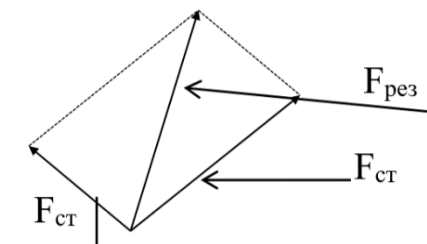


Рисунок 2.12. Схема для визначення результуючої сили.

Для консольної балки, защемленої двома кінцями, відносні деформації визначаються за формулою :

$$\varepsilon_x = 6 \cdot (1-x) \cdot F / E \cdot h^2 b,$$

де  $l = a/2 = 80/2 = 40$  мм - головна довжина пружини;

$$F = F_{\text{од}}/2,$$

де  $F_{\text{од}} = F_{\text{рез}}/4 = 6/4 = 1,5$  Н

$F = 1.5/2 = 0.75$  Н - зусилля, що діє на одну пружину. Максимальні деформації спостерігаються в точці защемлення, при  $X=0$ , в цьому випадку формулу можна записати у такому вигляді:

$$\varepsilon_{x \text{ max}} = 6 \cdot l \cdot F / E \cdot h^2 \cdot b,$$

де  $E = 205 \cdot 10^9$  Па - модуль пружності сталі 65Г.

При визначенні геометричних розмірів задамося значенням товщини пружини  $h$  із стандартного ряду;  $h = 0.5$  мм по ГОСТ 2283 - 79.

В такому випадку ширина пружини

$$b = 6 \cdot F \cdot l / \varepsilon_{x \text{ max}} \cdot E \cdot h^2$$

$$b = 6 \cdot 0.75 \cdot 40 \cdot 10^{-3} / 0.5 \cdot 10^{-2} \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 205 \cdot 10^9 = 14.02 \text{ мм.}$$

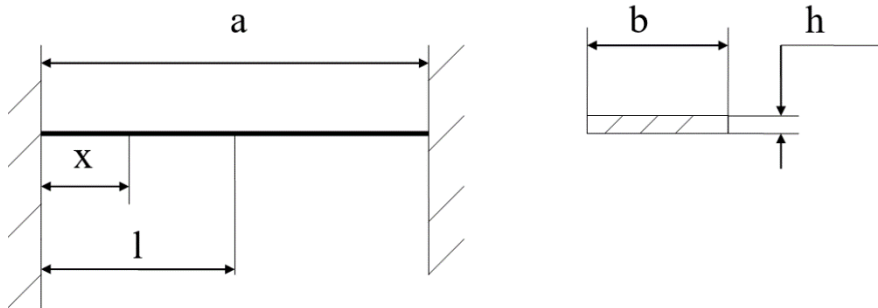


Рисунок 2.13. Схема для розрахунку геометричних розмірів пружини

### 2.7.7 Визначення конструктивного коефіцієнту чутливості

Визначимо конструктивний коефіцієнт чутливості пружного елемента з наклеєним тензодатчиком. Враховуючи, що цей коефіцієнт змінюється, в залежності від зони використання пружного елемента, від 6 до 3 лінійно визначимо коефіцієнт чутливості через базу тензорезистора і довжину пружного елемента.

При  $X_{\delta}/l = 10/40 = 0.25$  коефіцієнт  $B_{\delta} = 6 - X_{\delta} \cdot 3/l = 6 - 0.25 \cdot 3 = 5.25$

З урахуванням коефіцієнту чутливості визначимо відносну зміну опору тензорезистора

$$\varepsilon R = B_{\delta} \cdot K_T \cdot \varepsilon l \cdot n ,$$

де  $B_{\delta} = 5,25$  - коефіцієнт чутливості, з урахуванням бази тензорезистора

$K_T = 2 \div 2,2$  - коефіцієнт тензочутливості

$\varepsilon l = 0,5\%$  - допустимі лінійні деформації

$n = 1$  - кількість робочих тензорезисторів.

При  $K_T = 2$ :

$$\varepsilon R = 5.25 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 0.525$$

При  $K_T = 2,2$ :

$$\varepsilon R = 5.25 \cdot 2.2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 0.577$$

Відносна похибка

$$\varepsilon_{\varepsilon R} = (0.577 - 0.5225) / 0.525 = 0.1 = 10\% .$$

Очевидно, що доцільно проводити торирування силовимірного механізму для зменшення похибки.

## 2.8 Розрахунок гальмівного механізму

На рисунку 2.14 показано складальне креслення гальмівного механізму.

Згідно завдання, натяг клейонки повинен бути в межах від 0 до 6Н. Визначимо необхідне зусилля електромагніту, якщо діаметр ролика підгальмовування  $D_p = 50\text{мм}$  (рис. 2.15).

Максимальний гальмівний момент

$$M_{\text{тр}} = D_p \cdot F_H / 2 = 50 \cdot 6 / 2 = 150 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

При використанні гальмівних дисків з фрикційними накладками коефіцієнт тертя  $f_T = 0.15$ .

Діаметр гальмівних дисків  $D_d = 28\text{мм}$ .

Діаметр валу, на який посаджено диски  $d_d = 12\text{мм}$ .

Визначимо середній діаметр тертя

$$d_{cp} = (D_d + d_d)/2 = (28+12)/2 = 20\text{мм.}$$

Визначимо необхідне зусилля прижиму півмуфта:

$$M_{тр} = f_r \cdot Q \cdot R_{cp}$$

звідки

$$Q = M_{тр}/f_r \cdot R_{cp} = 2 \cdot 150/0.15 \cdot 20 = 20\text{Н.}$$

Отже, необхідне зусилля електромагніту:

