

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Дрозденко О.О.

«__» _____ 20.... р.

Кваліфікаційна робота магістра на тему:
«Система керування процесом виробництва
ударно-хвильової трубки»

Керівник роботи:
(к.т.н., доцент)

Кулінченко Г. В.

Магістрант:
студент групи СУ.м-71

Зборщик О.П

РЕФЕРАТ

Зборщик Олександр Петрович. Система керування процесом виробництва ударно-хвильової трубки. Магістерська робота. Сумський державний університет, Суми 2018 р.

Дипломна робота містить 70 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 68 рисунків, 22 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення.

Робота присвячена розробці системи керування процесом виробництва ударно-хвильової трубки.

Зроблено конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління, обрані канали управління, проведено вибір сучасних засобів автоматизації, проведено моделювання та розрахунок регулятора для керування параметром температури в екструдері.

Розроблено: функціональна схема автоматизації, схема алгоритмів управління і електрична принципова схема, розроблена SCADA система процесу.

Ключові слова: система керування, автоматизація, засоби автоматизації, канал керування, параметри контролю і керування, екструдер, термопласт.

РЕФЕРАТ

Зборщик Александр Петрович. Система управления процессом изготовления ударно-волновой трубки. Магистерская работа. Сумский государственный университет, Сумы, 2018 г.

Магистерская работа содержит 70 листов пояснительной записки, с учетом 68 рисунков, 22 таблиц; конструкторскую документацию, содержащую 2 чертежа.

Работа посвящена разработке системы управления процессом производства ударно-волновой трубки.

Произведен конструктивно-технологический анализ объекта управления, выбраны каналы управления, проведен выбор современных средств автоматизации, произведено моделирование и расчет параметров регулятора для управления параметром температуры в экструдере.

Разработана: функциональная схема автоматизации, схема алгоритмов управления и электрическая схема, разработана SCADA система процесса.

Ключевые слова: система управления, автоматизация, средства автоматизации, канал управления, параметры контроля и управления, экструдер, термопласт.

SUMMARY

Zborshchik Oleksandr Petrovich. The control system of the manufacturing process of the shock wave tube. Master's work. Sumy State University, Sumy, 2018.

The master's work contains 70 sheets of explanatory note, taking into account 68 figures, 22 tables; design documentation containing 2 drawings.

The work is devoted to the development of a control system for the production of a shock-wave tube.

A constructive-technological analysis of the control object was made, control channels were selected, a selection of modern automation tools was carried out, simulation and calculation of controller parameters were made to control the temperature parameter in the extruder.

Developed: a functional automation diagram, a scheme of control algorithms and an electrical circuit; a SCADA process system is developed.

Keywords: control system, automation, automation, control channel, parameters of control and management, extruder, thermoplastic.

| ЗМІСТ | С. |
|--|-----------|
| СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ | 12 |
| ВВЕДЕННЯ | 13 |
| 1 КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ | 14 |
| 1.1 Опис технологічного процесу | 14 |
| 2 ВИБІР КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ | 22 |
| 2.1 Вибір каналів керування технологічним процесом | 22 |
| 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ | 27 |
| 3.1 Вибір засобів автоматизації | 27 |
| 4 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ | 47 |
| 5 МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУДУВАННЯ ПОЛІМЕРУ | 53 |
| 5.1 Отримання математичної моделі об'єкта керування. | 53 |
| 5.2 Перевірка відповідності моделі | 60 |
| 5.3 Визначення параметрів регулятора | 62 |
| 5.4 Висновок | 66 |
| 6 РЕАЛІЗАЦІЯ АСУТП В SIMPLE SCADA | 68 |
| 6.1 Створення екрану АРМ | 68 |
| 6.2 Створення програмного забезпечення для імітації роботи | 69 |
| 6.3 Перевірка роботи системи | 70 |
| ВИСНОВКИ | 74 |
| ЛІТЕРАТУРА | 75 |
| Додаток А | 76 |

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

| | |
|-----|----------------------------------|
| ВР | Вибухова речовина |
| ТТР | Твердотільне реле |
| ПЧ | Перетворювач частоти |
| ПК | Персональний комп'ютер |
| ПЛК | Програмований логічний контролер |
| АРМ | Автоматизоване робоче місце |
| ППР | Показник плинності розплаву |

ВВЕДЕННЯ

В даний час виробництво хвилеводів є важливою галуззю оборонної та гірничодобувної промисловості. Хвилевід у порівнянні з традиційними системами ініціювання (детонаційний шнур і електродетонатор) обумовлений більш високою надійністю, безпекою і перспективами щодо вдосконалення керування енергією вибуху.

Неелектричні системи ініціювання застосовуються для передачі ініціюючого імпульсу від первинного ініціатора (капсуля детонатора або електродетонатора) через хвилевід, вмонтовану в детонатор системи до проміжного детонатора (для свердловинних зарядів) або патрону-бойовику (для шпурових зарядів).

Сучасний ринок вимагає від виробництва все більшої продуктивності при мінімальних витратах - це можливо тільки при комплексному підході до автоматизації підприємства і модернізації робочих місць.

Підвищення ступеня автоматизації підприємства веде до покращення стабільності технологічного процесу, зменшення людського фактору, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на якості готової продукції і веде до зниження її собівартості.

Використання автоматичних систем і механізмів при виготовленні хвилеводів дозволяє підвищити безпеку, знизити ймовірність травм, забезпечити високу продуктивність і звільнити людей від фізично важкої і трудомісткої роботи.

Існуюче виробництво хвилеводів складається з двох окремих ліній. У підсумку ми отримуємо гірші техніко-економічні показники, оскільки виробництво має підвищений рівень витрат електроенергії, а також даний спосіб сповільнює виробництво так як не є неперервним.

Завданням роботи є вирішення питань, зв'язаних з побудовою системи автоматизованого керування, здатної забезпечити: потрібний рівень безпеки проходження технологічного процесу виготовлення хвилеводів, покращити техніко-економічні показники, забезпечити санітарно-гігієнічні норми і безпечні умови праці згідно європейських стандартів. Робота виконується на основі завдання кафедри електроніки та інформаційних технологій СУМДУ.

Основний зміст роботи викладено в шести розділах, де представлені конструктивно-технологічний аналіз об'єкта, вибір параметрів технологічного процесу, вибір каналів контролю і керування, вибір засобів автоматизації, розроблений алгоритм роботи системи, розроблена модель екструдування полімеру, розроблені функціональна схема та електрична принципова схема автоматизації, розроблена SCADA система процесу.