$$F_{сл} = Q = 20\text{Н.}$$

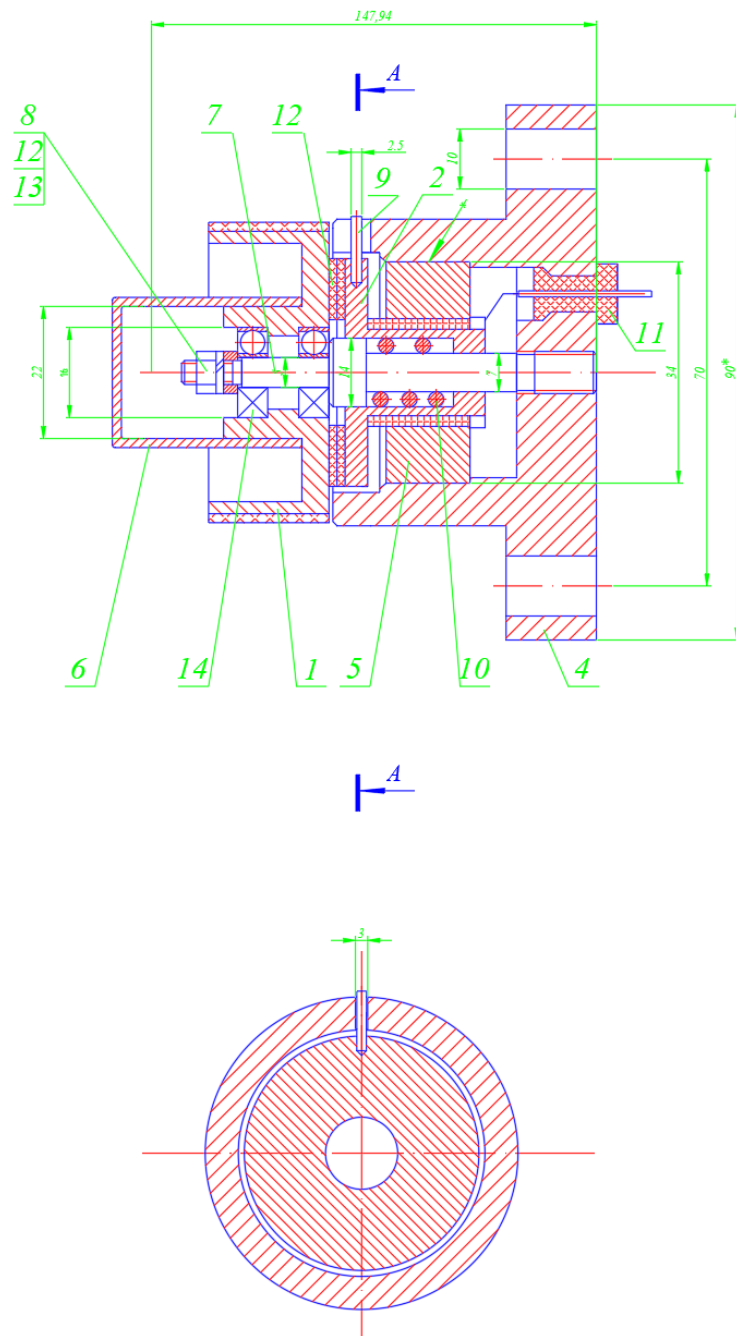


Рисунок 2.14. Складальне креслення гальмівного механізму

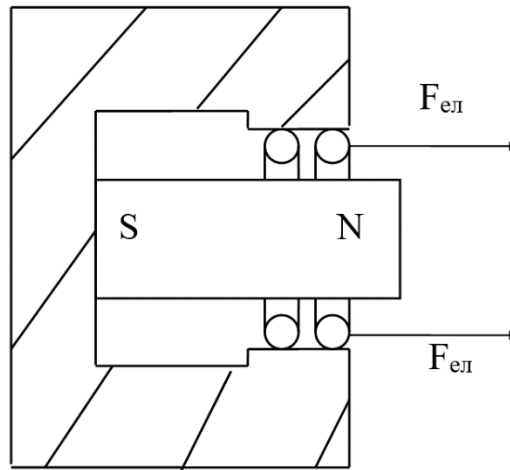


Рисунок 2.15. Схема розрахунку електромагніту

Магнітоелектричні зворотні перетворювачі мають лінійну залежність сили від струму, мінімальні похибки в порівнянні з іншими перетворювачами ( $\gamma = 0.02 \div 0.05\%$ ), при невеликій масі створюють значні зусилля. При цьому перегрів котушок не перевищує  $\delta_{гр}$ ,

Принцип дії магнітоелектричного перетворювача зрозумілий з рисунка 2.15. Сила взаємодії електричного струму  $I$ , що протікає по котушці, з полем постійного магніту визначається формулою:

$$F_{ел} = \beta \cdot I; \quad \beta = B \cdot l \cdot \omega,$$

де  $B$  - індукція в зазорі;

$l$  - середня довжина витка в котушці;

$\omega$  - число витків в котушці

Задаємося максимальним значенням магнітної індукції  $B = 1.4 \text{ Тл}$  та значенням струму  $I_k = 0.5 \text{ А}$ . Значення струму вибираємо виходячи з допустимого струму схеми керування. Визначимо число витків котушки керування.

При струмі  $I_k = 5 \text{ А}$  та допустимій густині струму  $i_{доп} = 3 \text{ А/мм}^2$  необхідний діаметр дроту:

$$d_{мін} = \sqrt{4 \cdot I_k / \pi \cdot i_{доп}} = \sqrt{4 \cdot 5 / 3.14 \cdot 3} = 1.456 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 7262 - 78 вибираємо провід ПЭЛШО - 1 з діаметром міді  $d = 1.5\text{мм}$ . Діаметр дроту з ізоляцією  $d_{\text{др}} = 1.56\text{мм}$ .

Визначимо середню довжину витка. Діаметр каркасу  $D_k = 14\text{мм}$ .

Середня довжина витка:

$$l = \pi \cdot ((D_k + d_{\text{др}}) / 2) = 3.14 \cdot ((14 + 1.56) / 2) = 24.3\text{мм}.$$

Кількість витків:

$$F_{\text{ел}} = B \cdot l \cdot \omega \cdot I$$

$$\omega = F_{\text{ел}} / B \cdot l \cdot I = 20 \cdot 10^2 / 1.4 \cdot 24.3 \cdot 5 = 11.7 \text{ витка} \approx 12 \text{ витків}.$$

Довжина каркасу з урахуванням коефіцієнту укладки

$$L_k = \omega \cdot d_{\text{др}} \cdot k = 12 \cdot 1.56 \cdot 1.2 = 22.5\text{мм},$$

де  $k = 1.2$  - коефіцієнт укладки.

Визначимо активний опір котушки:

$$R_k = \rho_k \cdot l_{\text{п}} / S_{\text{п}},$$

де  $l_{\text{п}} = l_c \cdot \omega = 24.3 \cdot 12 = 291.6 \text{ мм}$  - довжина дроту котушки керування

Площа поперечного перерізу дроту:

$$S_{\text{п}} = \pi \cdot d^2 / 4 = 3.14 \cdot 1.5^2 / 4 = 1.767\text{мм}^2$$

$$\rho_k = 0.017\text{мкОм} \cdot \text{м} - \text{питомий опір міді}.$$

$$R_k = 0.017 \cdot 291.6 / 1.767 \cdot 10^{-6} = 0.28 \text{ Ом}.$$

Напруга джерела живлення

$$U_{\text{ж}} = I \cdot R = 5 \cdot 0.28 = 1.4\text{В}.$$

Активна потужність, що споживається котушкою керування:

$$N_k = U \cdot I = 1.4 \cdot 5 = 7 \text{ Вт}.$$

## 2.9. Розрахунок похибок

Похибка відліку довжини клейонки складатиметься з похибок неточності відліку зусилля натягу, від похибки власне відліку довжини та від похибок, які викликані зміною механічних властивостей матеріалу клейонки від температури, від неточностей геометричних розмірів, від коливань модуля пружності.



Похибка відліку зусилля натягу, при умові попередньої торировки пристрою, буде визначатись повзучістю тензорезисторів та температурними похибками.

### Похибка від повзучості

Повзучість для даного типу тензорезисторів складає 0,5% за годину.

Максимальне значення похибки визначають за 6 годин, адже за 6 годин похибка становить  $\delta_{\text{п}} = 6 \cdot 0,5 = 3\%$ .

В перерахунку на вимірювальне зусилля:

$$\Delta F_{\text{п}} = F \cdot \delta / 100 = 6 \cdot 3 / 100 = 0.18 \text{ Н.}$$

Похибка тензорезистивного датчика від коливань температури:

$$\Delta R_{\text{T}} = R[\alpha + K_{\text{T}}(\beta_{\text{д}} - \beta_{\text{п}})].$$

При  $R = 100 \text{ Ом}$ ,  $K_{\text{T}} = 2$ ,  $\alpha = 22 \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$  - температурний коефіцієнт опору матеріалу тензорезистора,

$\beta_{\text{д}} = 11.1 \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$  - температурний коефіцієнт розширення матеріалу пружин,

$\beta_{\text{п}} = 14.2 \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$  - температурний коефіцієнт розширення матеріалу тензорезистора.

Отже:

$$\begin{aligned} \Delta R_{\text{T}} &= R[\alpha + K_{\text{T}}(\beta_{\text{д}} - \beta_{\text{п}})] = \\ &= 100 \cdot [22 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot (11.1 - 14.2) \cdot 10^{-6}] = 2.82 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Відносна зміна отвору викликана температурною похибкою.

$$\varepsilon R_{\text{T}} = \Delta R / R = 2.82 \cdot 10^{-3} / 100 = 2.82 \cdot 10^{-5}$$

Визначимо “уявну деформацію”, що відповідає такій відносній зміні опору.

$$\varepsilon R_{\text{T}} = B_{\delta} \cdot K_{\text{T}} \cdot \varepsilon l \cdot n,$$

де  $B_{\delta} = 5.25$  - конструктивний коефіцієнт чутливості,

$K_{\text{T}} = 2$  - коефіцієнт тензочутливості,

$n = 1$  - кількість активних тензорезисторів.

$$\varepsilon l = \varepsilon R_{\text{T}} / B_{\delta} \cdot K_{\text{T}} \cdot n = 2.82 \cdot 10^{-5} / 5.25 \cdot 2 \cdot 1 = 2.68 \cdot 10^{-6}$$

**Похибка вимірювального зусилля, що відповідає такій відносній “уявній деформації”**

$$\Delta F = E \cdot h^2 \cdot b \cdot \varepsilon l_T / 6 \cdot l$$

$E = 205 \cdot 10^9$  - модуль пружності матеріалу пружини

$h = 0.5$  мм - товщина пружин

$b = 14.02$  мм - ширина пружин

$l = 40$  мм - довжина пружин

$$\Delta F = 205 \cdot 10^9 \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2.68 \cdot 10^{-6} / 6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0.57 \text{ Н.}$$

Сумарна похибка силовимірного механізму:

$$\Delta F = \Delta F_n + \Delta F_T = 0.18 + 0.57 = 0.75 \text{ Н}$$

що складає

$$\varepsilon F = \Delta F / F_{\max} = 0.75 / 6 = 0.125.$$

### **Похибка відліку довжини клейонки**

Визначимо із слідуєчої схеми

$$\Delta L = \Delta l_o + \Delta l_n.$$

Похибка від неточності відліку. Параметр мірного ролика.

$$P = \pi \cdot D_p = 3.14 \cdot 25 = 78.5 \text{ мм.}$$

При кількості отворів в ролику  $n=10$ , дискретність відліку складає:

$$\Delta P = P/n = 78.5/10 = 7.85 \text{ мм.}$$

Діаметр розміщення  $d_p = 18$  мм, діаметр отворів  $d_o = 1,5$  мм.

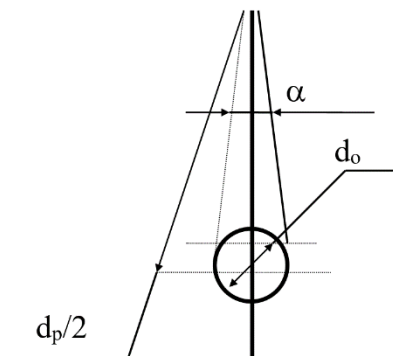


Рисунок 2.16. Кутовий сектор отвору.

Кутовий сектор, зайнятий отвором

$$\alpha = 2 \cdot \arctg(d_o/2/2 \cdot d_p) = 2 \cdot \arctg 0,083 = 4,76^\circ$$

На діаметрі мірного ролика  $D_p = 25\text{мм}$  похибка становитиме:

$$\Delta l_o = (4,76/360) \cdot \alpha \cdot P/2 \cdot \pi = 4,76/360 \cdot 78,5 = 1,03\text{мм}$$

**Похибка, викликана неточністю виготовлення ролика.**

При виготовленні зовнішнього діаметра ролика з відхиленням по  $h7$ , похибка діаметру становитиме:

$$\Delta D_p = T_p, \text{ де } T_p = 25\text{мкм} - \text{допуск на розмір}$$

$$D'_p = D_p - T_p = 25 - 0,025 = 24,975 \text{ мм}$$

$$P' = \pi \cdot D'_p = 3,14 \cdot 24,975 = 78,46\text{мм}$$

$$\Delta P = P - P' = 78,5 - 78,46 = 0,04\text{мм}$$

При 10-ти отворах похибка відліку становитиме:

$$\Delta l_p = \Delta P / 10 = 0,04/10 = 0,004\text{мм}$$

Сумарна похибка відліку:

$$\Delta L = \Delta l_o + \Delta l_p = 1,03 + 0,004 = 1,034\text{мм}$$

## 2.10. Обґрунтування та вибір системи керування автоматизованою системою

Система керування складається з:

- програмованого логічного контролера TSX Micro 3710;
- двох давачів натягу клейонки;
- давача температури;
- давача видовження клейонки;
  - підсилювач потужності електромагнітного гальма;
  - підсилювач потужності двигуна.

Основою системи керування є програмований логічний контролер TSX Micro 3710, який опитує стан давачів обробки отриманої інформації, прийняття

адекватних рішень по управлінню роботою клейонкопротяжного механізму та відображення поточної інформації на індикатори.

З метою зменшення апаратних затрат застосоване послідовне опитування давачів. Сигнали з аналогових давачів поступають на аналогові входи ПЛК. Інформація про довжину та натяг клейонки, а також температуру обробляється в програмованому логічному контролері і на її основі через виходи контролера здійснюється керування електромагнітним гальмом та двигуном постійного струму.

Давачі натягу являють собою резистивні давачі положення. Давачі ввімкнено по схемі подільника напруги. Вихідний сигнал пропорційний положенню бігунка і лежить в межах від 0 до 6 В.

Давачем температури служить терморезистор, який встановлено безпосередньо на двигуні. Він включений в одне із плеч вимірювального моста.

Давач видовження клейонки являє собою тензоміст.

Для підсилення сигналу на включення двигуна М використовується електронний ключ на транзисторах.

## **2.11. Вибір технічних засобів для автоматизації технологічного процесу**

Система призначена для використання в технологічних лініях чи у частках з неперервною обробкою клейонки. Від існуючих вона відрізняється тим, що, крім мірного ролика, система має пристрій по вимірюванню величини натягу матеріалу, що при відомій величині пружності матеріалу дозволяє враховувати величину витяжки матеріалу.

Конструктивно система зібрана на опорній плиті. Вона складається з механізму вимірювання зусилля натягу і мірного механізму, що поєднані в один

блок, з механізму приводу, механізму транспортування, пристроїв контролю натягу і направляючих роликів.

Механізм вимірювання зусилля натягу конструктивно являє собою тензометричний вимірювальний механізм на 4-ох плоских пружинах, пружини одночасно використовуються і як направляючий механізм. До рухомої частини тензометричного механізму приєднано вимірювальний ролик.

#### **Параметри тензодавача:**

1. Чутливість тензодавача – 6.045.
2. Коефіцієнт термочутливості – 2.2.
3. Максимальна деформація – 0.2%.
4. Відносна похибка терморезисторів -  $\pm 0.001\%$ .

У вимірювальному ролику є десять отворів, які розміщені рівномірно по колу. Вимірювання довжини клейонки відбувається через злічування кількості імпульсів, які поступили від оптопари, що керується отворами в мірному ролику.

Механізм приводу складається з двигуна постійного струму, хвильового редуктора та власне привідного ролика. Двигун постійного струму використано з метою регулювання швидкості протягування клейонки.

Використано двигун постійного струму ДПР – 72, з паспортною потужністю 72 Вт, моментом на валу – 40 Н·мм, швидкість обертання 6000 об/хв. Строк служби двигуна – 500 год.

#### **Параметри привідного ролика:**

Момент на валу привідного ролика 150 Н·мм;

Діаметр – 50 мм;

Колова швидкість при швидкості клейонки 0,5 м/с – 0,318 с<sup>-1</sup>;

Потужність на ролику – 47,7Вт.

Механізм приторможування виконаний у вигляді електромеханічного гальма, що пригальмовує гальмівний ролик.

#### **Параметри електромеханічного гальма**

Максимальний гальмівний момент – 150 Н·мм;

Діаметр гальмівних дисків – 28 мм;

Коефіцієнт тертя – 0,15;

Зусилля натягу – 20 Н.

Пристрої контролю натягу являють собою резистивні давачі, що визначають надмірний натяг клейонки чи, навпаки, послаблення або обрив.

### Параметри резистивних давачів:

Напруга живлення – 5 В;

Спад напруги на реостаті 1,25 В;

Коефіцієнт підсилення – 8.

## 2.12. Розрахунок давачів

### Розрахунок резистивного давача

Схема розрахунку приведена на рисунку 2.17.

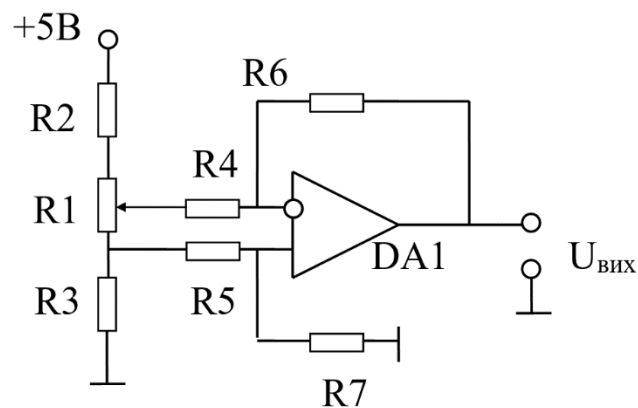


Рисунок 2.17. Схема розрахунку резистивного давача

Спад напруги на R1 розраховується за формулою

$$U_{R1} = I \cdot R1$$

де  $I = U_{ж} / (R1 + R2 + R3)$

Отже,

$$U_{R1} = U_{ж} \cdot R1 / (R1 + R2 + R3) = 5 \cdot 10^3 / (1 \cdot 10^3 + 1.5 \cdot 10^3 + 1.5 \cdot 10^3) = 1.25 \text{ В}$$

Коефіцієнт підсилення  $K_u$  DA1 розраховується за формулою

$$K_u = -R6 / R4 = -R / R5$$

Отже,

$$K_u = U_{\text{вих}}^{\text{max}} / U_{R1}^{\text{max}} = 10.5/1.25 = 8.4.$$

Приймаємо  $K_u=8$ .