1 КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Хвилевід – один із елементів неелектричної системи ініціювання вибухів. Хвилевід виготовлюється на автоматизованій лінії методом екструзії і складається із трьох шарів пластику, котрі витримують високі механічні і теплові навантаження, стійкість до впливів агресивних середовищ. На внутрішній шар хвилеводу нанесена вибухова речовина, котра після ініціювання розвиває стійкий вибуховий процес, котрий поширюється всередині трубки зі швидкістю близько 2000м/с. Технологічна схема виготовлення хвилеводів представлена на рисунку 1.1.

Гранульований термопласт надходить із бункера завантажувача в камеру екструдера, де захоплюється шнеком і переміщується вздовж корпусу. В результаті теплового впливу електронагрівачів зі встановленими режимами обігріву таблиця 1.1, розташованих в корпусі, механічного впливу шнека в корпусі екструдера і фактору часу термопласт пластифікується, ущільнюється і гомогенізується у міру просування до головки, де відбувається процес екструдкування.

Таблиця 1.1 – Встановлені режими обігріву зон екструдера і головки

| Зона 1 | Зона 2 | Зона 3 | Головка |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| +185±3 ⁰ С | +185±3 ⁰ С | +190±3 ⁰ С | +185±5 ⁰ С |

Формування основи хвилеводу проводиться в формуючому зазорі екструзійної головки. Вибухова речовина (ВР) надходить із вібробункера в канал фільтри екструзійної головки і з допомогою розпилювача напильюється на внутрішню стінку розплавленої трубки основи хвилеводу.

Максимальна кількість ВР у вібробункері не більше 35г.

Остаточне формування основи хвилеводу відбувається при витягуванні його за допомогою тягнучого пристрою. Сформована основа хвилеводу охолоджується у ванні з водою, потім підсушується в сушильці і проходить через датчик наявності ДС.

Температура в сушильці +35-45 ⁰С, навішування з ДС повинна знаходитись в межах 20-30мг/м. Діаметр основи повинен знаходитися в межах 2.2±0.1мм.

Основа хвилеводу виробляється зі швидкістю 18 м/хв.

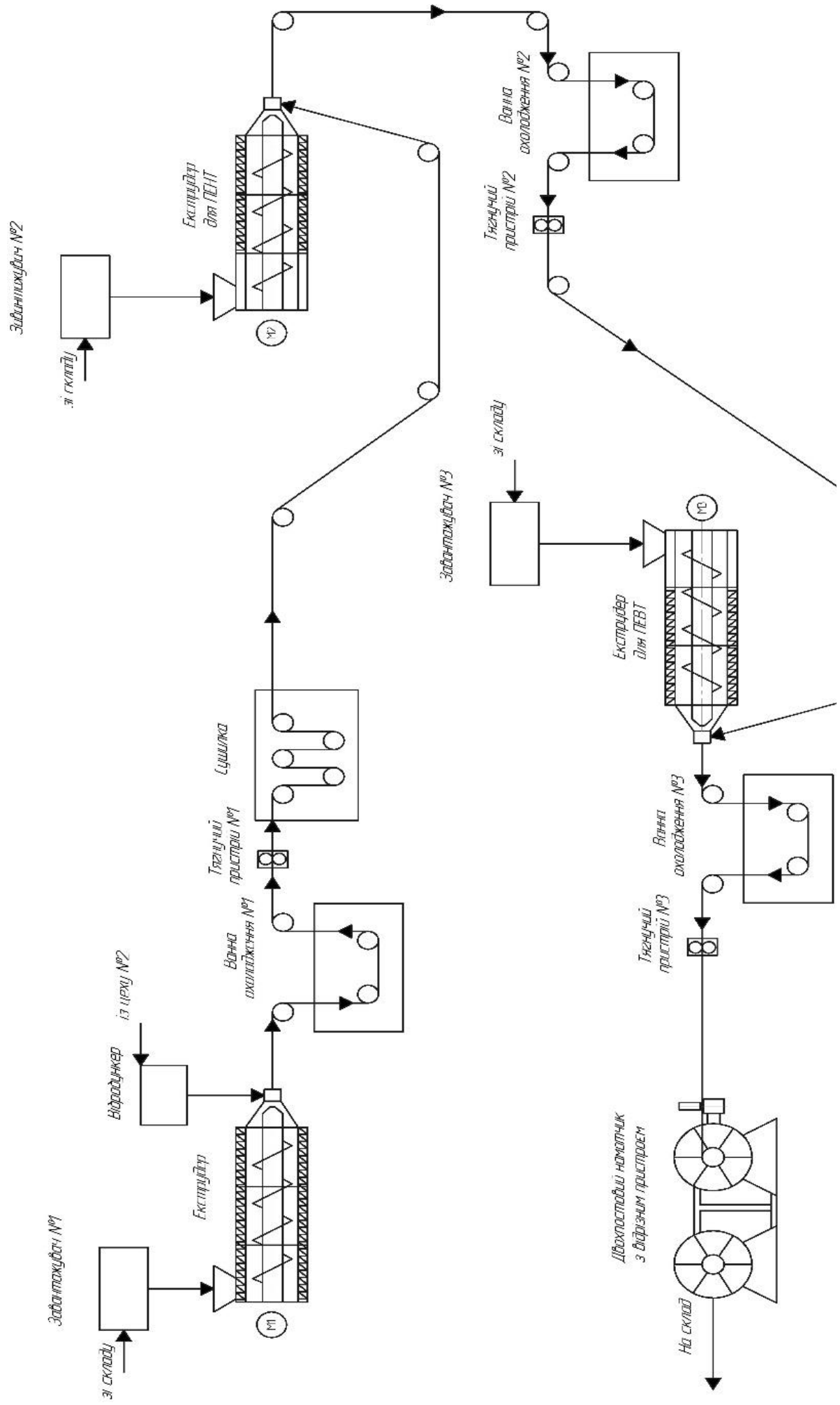


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виготовлення хвилеводів

Для нанесення двошарового покриття основу хвилеводу пропускають через тягнучий пристрій, після цього основу заправляють в головку екструдера через фторопластову трубку поки вона не буде схоплена плавом. В таблиці 1.2 наведені температурні режими для ПЕНТ. Після нанесення шару ПЕНТ виріб надходить до ванни охолодження.