Нехай  $R_6=R_7=10$  кОм. Тоді  $R_4=R_5=R_6/ K_u=10 \cdot 10^3/8=1.25$  кОм

### Розрахунок термодавача

Схема розрахунку приведена на рисунку 2.18.

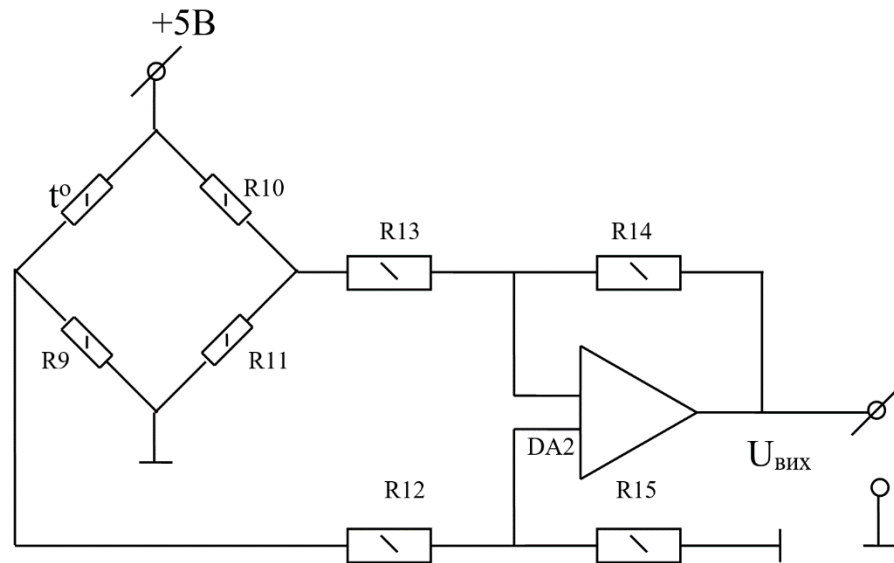


Рисунок 2.18.Схема для розрахунку термодавача

Опір резисторів R9-R11 100 Ом. Термоопір R8 має номінальний опір 100Ом з термочутливістю 1Ом/1°C.

При зміні температури від 10°C до 35°C опір R8 зміниться на 25 Ом.

Напруга на виході моста обраховується за формулою

$$U_M = R \cdot U_{\text{ж}} / 4R_0$$

$$U_M = 25 \cdot 5 / 4 \cdot 100 = 0.3125 \text{ В}$$

Коефіцієнт підсилення по напрузі  $K_u$  DA2 розраховується :

$$K_u = U_{\text{вих}}^{\text{max}} / U_M = 10.5 / 0.3125 = 33.6$$

Приймаємо  $K_u=33$ ,  $R_{14}=R_{15}=33$  кОм.

Тоді  $R_{13}=R_{12}+R_{14}/ K_u= 33/33=1$  кОм.

## 2.13. Розробка системи керування технологічним процесом

На рисунку 2.19 показана схема з'єднань системи керування технологічним процесом вимірювання довжини рухомої клейонки.

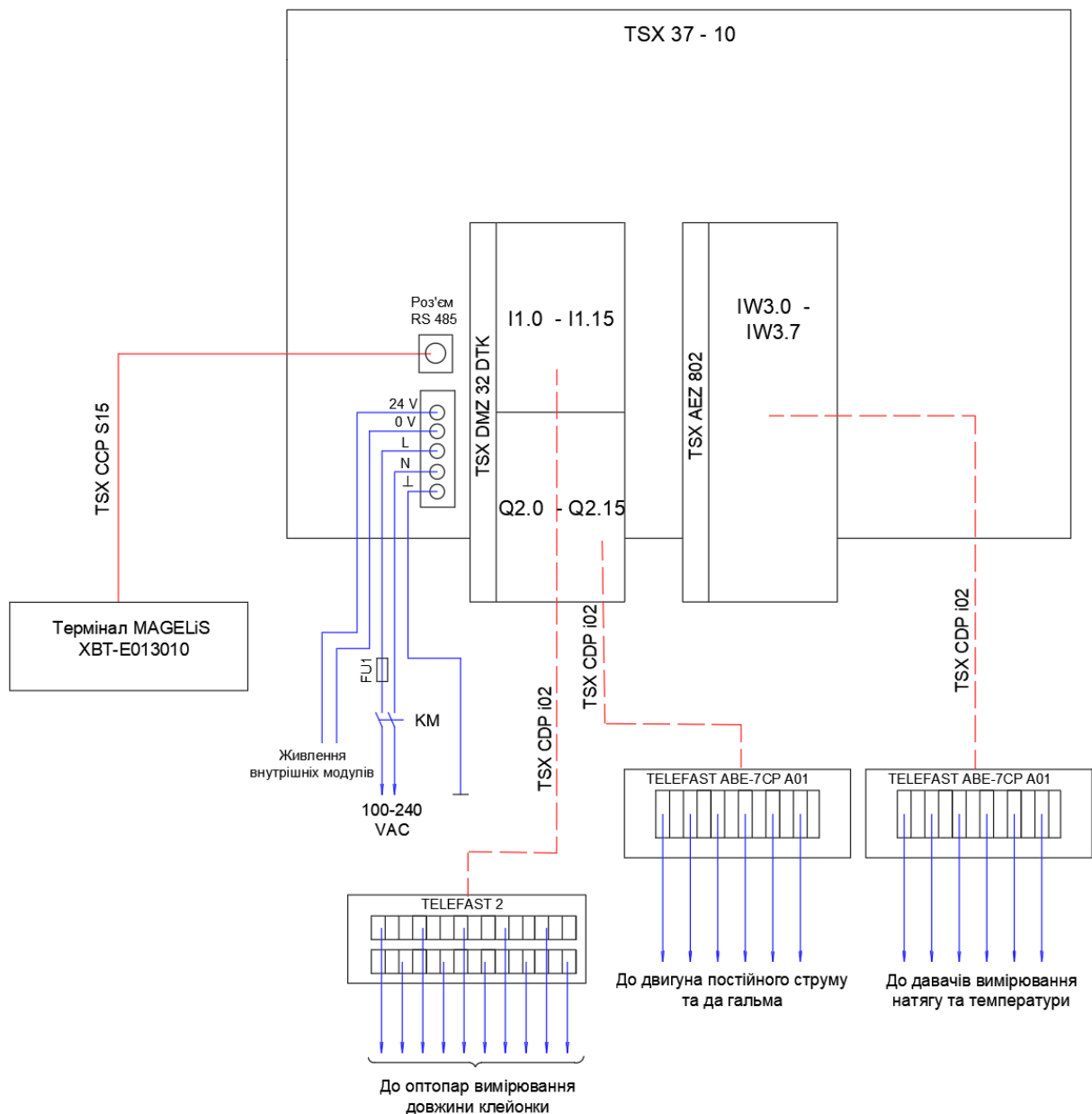


Рисунок 2.19. Схема з'єднань системи керування

Для керування технологічним процесом обрано програмований логічний контролер фірми Шнайдер Електрик, а саме TSX 37-10. Можливості ПЛК повністю відповідають потребам технологічного обладнання, а саме: областю



використання контролера є управління автоматичними лініями з цикловим повтором технологічного процесу, при періодичній зміні керуючої програми.

Програмований логічний контролер являє собою проблемно–орієнтований, на задачі циклового та програмно-логічного типу пристрій. Алгоритм роботи контролера визначається керуючою програмою. В таблиці 2.2 наведено технічні характеристики контролера TSX 37-10.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики ПЛК

Навколишня температура експлуатації	0°С до +60°С
Відносна вологість	10% до 95%
Висота використання	0 до 2000 метрів
Формування витримок часу з дискретністю	0,01с
Живлення	мережа змінного струму
Споживана потужність	200 Вт
Атмосферний тиск	630...800 мм.рт.ст

Для керування автоматичною ділянкою використовуємо програмований логічний контролер TSX 37-10, який дозволяє використовувати 128 дискретних входів/виходів, що повністю задовольняє вимоги по керуванню.

Для візуалізації автоматизованого процесу вибираємо термінал MAGELiS ХВТ-Е013010, який має рідкокристалічний дисплей з підсвіткою розміром 2 стрічки по 40 символів і 24 функціональні клавіші. Його характеристики наведені в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Характеристики терміналу MAGELiS XBT-E013010

Тип дисплея	рідкокристалічний дисплей з підсвіткою (5 на 7 точок) висота 5 мм
Послідовний інтерфейс	Асинхронний послідовний інтерфейс RS232/RS485/ RS422
Протокол обміну даних	Можливе дистанційне завантаження протоколу з дискети з допомогою програми XBT-L1000. Протокол Uni-Telway, Modbus, Jbus, (Siemens, Allen Bradley, Omron та ін.)
Пам'ять	Флеш-ЕЗППЗУ 384 Кб <ul style="list-style-type: none"> <li>- Приблизно 800 сторінок додатку по 2 стрічки на сторінку. До 256 сторінок сигналізації в залежності від розподілу сторінок.</li> <li>- Приблизно 400 сторінок додатку по 4 стрічки на сторінку. До 128 сторінок сигналізації в залежності від розподілу сторінок.</li> </ul>
Мови, що підтримуються	Англійська, французька, іспанська, італійська, німецька, українська.
Маса	1,3 кг (2,866 фунта)
Температура	Робоча температура від 0°C до 50°C (32,0°F – 122,0°F), вологість 85%. Температура зберігання: - термінали з РК дисплеєм від -20°C до 60°C (-4,0°F – 140,0°F)
Живлення	24 В постійного струму Граничні значення: від 18 В до 30 В постійного струму Пульсації: не більше 5% Споживана потужність: 10Вт
Категорії захисту	IP65 у відповідності до IEC529 і категорії 1NFC20-010 UL тип 4, 4х, Nema 4

Таблиця 2.4. Характеристика терміналу MAGELiS XBT-E013010

Термінал	XBT-E013010
Дисплей	2 стрічки по 40 символів
Функціональні клавiші	24
Службові клавiші	10
Цифрові клавiші	12
Літерально-цифрові клавiші	15
Світлодіодні індикатори	Функціональні клавiші: 24 Службові клавiші: 7
Інтерфейс підключення принтера	Асинхронний послідовний інтерфейс RS232
Годинник реального часу	Наявний
Релейні виходи сигналізації	1 мА/ не менше 5В змінного/постійного струму 0,5 А/ не більше 24 В змінного/постійного струму

#### 2.14. Розробка правил монтажу системи керування

На рисунку 2.20 показана схема монтажу системи керування.

При монтажі контролерів TSX 37 повинні дотримуватися наступні правила, що стосуються встановлення шасі і розташування модулів.

Так як ПЛК охолоджується шляхом природної конвенції, вони повинні встановлюватися на вертикальній монтажній поверхні з орієнтованими вгору вентиляційними отворами для полегшення вентиляції. Якщо декілька ПЛК встановлені в одному місці, рекомендується дотримуватися наступних правил:

- для нормальної прокладки кабелів і циркуляції повітря між двома ПЛК, по вертикалі, необхідно залишити відстань не менше 150 мм;

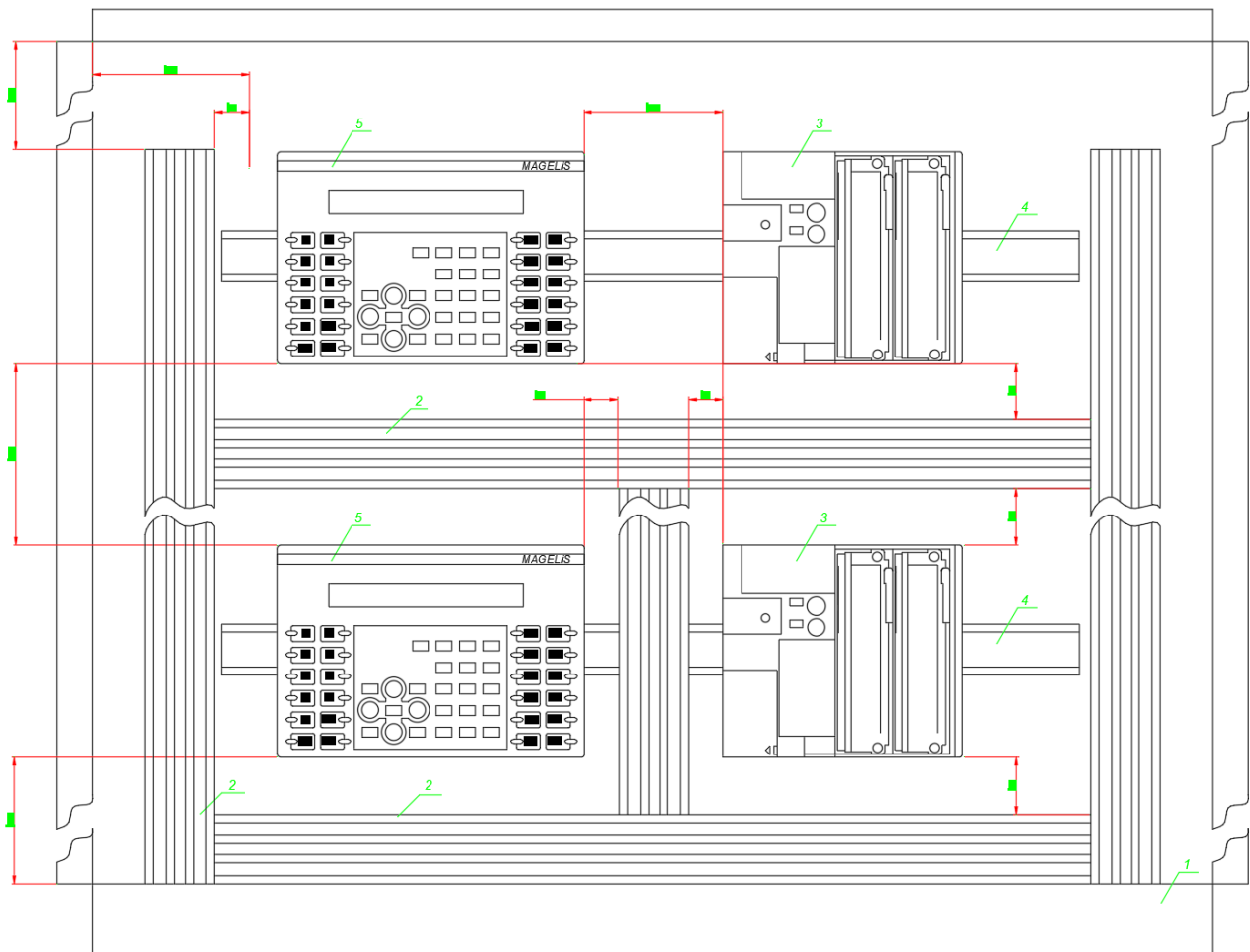


Рисунок 2.20. Схема монтажу системи керування

- рекомендується встановлювати пристрої, що інтенсивно виділяють тепло (трансформатори, джерела живлення і т.п.), над ПЛК;
- між двома ПЛК (із шасі розширення або без нього), по горизонталі необхідно залишити відстань не менш 100 мм для нормальної прокладки кабелів і циркуляції повітря,
- якщо внутрішня пам'ять RAM є енергонезалежною, тобто встановлена батарейка для її живлення, необхідно додатковий простір (>50 мм) між ПЛК і кабельним каналом для нормального відкриття кришки доступу до батарейки.

ПЛК TSX 37, з або без шасі розширення, можуть бути змонтовані на DIN рейці, або на монтажній платі Telequick.

## **3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **3.1. Розробка керуючих програм до системи керування технологічним обладнанням**

Створена програма (рис. 3.1) містить сім таймерів, два таймери серії 7, один барабанний контролер, 14 внутрішніх катушок і 8 внутрішніх 16-бітних слів. Внутрішні слова (з %MW10 по %MW17) використовуються для обміну з терміналом.

%MW10 – містить стан функціональних клавiш терміналу;

%MW11 – містить номер сторінки, що поточно відображається терміналом;

%MW12 – містить номер сторінки, яку необхідно відобразити терміналу;

%MW13 – містить слово дозволу зміни таблиці обміну з терміналу (hA508);

%MW14 – використовується для керування світло діодами;

%MW15 - %MW17 – містять таблицю сигналізації.