Швидкість тягнучого пристрою основи хвилеводу (далі перший тягнучий пристрій) повинна бути трохи більшою за швидкість тягнучого пристрою хвилеводу (18 м/хв), для того щоб забезпечити виникнення петлі між екструзійною головкою і першим тягнучим пристроєм, довжиною приблизно (1,5-1,8)м.

Діаметр двошарової трубки повинен знаходитися в межах 2.8-2.9 мм.

Таблиця 1.2 – Встановлені режими обігріву зон екструдера для нанесення ПЕНТ

| Зона 1 | Зона 2 | Зона 3 | Головка |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| +175-195 ⁰ С | +185-210 ⁰ С | +200-220±3 ⁰ С | +200-220±5 ⁰ С |

Далі через другий тягнучий пристрій основа надходить до зони нанесення шару ПЕВТ. В таблиці 1.3 наведені температурні режими для ПЕВТ. Після чого готовий хвилевід протягується тягнучим пристроєм через ванну охолодження, і намотується на намотувальний пристрій.

Таблиця 1.3 – Встановлені режими обігріву зон екструдера для нанесення ПЕВТ

| Зона 1 | Зона 2 | Зона 3 | Головка |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| +135-150 ⁰ С | +145-165 ⁰ С | +155-175 ⁰ С | +200-220 ⁰ С |

Діаметр готового виробу повинен знаходитися в межах 3.2±0.2мм, довжина виробу не повинна перевищувати 1500 м.

Температура в екструдерах для нанесення ПЕНТ, ПЕВТ по зонам встановлюється з різницею (5-20)⁰С, при цьому в кожній наступній зоні повинна бути вище ніж в попередній ($T_{\text{зона 3}} > T_{\text{зона 2}} > T_{\text{зона 1}}$).

Виконавши аналіз технологічного процесу виготовлення хвилеводів була складена схема руху матеріальних потоків, яка представлена на рисунку 1.2.

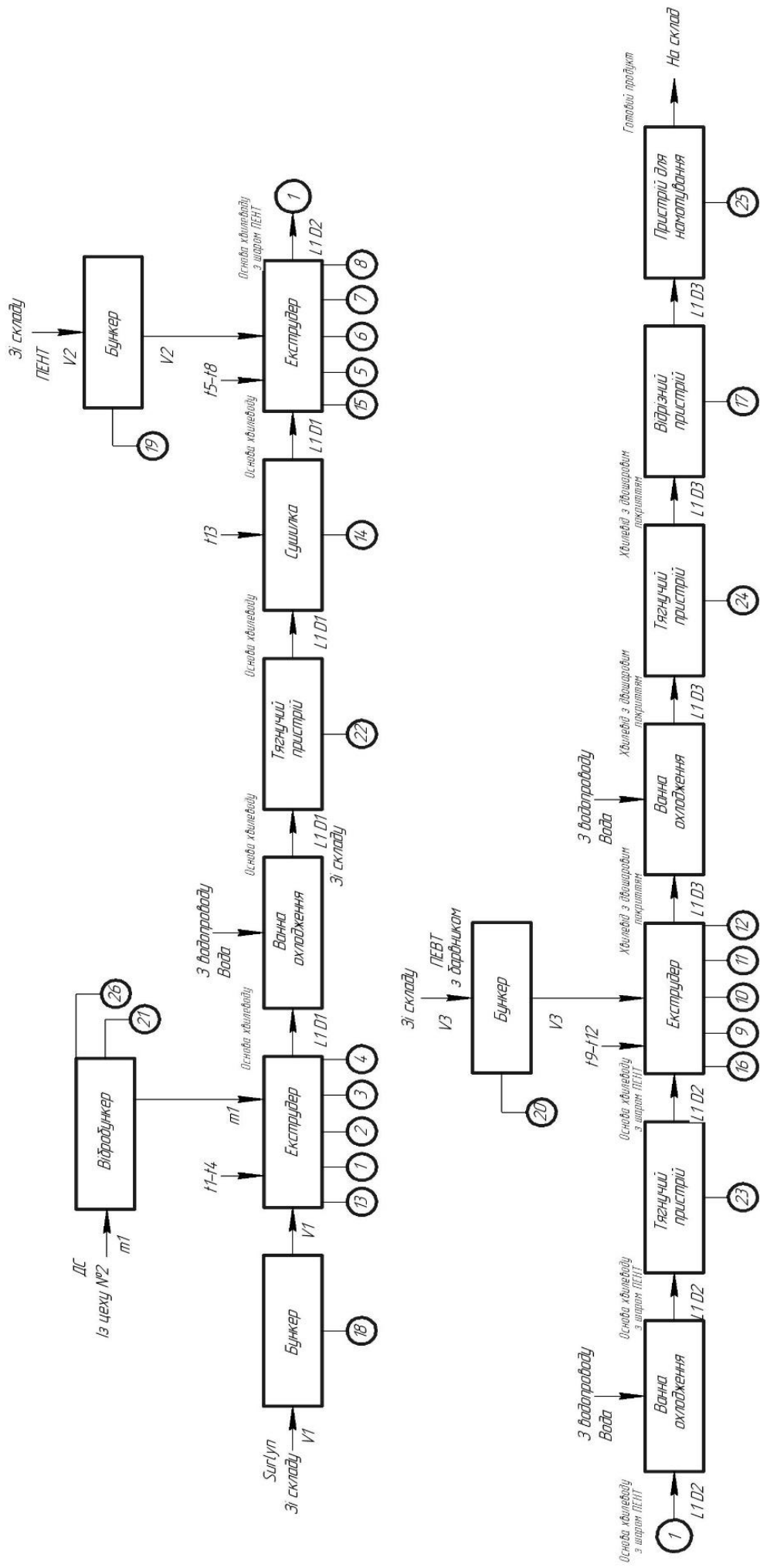


Рисунок 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків вироблення хвильовідів.

Кінці кожної катушки з хвилеводом загерметизувати будь-якою мастикою. На катушку прикріпити ярлик з вказанням: кількості продукту м, дату виготовлення хвилеводу, партію і навіску ДС, номер катушки, номер кабіни, прізвище оператора виготовлення хвилеводу, зміну майстра.

В таблиці 1.4 наведені норми завантаження бункерів екструдерів сировиною для виготовлення хвилеводів.