### **3.2 Створення додатку для терміналу MAGELiS XBT-E013010**

Додаток до терміналу MAGELiS XBT-E013010 складається зі сторінок, перехід від одної до другої сторінки здійснюється програмно або по команді оператора.

Сторінки додатку служать для:

- контролю системи керування;
- експлуатації системи керування;
- технічного обслуговування системи керування.

Відображення сторінок додатку може здійснюватися (в залежності від типу терміналу):

- за командою системи керування;
- натисненням програмованих функціональних клавiш;
- з меню.

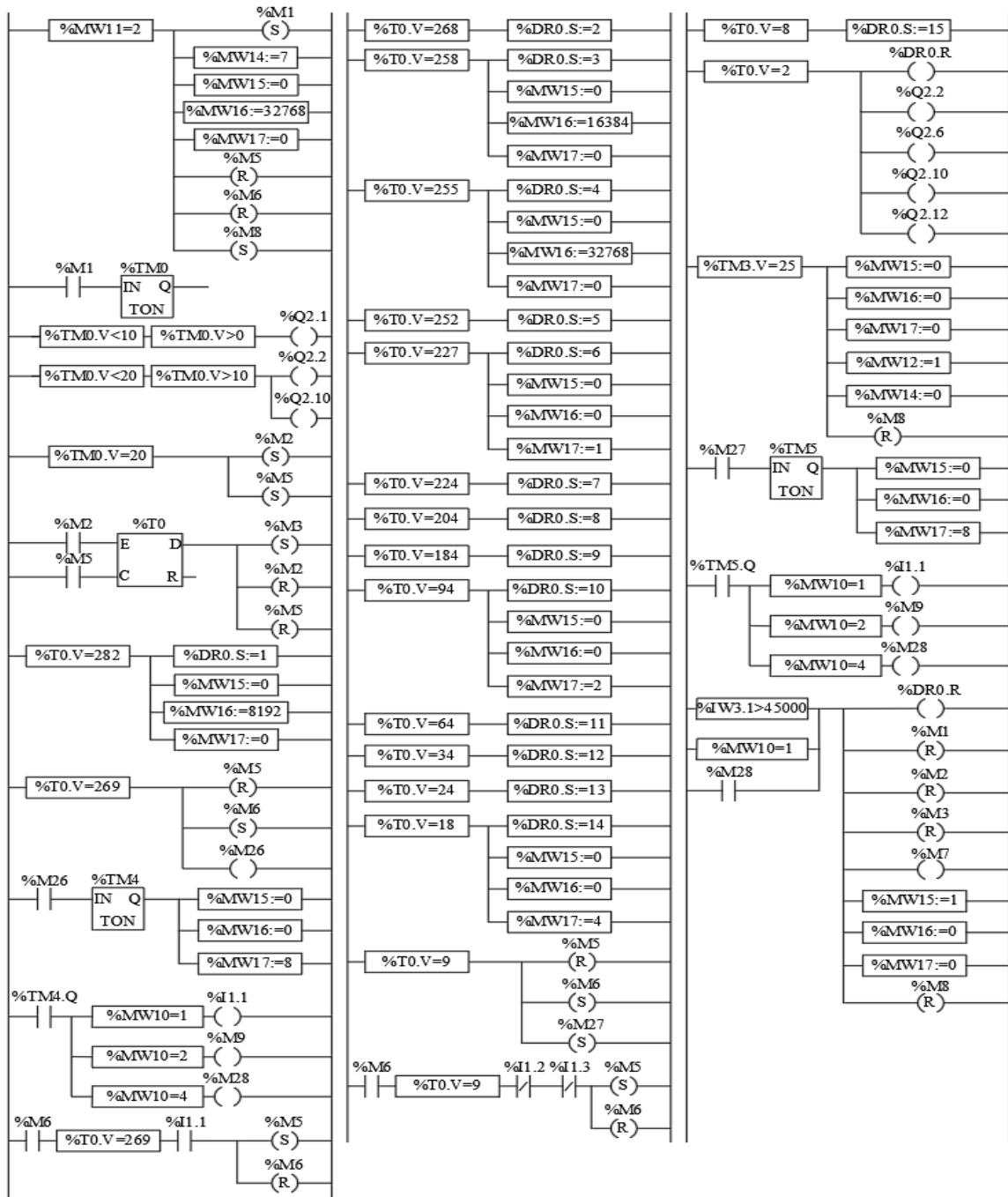


Рисунок 3.1. Скринінг керуючої програми контролера

Рекомендується впорядковувати сторінки в додатку у вигляді меню, що відображає стадії машинного циклу.

В кожену стрічку сторінки додатку можна включити перехід вправо (->) або вліво (<-). Кожен перехід забезпечує доступ до другої сторінки додатку за допомогою клавіш горизонтального переміщення.

Керовані терміналом індикатори клавіш горизонтального переміщення показують оператору, чи можливе відображення сторінки при натисненні на відповідну клавішу.

Можливість переходу на другу сторінку позначається в активній стрічці (стрічці, в якій знаходиться курсор) символами -> і (або) <-, які відображаються білим на чорному фоні.

Особливість сторінок сигналізації – те, що їх відображення ініціюється подіями. Кожній сторінці сигналізації присвоюється біт слова системи керування. Відображення даної сторінки відбувається при встановленні цього біта слова в 1.

Людино-машинний інтерфейс між терміналом MAGELiS XBT-E013010 і ПЛК полягає в обміні даними між цими двома пристроями (рис. 3.2). При будь-яких проблемах з передачею даних рекомендується визначити, які дані передаються, протокол зв'язку і т.д.

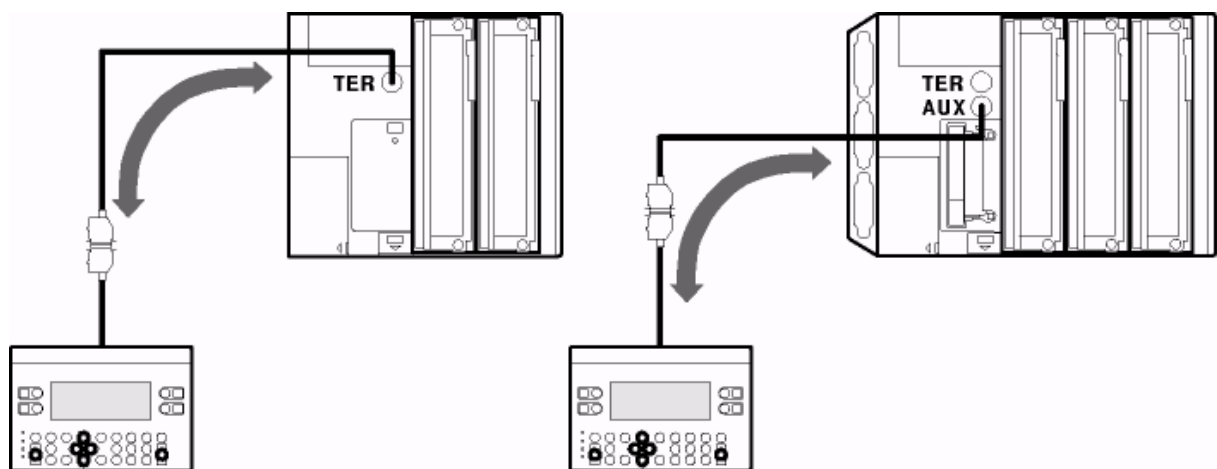


Рисунок 3.2. Підключення до ПЛК людино-машинного інтерфейсу

До даних асоційованих з полями відносяться змінні, які можуть:

- відображатися терміналом;
- вводиться або змінюватися з терміналу.

До даних команд, які передаються з ПЛК на термінал відносяться наступні команди:

- відображення сторінки додатку;

- відображення сторінки сигналізації;
- блокування клавіш;
- запит на ввід в поле змінної;
- команда на друк;
- керування світловими індикаторами, асоційованими з функціональними клавішами;
- команда очистки журналу;
- команда настройки годинника реального часу.

До даних про стан, що передаються з терміналу на ПЛК відносяться наступні стани:

- стан терміналу
  - 1) режим обмеженого доступу;
  - 2) режим конфігурації терміналу;
  - 3) підтвердження введених даних клавішею ENTER;
  - 4) відміна вводу даних клавішею ESC;
  - 5) відміна вводу даних після закінчення часу.
- номер відображуваної сторінки;
- номер останнього поля, в яке вводилися дані;
- образ клавіш клавіатури;
- стан годинника реального часу (дата і година);
- степінь заповнення журналу в %;
- контроль зв'язку;
- номер останньої підтвердженої сигналізації.