Таблиця 1.4 – Норми завантаження бункерів екструдерів

| Призначення екструдера | Тип матеріалу | Норма завантаження, кг | Норма завантаження, м |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Виготовлення основи | Термопласт: Surlyn або аналоги | 5.0±1.0 | 0.5±0.2 |
| Нанесення ПЕНТ | Поліетилен низького тиску | 3.0±0.5 | 0.25±0.1 |
| Нанесення ПЕВТ | Поліетилен високого тиску | 3.5±0.75 | 0.35±0.15 |

Виконавши аналіз технологічного процесу виготовлення хвилеводів була складена схема руху матеріальних потоків, яка представлена на рис. 1.2.

На основі опису технологічного процесу та схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації контролю та керування, та зведемо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Перелік параметрів сигналізації, контролю і керування

| Найменування параметру | Значення параметру, допустимі відхилення | Відображення інформації | | | | Регулювання | Найменування керуючого впливу, місце встановлення керуючого органу. | Характеристики середовища | | | |
|---------------------------------------|--|-------------------------|-------------|-----------|--------------|-------------|---|---------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| | | Показання | Регістрація | Сумування | Сигналізація | | | Давачів | | Керуючих органів | |
| | | | | | | | | Агресивне | Пожежо і вибухонебезпечне | Агресивне | Пожежо і вибухонебезпечне |
| Температура зони 1 (екструдер основи) | 1 85±3°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача Зони 1 | | | | |
| Температура зони 2 (екструдер основи) | 1 85±3°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 2 | | | | |

Продовження таблиці 1.5

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Температура зони 3 (екструдер основи) | 1 90±3°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 3 | | | | |
| | Температура головок и (екструдер основи) | 1 85±5°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача головок и екструдера | | | | |
| | Наявність ДС у вібробункері | 3 5 г | | | | | | - | | | | |
| | Температура сушильний шафі | 3 5-45°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача в сушильний шафі | | | | |
| | Довжина виробу | 0 - 1500м | | | | | | Керування різак | | | | |
| | Діаметр основи | 2. 2±0.1мм | | | | | | Зміна швидкості обертання шнека | | | | |
| | Наявність ДС у виробі | 2 0-30мг/м | | | | | | Зміна подачі ДС | | | | |
| 0 | Температура зони 1 (ПЕНТ) | 1 75-195°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 1 (ПЕНТ) | | | | |
| 1 | Температура зони 2 (ПЕНТ) | 1 85-210°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 2 (ПЕНТ) | | | | |
| 2 | Температура зони 3 (ПЕНТ) | 2 00-220°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 3 (ПЕНТ) | | | | |
| 3 | Температура головок и (ПЕНТ) | 2 00-220°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача головок и екструдера (ПЕНТ) | | | | |
| 4 | Температура зони 1 (ПЕВТ) | 1 35-150°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 1 (ПЕВТ) | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|
| 5 | Температура зони 2 (ПЕВТ) | 1 45-165°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 2 (ПЕВТ) | | | | |
| 6 | Температура зони 3 (ПЕВТ) | 1 55-175°C | | | | | | Зміна потужності нагрівача зони 3 (ПЕВТ) | | | | |
| 8 | Діаметр воловода з ПЕНТ | 2. 9±0.1мм | | | | | | Зміна швидкості обертання шнека з ПЕНТ | | | | |
| 9 | Діаметр хвилеводу з ПЕВТ | 3. 2±0.2мм | | | | | | Зміна швидкості обертання шнека з ПЕВТ | | | | |
| 0 | Наявність Surlyn або його аналогів в бункері 1 | 0. 5±0.2м | | | | | | Зміна кількості надходження сировини в бункер 1 | | | | |
| 1 | Наявність ПЕНТ в бункері 2 | 0. 25±0.1м | | | | | | Зміна кількості надходження сировини в бункер 2 | | | | |
| 2 | Наявність ПЕВТ з барвником в бункері 3 | 0. 35±0.15 м | | | | | | Зміна кількості надходження сировини в бункер 3 | | | | |
| 3 | Швидкість тягнучого пристрою 1 | 1 8±0.2м/с | | | | | | Зміна швидкості тягнучого пристрою 1 | | | | |
| 4 | Швидкість тягнучого пристрою 2 | 1 8±0.2м/с | | | | | | Зміна швидкості тягнучого пристрою 2 | | | | |
| 5 | Швидкість тягнучого пристрою 3 | 1 7.5±0.2м/с | | | | | | Зміна швидкості тягнучого пристрою 3 | | | | |
| 6 | Швидкість намотчного пристрою | 1 4-18 м/с | | | | | | Зміна швидкості двигуна намотчного пристрою | | | | |

Виходячи з обраних параметрів керування, структурна схема автоматизації матиме вигляд, наведений на рисунку 1.3.

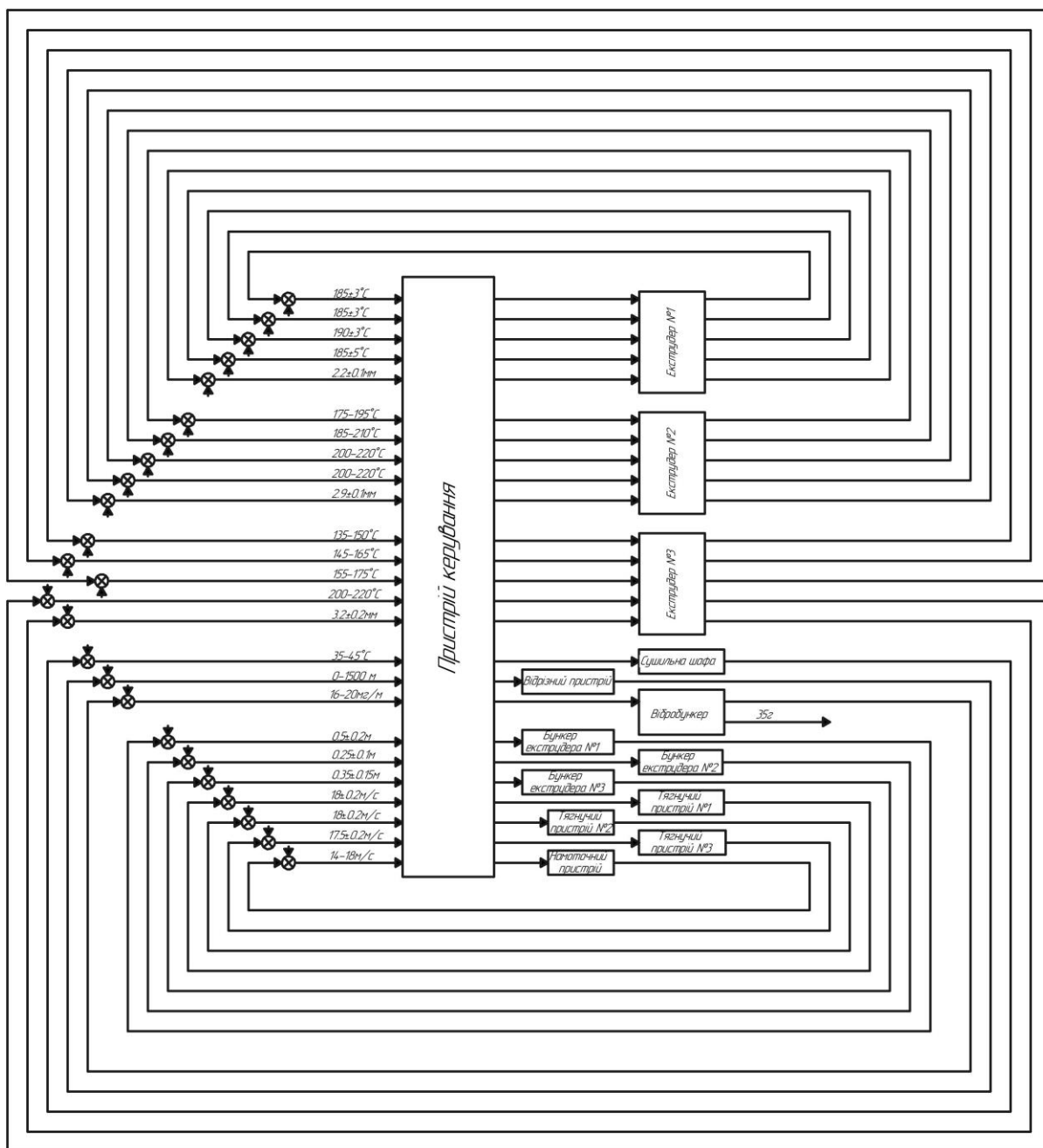


Рисунок 1.3 – Структурна схема автоматизації.

2 ВИБІР КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

2.1 Вибір каналів керування технологічним процесом

Виконавши конструктивно-технологічний аналіз технологічного процесу виготовлення хвилеводів (див. п 1.1), та виходячи зі схеми руху матеріальних потоків (рис. 1.2) і структурної схеми автоматизації процесом виготовлення хвилеводів (рис. 1.3), визначені наступні точки контролю, керування та сигналізації:

2.1.1 Канал керування показником плинності розплаву термопласту.

Значення показника плинності розплаву термопласту є важливою технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (1.5 ± 0.2 г/1хв) залежить консистенція матеріалу. Контроль даного показника здійснюється шляхом виміру швидкості витікання розплаву з формуючої головки екструдера за допомогою безконтактного датчика швидкості. Найбільш сильне збурення, виникає через надходження гранул термопласту. Здійснення стабілізації заданого значення плинності розплаву найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни нагріву екструдера №1 нагрівачами в зоні нагріву №1,2,3 та головці екструдера. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування плинністю розплаву термопласту використовується контур керування, структурна схема якого представлена на рисунку 2.1.

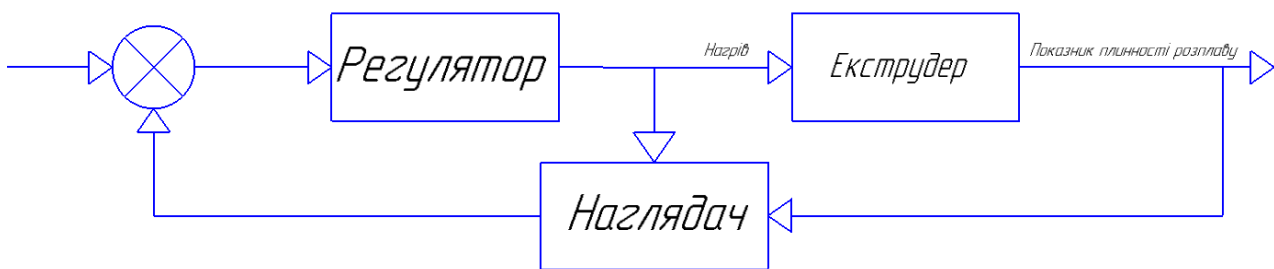


Рисунок 2.1 – Структурна схема керування ППР.

2.1.2 Канал керування температурою нагрівача екструдера №2,3: в зоні нагріву №1,2,3 та головці екструдера поз. п. 5-12

Значення температури нагрівача екструдера (поз. п.5-12) є важливою технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні ($185 \pm 3^\circ\text{C}$) залежить якість розплаву термопласту. Найбільш сильне збурення, виникає через надходження гранул термопласту. Здійснення стабілізації заданого значення температури в екструдері найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни нагріву екструдера нагрівачем. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування температурою в екструдері (поз. п.5-12) використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.2.

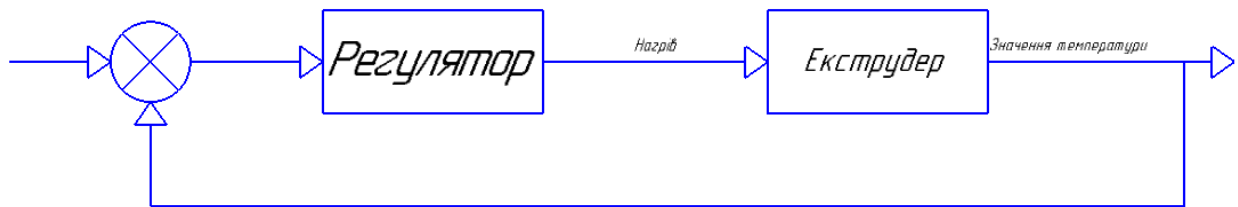


Рисунок 2.2 – Структурна схема керування температурою в екструдері.

2.1.3 Контур керування температурою в сушильній шафі поз. п. 13

Значення температури нагрівача сушильної шафи (поз. п. 13) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (35-45°C) залежить якість основи хвилеводу. Найбільш сильне збурення, виникає через надходження продукту. Здійснення стабілізації заданого значення температури в сушильній шафі найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни потужності нагрівача сушильної шафи. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування температурою в сушильній шафі (поз. п. 13) використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.3.