Принципи обміну даними залежать від протоколу, вибраного у відповідності з типом ПЛК.

В ході обміну даними термінал може виступати в ролі сервера або клієнта.

Найчастіше термінал виступає в ролі клієнта і забезпечує обмін наступними видами даних:

- поновлення полів (зчитування значень в ПЛК);
- ввід даних і зміна полів (запис значень в ПЛК).

Необхідність в записі програми зв'язку відсутня.



Для спрощення обміну даними всі дані, а саме

- команди, що передаються з ПЛК на термінал;
- дані про стан, що передаються з терміналу на ПЛК

групуються в одній таблиці – таблиці обміну даними.

Ця таблиця складається з  $n$  послідовних 16-бітових слів і поділяється на дві частини:

- таблиця стану (дані про стан, що передаються з терміналу на ПЛК);
- таблиця команд (команди, що передаються з ПЛК на термінал).

Кількість слів в таблиці залежить від вибраних даних про стан і команди, що обробляються в ході обміну даними.

Вони вибираються за допомогою програми ХВТ-L1000.

Захист ПЛК забезпечується шляхом використання слів дозволу. Якщо значення цього слова неправильне, запис слів з терміналу в ПЛК неможливий.

Слово дозволу не є обов'язковим. Воно постійно присутнє в таблиці обміну даними, що виводиться програмою ХВТ-L1000. Рекомендується не забирати слово дозволу з таблиці обміну даними, якщо в таблиці є хоча б одне слово, яке записується з терміналу.

Таблиця обміну даними ( $n$  послідовних слів) знаходиться в ПЛК.

Зчитування і запис в таблицю в ПЛК здійснюється з терміналу.

При включенні терміналу або відновленні зв'язку термінал зчитує таблицю команд і записує таблицю стану.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз і характеристика потенційних небезпек при роботі зі клейонкопротяжним механізмом

Для намотування клейонки на бобіни використовується клейонкопротяжний механізм. Робота по обслуговуванню такого механізму пов'язана з небезпекою ураження електричним струмом і такими шкідливостями, як виробничий шум та вібрація.

Електричний струм, який проходить через живі тканини людини спричиняє термічну (опіки), електролітичну (електроліз крові та плазми) і біологічну дію, а також механічні ураження. Це призводить до порушень в організмі, спричиняє, як місцеве ураження тканин, так і загальне ураження всього організму. Розрізняють два види ураження електричним струмом: місцеві електротравми й електричні удари.

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму такі:

- випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струму ведучих частин, які знаходяться під напругою;
- поява напруги дотику на метелевих конструкціях електрообладнання (корпусах, кожухах і т.п.) у результаті пошкодження або з інших причин;
- поява напруги на відімкнених струмо - ведучих частинах, на яких працюють люди, через помилкове вмикання установки;
- виникнення напруги кроку на поверхні землі у результаті замикання провода на землю.

Для того, щоб на виробництві зменшити кількість нещасних випадків від ураження електричним струмом вживають таких заходів захисту:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин під напругою для випадкового дотику;
- електричний поділ мережі;
- захисне заземлення, занулення і захисне вимкнення корпусів і кожухів електро установок, на яких може виникнути напруга;
- застосування малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин застосування кожухів, огорож, подвійної ізоляції;
- контролю і профілактика пошкоджень ізоляції;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Шум і вібрація також негативно впливають на організм людини, послаблюють увагу, прискорюють втому, утруднюють реакцію на небезпеку. Все це знижує працездатність і може стати причиною нещасного випадку. Джерелом вібрації і шуму в даному випадку є клейонкопротяжний механізм.

Різноманітність впливу електричного струму на організм людини призводять до електротравм, котрі умовно поділяються на два види:

- місцеві електротравми, котрі означають місцеве ушкодження організму;
- загальні електротравми (електричні удари), коли уражається (або виникає загроза ураження) весь організм внаслідок порушення нормальної діяльності життєвоважливих органів та систем.

Згідно зі статистичними даними орієнтовний розподіл нещасних випадків внаслідок дії електричного струму в І промисловості за вказаними видами травм має наступний вигляд:

- місцеві електротравми — 20%;
- електричні удари — 25%;
- змішані травми (одночасно місцеві електричні травми та, електричні удари) — 55%.

Місцева електротравма — яскраво виявлене порушення щільності тканин тіла, в тому числі кісток, викликане впливом електричного струму або електричної дуги. Найчастіше — це поверхневі ушкодження, тобто ушкодження шкіри, а інколи й інших м'яких тканин, зв'язок та кісток. Небезпека місцевих електротравм та складність їх лікування залежать від місця, характеру та ступеня ушкодження тканин, а також від реакції організму на це ушкодження. Місцеві електротравми виліковуються і працездатність потерпілого відновлюється повністю або частково. Однак при важких опіках людина помирає. При цьому безпосередньою причиною смерті є не електричний струм, а місцеве ушкодження організму, викликане струмом. Характерні місцеві електротравми — електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні пошкодження та електроофтальмія.

Приблизно 75% випадків ураження людей струмом супроводжується виникненням місцевих електротравм.

Електричні опіки — це ушкодження поверхні тіла під дією електричної дуги або великих струмів, що проходять через тіло людини. Опіки бувають двох видів: струмові, коли струм проходить через тіло людини, та дугові (під дією електричної дуги температурою понад 3500 °C).

Електричний знак — це чітко окреслена пляма діаметром 1—5 мм сірого або блідо-жовтого кольору, що з'являється на поверхні шкіри людини, яка зазнала дії струму. В більшості випадків електричні знаки безболісні, з часом верхній шар шкіри сходить, а уражене місце набуває початкового кольору, відновлює пластичність та чутливість.

Електрометалізація — проникнення в шкіру частинок металу внаслідок його розбризкування та випаровування під дією струму. Вона може статися при коротких замиканнях, від'єднаннях роз'єднувачів та рубильників під навантаженням. При цьому дрібні частинки розплавленого металу під впливом динамічних сил та теплового потоку розлітаються у всі сторони з великою швидкістю. Кожна з цих частинок має високу температуру, але малий запас

теплоти, і тому не здатна пропалити одяг. Тому ушкоджуються відкриті частини тіла — руки та обличчя. Уражена ділянка тіла має шорстку поверхню.

З плином часу хвора шкіра сходить, уражена ділянка набуває нормального вигляду та еластичності, зникають і всі хворобливі відчуття, пов'язані з цією травмою. Лише при пошкодженні очей лікування може виявитись тривалим та складним, а в деяких випадках потерпілий може позбутись зору. Тому роботи, при котрих можливе виникнення електричної дуги, повинні виконуватись в захисних окулярах. Металізація шкіри спостерігається у 10% потерпілих від електричного струму. Одночасно з металізацією виникає дуговий опік, котрий майже завжди викликає більш важкі ураження, ніж металізація.

Механічні ушкодження є в більшості випадків наслідком різких судомних скорочень м'язів під впливом струму, котрий проходить через тіло людини. Внаслідок цього можуть відбутися розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин та нервової тканини і навіть переломи кісток. Електротравмами не вважаються аналогічні травми, викликані падінням людини з висоти, ударами об предмети внаслідок впливу струму. Механічні ушкодження мають місце при роботі в установках напругою до 1000 В при тривалому перебуванні людини під напругою. Механічні ушкодження виникають приблизно у 1% осіб, що зазнали впливу струму. Такі ушкодження завжди створюють електричні удари, оскільки їх викликає струм, що проходить через тіло людини. Деякі з них супроводжуються, крім того, контактними опіками тіла. На ступінь ураження людини струмом істотно впливають рід та величина струму, час його дії, шлях по тілу людини.

Електроофтальмія — це запалення зовнішніх оболонок очей, що виникає під впливом потужного потоку ультрафіолетових променів. Таке опромінення можливе при утворенні електричної дуги (при короткому замиканні). Електроофтальмія спостерігається приблизно у 3% потерпілих від струму.

Інфрачервоні (теплові) промені також шкідливі для очей, але лише на близькій відстані або при інтенсивному і тривалому опроміненні. У випадку ж короткотривалої дуги основним фактором, що впливає на очі, є ультрафіолетові

промені, хоч і в цьому випадку не виключена небезпека ураження очей інфрачервоними променями, а також потужним потоком світла та бризками розплавленого металу.