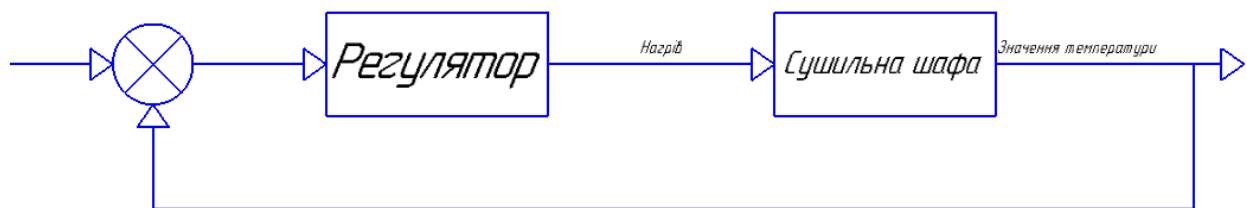


Рисунок 2.3 – Структурна схема керування температурою в сушильній шафі.

2.1.4 Контур керування діаметром: основи хвилеводу, хвилеводу з ПЕНТ, хвилеводу з ПЕВТ поз. п. 14-16

Діаметр виробу (поз. п. 14-16) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (2.2±0.1мм, 2.9±0.1мм, 3.2±0.2мм відповідно) залежить якість готового виробу. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі термопласту. Здійснення стабілізації заданого значення діаметру продукту найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни швидкості шнека екструдера. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування діаметром виробу (поз. п. 14-16) використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Структурна схема керування діаметром хвилеводу.

2.1.5 Контур керування довжиною хвилеводу поз. п.17

Довжина хвилеводу (поз. п.17) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (0-1500 м) залежить безпечність протікання процесу. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі готового продукту. Здійснення стабілізації заданого значення довжини хвилеводу найбільш доцільно виконувати за допомогою подачі сигналу на відрізний пристрій. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування довжиною використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Структурна схема керування довжиною хвилеводу.

2.1.6 Контур керування надходженням сировини в бункер екструдера поз. п. 18-20

Рівень сировини в бункері екструдера (поз. п. 18-20) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (0.5 м) залежить якість хвилеводу. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі сировини. Здійснення стабілізації заданого значення рівня в бункері найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни подачі (витрати) сировини. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування надходження сировини в бункер екструдера (поз. п. 18-20) використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Структурна схема регулювання надходженням сировини в бункер.

2.1.7 Контур керування витратою вибухової речовини у хвилеводі поз. п. 21

Кількість вибухової речовини у хвилеводі (поз. п. 21) є технологічною змінною, від підтримання швидкості подавання на регламентному рівні (20-30мг/м) залежить концентрація вибухової речовини у хвилеводі. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі ВР. Здійснення стабілізації заданого значення кількості ВР у виробі найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни подачі ВР до формуючої головки хвилеводу. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування кількістю вибухової використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.7.

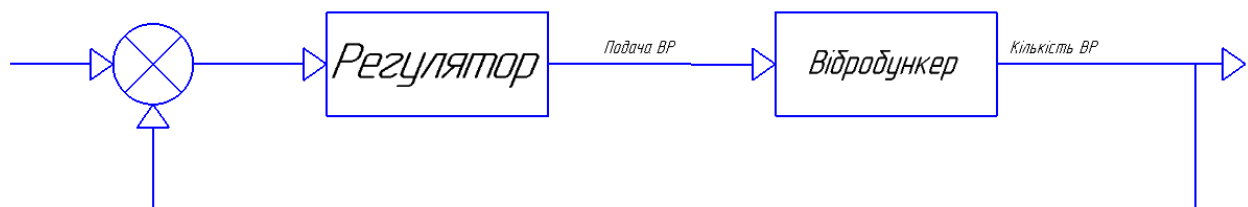


Рисунок 2.7 – Структурна схема керування кількості вибухової речовини у хвилеводі.

2.1.8 Контур керування швидкістю тягнучого пристрою поз. п. 22-24

Швидкість тягнучого пристрою (поз. п. 22-24) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (18м/хв) залежить якість продукту. Найбільш сильне збурення, виникає через надходження хвилеводу. Здійснення стабілізації заданого значення швидкості тягнучого пристрою найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни подачі живлення на вході двигуна тягнучого пристрою. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування швидкістю тягнучого пристрою (поз. п. 22-24) використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.8.

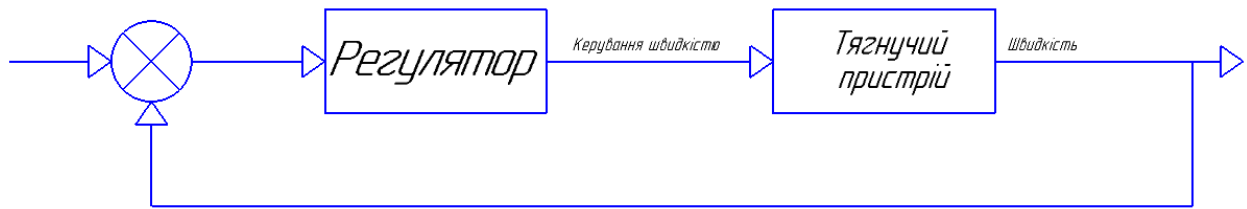


Рисунок 2.8 – Структурна схема керування швидкістю тягучого пристрою

2.1.9 Контур керування швидкістю намотувального пристрою поз. п.25

Швидкість намотувального пристрою (поз. п.25) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (18-14 м/хв) залежить якість намотування готового хвилеводу на котушку. Найбільш сильне збурення, виникає через подачу продукту. Здійснення стабілізації заданого значення швидкості найбільш доцільно виконувати за допомогою подачі на намотувальний пристрій сигналу зміни швидкості. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Для керування швидкістю намотувального пристрою використовується контур керування, структурна схема якого представлення на рисунку 2.9.

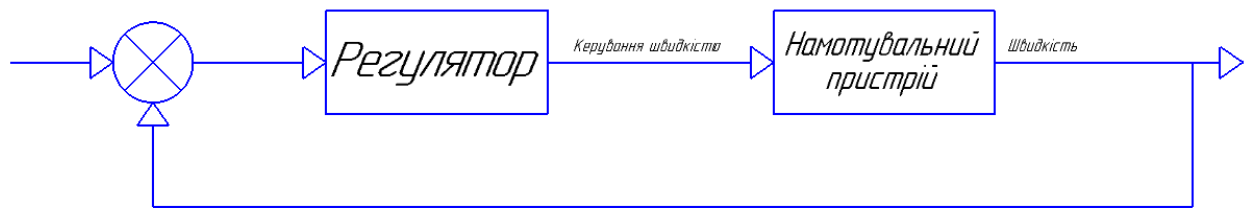


Рисунок 2.9 – Структурна схема керування швидкістю намотувального пристрою

2.1.10 Контур контролю рівня вибухової речовини у вібробункері поз. п.26

Рівень вибухової речовини у вібробункері (поз. п.26) є технологічною змінною, від підтримання якої на регламентному рівні (35 г) залежить якість продукту і безпека протікання процесу. Здійснення стабілізації даного параметру можливе лише в ручному режимі. Для безпечного протікання даного процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при перевищенні гранично допустимої межі.