Електроофтальмія розвивається через 4—8 годин після ультрафіолетового опромінення. При цьому мають місце почервоніння та запалення шкіри, слизових оболонок повік, слези, гнійні виділення з очей, судомні повік та часткова втрата зору. Потерпілий відчуває головний біль та різкий біль в очах, що посилюється на світлі.

Запобігання електроофтальмії при обслуговуванні електроустановок забезпечується застосуванням захисних окулярів зі звичайним склом, котре майже не пропускає ультрафіолетових променів і одночасно захищає очі від інфрачервоного опромінення та бризок розплавленого металу при виникненні електричної дуги.

Електричний удар — збудження живих тканин організму електричним струмом, що супроводжується судомним скороченням м'язів. Такий удар може призвести до порушення і навіть повного припинення роботи легенів та серця. При цьому зовнішніх місцевих ушкоджень, тобто електричних травм, людина може і не мати.

Ступінь негативного впливу на організм електричних ударів різний. Найспабший електричний удар викликає ледь відчутні скорочення м'язів поблизу місця входу або виходу струму. Може порушитись і навіть припинитись діяльність легенів та серця, тобто призвести до загибелі організму.

#### **4.2. Порядок виконання основних заходів з реагування на загрозу та виникнення надзвичайної ситуації**

Основні заходи ЦО та порядок їх виконання з урахуванням специфіки району, визначених термінів виконання, сил і засобів ЦО, які залучаються,

відповідальних виконавців включаються в календарні плани дій органів управління та сил ЦО при загрозі та виникненні конкретних НС і включають:

а) при загрозі виникнення надзвичайної ситуації:

- переведення районної ланки обласної підсистеми ЄДС НС в режим підвищеної готовності;

- запровадження в органах управління з НС та ЦО (у зонах можливого виникнення НС) цілодобового чергування керівного складу та чергових змін;

- приведення в готовність системи оповіщення та зв'язку, та уточнення текстів звернень про порядок дій населення в умовах виникнення даної конкретної НС;

- уточнення планів реагування на НС (Планів дій)

- приведення в готовність оперативної групи;

- приведення в стан підвищеної готовності сил і засобів ЦО, які згідно з розрахунками будуть залучені для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;

- організація і проведення попереджувальних інженерно-технічних, спеціальних та інших заходів, які спрямовані на недопущення (зниження) впливу можливих наслідків НС на населення та об'єкти економіки;

- приведення в готовність сил медичної допомоги та закладів МСЛК, посилення спостереження і контролю за станом довкілля, обстановкою на потенційно небезпечних об'єктах і прилеглий до них території;

- у разі необхідності – організацію і проведення розвідки можливих небезпечних зон та осередків аварій;

- організацію систематичного одержання інформації від організацій МСЛК за навколишнім середовищем, диспетчерів потенційно небезпечних об'єктів;

- проведення заходів щодо запобіганню виникненню НС;

- проведення підготовки транспортних засобів до перевезення сил ЦО у район можливої НС і для евакуації (відселення) населення із небезпечних районів, вивезення матеріальних та інших цінностей;

- проведення заходів щодо захисту населення і територій, забезпечення стійкого функціонування об'єктів економіки;

- організацію всебічного забезпечення заходів ЦО, які плануються провадити у районі НС;

- інформування сусідніх територіальних органів управління з питань НС та ЦО про обстановку.

Рішеннями начальників ЦО можуть проводитись і інші додаткові заходи (в залежності від специфіки відповідної території, об'єкта), які спрямовані на захист населення і територій, зменшення збитків і втрат у випадку розвитку небезпеки виникнення НС.

б) при виникненні надзвичайної ситуації:

- переведення районної ланки територіальної підсистеми ЄДС НС в режим діяльності у НС;

- здійснення відповідною комісією з ПТЕБ та НС в межах її повноважень безпосереднього керівництва функціонуванням ланок і структурних підрозділів районної ланки територіальної підсистеми ЄДС НС;

- термінове оповіщення (з використанням усіх засобів оповіщення та зв'язку): оперативним черговим – населення, яке проживає в небезпечних зонах поза межами адміністративно-територіальної одиниці, де розташований потенційно небезпечний об'єкт, черговими службами потенційно небезпечних об'єктів – керівництва, працівників та населення, яке проживає в небезпечних зонах;

- доповіді про НС: по лінії диспетчерських служб – оперативному черговому райдержадміністрації, черговим установ і організацій, яким підпорядковані ці об'єкти; по лінії оперативного чергового – начальнику відділу з питань НС та



ЦЗН, начальнику ЦО району, оперативному черговому управлінню з питань НС та у СЗН від НЧК;

- виїзд оперативної групи в район виникнення НС;
- термінове проведення в районах НС заходів по локалізації НС та захисту населення, що проживає в небезпечній зоні;
- проведення оповіщення і збір керівного складу органів управління з питань НС та ЦО, які у разі необхідності переводяться на цілодобовий режим роботи;
- введення в дію відповідних планів реагування на НС (Планів дій);
- приведення в готовність відповідних формувань ЦО району та відправлення їх у район НС для нарощування зусиль по проведенню рятувальних та інших невідкладних робіт;
- проведення в районах НС рятувальних та інших невідкладних робіт, лікувально-евакуаційних, санітарно-гігієнічних та протиепідемічних заходів;
- організація і проведення (у разі необхідності) евакуації (відселення) населення, вивезення матеріальних і інших цінностей;
- проведення всебічного забезпечення виконання заходів і дій сил ЦО у районі НС;
- організація проведення робіт, направлених на забезпечення сталого функціонування об'єктів економіки та об'єктів першочергового життєзабезпечення постраждалого населення;
- здійснення постійного контролю за станом навколишнього середовища на території, що зазнала впливу наслідків НС;
- організація взаємодії між силами ЦО, що виконують завдання в місцях проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;

У разі неможливості власними силами виконати весь обсяг заходів ЦО по захисту населення та ліквідації наслідків НС начальник ЦО району звертається до обласної державної адміністрації.

## **ВИСНОВКИ**

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено автоматизовану систему керування технологічним процесом вимірювання довжини рухомої клейонки.

При введенні даної системи в експлуатацію зменшуються витрати клейонкового матеріалу за рахунок підвищення точності вимірювання довжини клейонки і в загальному збільшується швидкодія проходження всього технологічного процесу обрізки клейонки.

Нововведення в технологічній системі обрізки клейонки дає достатню економію за рахунок скорочення витрати сировини, робочої сили, затрат та часу на обслуговування і ремонт обладнання системи.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 80 с.
2. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник / Куцик А., Місюренко В.. — Львів: Львівська політехніка, 2011. — 200 с.
3. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: Навчальний посібник / Пупена О.М., Ельперін І.В.. — К.: Ліра-К, 2013. — 376 с..
4. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
5. Галкін П. В., Ключник І. І. Програмування ПЛК в CODESYS : навчальний посібник. Харків : ФОП Панов А. М., 2019. – 92 с.
6. Заплетаин В.А. Конструирование деталей механических устройств: Справочник. Л.:Машиностроение. Ленинградское отделение,1990. - 667с.
7. Клокова Н.П. Тензорезисторы. - К.: Машиностроение, 1990. - 224с.
8. Справочник конструктора приборостроения / Г.А.Веркович, А.П. Головенкин, В.А. Голубков и др.; Под общ.ред. К.Н.Явлинского, Б.П.Тимофеева, Е.Е.Чаадаева. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение,1989. - 792 с.
9. Полицук Е.С. Измерительные преобразования - К.: Вища школа, 1981. - 296 с.
- 10.Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. - М.: Энергия, 1966. - 690 с.
- 11.Автоматизированная система управления предприятием. /Под ред. Власова Б.В. - М.: Высшая школа, 1977. – 224 с.

12. Автоматизированные системы управления предприятиями. /Под ред. Четверикова В.Н. - М.: Высшая школа, 1979. – 303 с.
13. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
14. Губський А. І., Цивільна оборона.- К.: Міністерство освіти, 1995. - 216 с.
15. Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
16. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Неотложные аварийные работы на коммунальных сетях в очаге ядерного поражения. – М. : Стройиздат, 1972.
17. Цивилев М.П. и др. Инженерно-спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очаге ядерного поражения. – М. : Воениздат, 1975. – 224с.
18. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.