Структурна схема контролю рівнем вибухової речовини представлення на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Структурна схема контролю рівня вибухової речовини у вібробункері

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ

З урахуванням технологічних особливостей об'єкту керування виберемо засоби автоматизації за допомогою яких буде здійснюватися керування процесом. В першу чергу беруть до уваги такі фактори, як пожеже- та вибухонебезпечність, агресивність і токсичність середовищ, число параметрів, котрі приймають участь в керуванні, та їх фізико-хімічні властивості, також вимоги до якості контролю та регулювання.

Головною особливістю вибору засобів автоматизації для процесу виготовлення хвилеводів в першу чергу є: пожеже- та вибухонебезпечність, якість, надійність. Також беруться до уваги, уніфікованість приладів під сучасні засоби прийому/передачі і обробки інформації, а також вибір засобів автоматизації від одного виробника.

3.1 Вибір засобів автоматизації

Вибір датчиків температури

Для вимірювання температури в екструдерах необхідно використовувати термометри опору, так як даний тип датчиків має потрібний для даного процесу діапазон вимірювання. Порівняємо характеристики термометрів опору в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики термометрів опору

| Назва приладу | Вихідний сигнал | Клас точності | Діапазон вимірювання | Ступінь захисту |
|------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|-----------------|
| ДТС 045.И EXD | 4...20 мА | $\pm 0,25$ %; $\pm 0,5$ % | -50...+300 °С | IP65 |
| ДТС054-50М.Ех-Т4 | 4...20 мА | $\pm 0,4$ %; $\pm 0,6$ % | – 50...+250 °С | IP54 |

Для виміру температури в екструдері найбільше підходить термометр опору ДТС 045.И EXD, так як він має більший ступінь захисту – що в умовах пожеже-вибухонебезпечного виробництва є головним фактором вибору пристрою.

Отже, для екструдера застосуємо термометр опору марки: ДТС 045.И EXD.

Термометри опору з вихідним сигналом 4 ... 20 мА ДТСхх5Е мають вид вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло» і призначені для установки і роботи у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок згідно з ПУЕ та іншим нормативним документам, що регламентують застосування електрообладнання у вибухонебезпечних умовах.

Зовнішній вигляд датчика представлений на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Датчик температури ДТС045.И EXD.

Для вимірювання температури в сушильній шафі необхідно використовувати термометри опору, так як даний тип датчиків має потрібний для процесу діапазон вимірювання. Порівняємо характеристики термометрів опору в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики термометрів опору

| Назва приладу | Вихідний сигнал | Клас точності | Діапазон вимірювання | Ступінь захисту |
|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| ТС125 50М | 4...20 мА | ±0,25 %; ±0,5 % | -50...+100°C | IP54 |
| ДТС125Л.И | 4...20 мА | ±0,25 %; ±0,5 % | -50...+80°C | IP65 |

Для виміру температури в екструдері найбільше підходить термометр опору ДТС125Л.И, так як він має більший ступінь захисту – що в умовах пожеже-вибухонебезпечного виробництва є головним фактором вибору пристрою.

Зовнішній вигляд датчика представлений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Датчик температури ДТС125Л.И.

Вибір датчиків виміру діаметру

Для виміру діаметра хвилеводу, проведемо вибір між датчиками виміру діаметру представленими в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики датчиків виміру діаметру

| Назва приладу | Інтерфейс зв'язку з ПЛК | Діапазон вимірювань, мм | Лінійність, мкм | Ступінь захисту |
|---------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| METIS 45 | RS485, Ethernet UDP, RS232 | 0,2 - 45 | ± 8 | IP 65 |
| UMAC A5CF-4K | RS-232/-422/-485 | 0.2 ... 5 | ± 15 | IP 54 |

Порівнявши технічні характеристики датчиків METIS 45 і UMAC A5CF-4K, можна зробити висновок що датчик METIS 45 для даного процесу є більш відповідний, оскільки процес є пожеже-вибухонебезпечним основними параметром для вибору став ступінь захисту датчика.

Лазерні датчики серії LAP METIS працюють за методом лазерного сканування. Один датчик складається з емітера і приймача. Якщо між ними є один або кілька об'єктів, то датчик вимірює відстань між краями затінення і / або зазору. Поодинокі датчики вимірюють діаметр, ширину, зазор, положення по одній осі або цілісність. Залежно від розташування можна також вимірювати овальність, довжину, прямолінійність або положення по двох осях. Таким чином ми можемо контролювати не тільки діаметр виробу, а й його цілісність.

Зовнішній вигляд датчика METIS 45 представлений на рисунку 3.3.

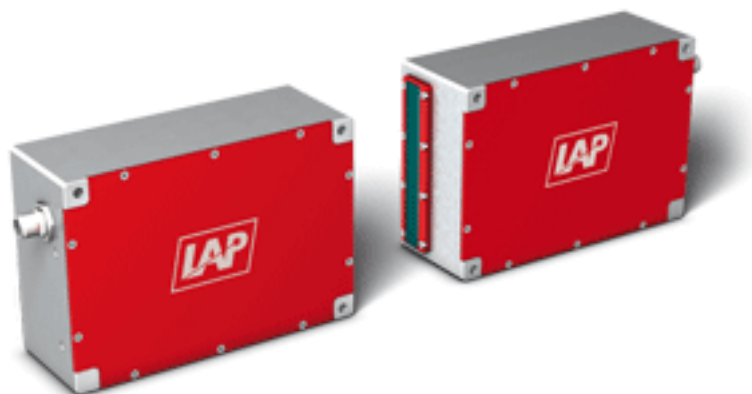


Рисунок 3.3 – Датчик виміру діаметра METIS 45

Вибір датчиків виміру довжини

Для виміру довжини виробу можливе використання датчиків представлених у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики датчиків виміру довжини

| Назва приладу | Інтерфейс зв'язку з ПЛК | Точність вимірювання, % | Ступінь захисту |
|---------------|--|-------------------------|-----------------|
| LSV-300 | RS-232 або RS-422 | 0,05 | IP 65 |
| VLM500 A | Аналоговий вихід 4...20 мА, RS485, RS422 | 0,025 | IP 65 |

Порівнявши технічні характеристики датчиків LSV-300 і VLM500 A, можна зробити висновок, що обидва датчики однаково підходять. Тому беручи до уваги точність вимірювання і спеціалізованість датчика на вимірі таких виробів як: труба, плівка, кераміка, папір, гума, нитка, фольга, кабель. Також з допомогою даного датчика можливо вимірювати швидкість. З точки зору

що виробництво є пожеже-вибухонебезпечним оскільки VLM500 A має більшу точність, в якості датчика виміру довжини і швидкості виберемо датчик VLM500 A зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 3.4.

Принцип роботи VLM500: джерело білого світла, потужний світлодіод (LED), за допомогою першого об'єктива створює на поверхні вимірюваного матеріалу світлову пляму, зображення якого на рівні кристалічної решітки через другий об'єктив зчитується фотодіодною матрицею високої роздільної здатності. Зображення аналізується швидкодіючим потужним процесором, який по послідовності зміни зображень розраховує швидкість матеріалу, аж до 50 м / с. В основі датчика VLM500 лежить просторово розподілений частотний фільтр, який дозволяє виконувати безконтактне вимірювання довжини і швидкості рухомих матеріалів. Такий принцип забезпечує фільтрацію виділених ґратчастих структур. Оптично помітні структури поверхні матеріалу розпізнаються, програмно структуруються, як ґрати і передаються на CCD-датчик. Оптичні датчики, які використовують цей принцип, працюють без зіткнення з поверхнею об'єкта і забезпечують таким чином повністю безконтактне вимірювання.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд датчика VLM500

Вибір датчиків рівня

Для виміру рівня можливе використання наступних датчиків:

а) Ультразвуковий датчик рівня LUC 4

LUC4 - компактний ультразвуковий рівнемір для невеликих діапазонів вимірювання, може використовуватися для вимірювання рівня рідин і сипучих речовин у відкритих або закритих ємностях. Рівнемір має функцію придушення перешкод, що дозволяє його використовувати в ємностях з працюючими мішалками і теплообмінниками. Функція компенсації температури дозволяє робити точні вимірювання у всьому діапазоні температур. Вихідний сигнал може бути 4-20 мА або 0-10 Вольт.

Основні характеристики датчика приведені в таблиці 3.5.

б) Ультразвукові датчики рівня The Probe

Рівнемір The Probe - для невеликих діапазонів вимірювання, може використовуватися для вимірювання рівня рідин і сипучих речовин у відкритих або закритих ємностях. Завдяки тефлоновому покриттю корпусу прилад може використовуватися для контролю за агресивними рідинами - розчинами кислот і лугів, а так само в харчовій промисловості та фармацевтиці. Рівнемір The Probe відрізняється простою установкою і обслуговуванням, наявністю температурної компенсації.

Основні характеристики датчика приведені в таблиці 3.5.

в) Ультразвуковий датчик US18

Ультразвукові датчики US18 є в двох виконаннях: в класичному корпусі M18 і комбінації прямокутного і циліндричного корпусу M18. Серія в класичному корпусі включають в себе моделі з дискретним біполярним виходом (1 NPN і 1 PNP), або з аналоговим виходом 4-20 мА або 0-10 В, з осьовим або радіальним напрямком випромінювання. Серія в комбінованому корпусі включає в моделі з дискретними виходами (PNP або NPN). За допомогою функції настройки в режимі навчання (Teach-in) датчики легко конфігуруються, а робочий стан сигналізується 2 двоколірними світлодіодами.

Основні характеристики датчика приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Зведена таблиця параметрів датчиків рівнів.

| Назва датчика | Точність виміру, % | Діапазон виміру, м | Вихідний сигнал | Ступінь захисту |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| LUC 4 | 0.5 | 0,3...4 | 4-20 мА або 0-10 В | IP 65 |
| The Probe | 0.25 | 0...5 | 4-20 мА | IP 65 |
| US18 | 0.02 | 0...0.3 | 4-20 мА або 0-10 В | IP 67 |

Порівнявши технічні характеристики датчиків рівня можна зробити висновок, що так як для контролю надходження сировини в бункер екструдера висока точність не потрібна, то вибираємо датчик який має достатню точність і простоту обслуговування, а саме LUC 4. Зовнішній вигляд датчика LUC 4 представлений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Датчик виміру рівня LUC 4

Для контролю надходження вибухової речовини до вібробункера з представлених у таблиці 3.5 датчиків рівня виберемо US18. Вибір пав на цей датчик тому що для контролю даного параметру необхідна висока точність і ступінь захисту. Зовнішній вигляд датчика US18 представлений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6– Датчик виміру рівня US18

Вибір датчика визначення кількості вибухової речовини

В процесі виготовлення хвилеводів необхідно підтримувати кількість вибухової речовини на одному рівні. При виготовленні хвилеводу наявність в ньому ВР можна спостерігати за відтінком основи хвилеводу – виріб із потрібною кількістю вибухової речовини має сірий колір. Для визначення кількості вибухової речовини у хвилеводі використаємо датчик кольору.

а) Датчик виміру кольору CRT 20В

Основні переваги:

- джерело випромінювання: Світлодіод;
- тип виходу: PNP, Analog / A;
- підключення: M12;
- матеріал корпусу і кришки оптики: метал;
- діапазон робоч.температур: $-25^{\circ}\text{C} \dots +55^{\circ}\text{C}$;

Зовнішній вигляд датчика CRT 20В представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Датчик виміру кольору CRT 20В

б) Датчик визначення кольору Visor color V10C-CO-A2-C

Основні переваги:

- Удосконалена функція розпізнавання об'єкта за рахунок додавання інформації про колір;
- Ефективне розпізнавання кольору, включаючи найдрібніші нюанси і світяться об'єкти;
- Ефективні функції пошук і відстеження деталі;

- Найвища точність за рахунок використання чіпа з високою роздільною здатністю (1,3 мегапікселя);
 - До 6 цифрові комутаційні виводів;
 - Подвійне збільшення робочого діапазону в порівнянні з платформою FA 45/46;
 - Порівняння форм об'єктів з роздільною здатністю WVGA, звичайно 20 мс;
 - Висока точність визначення положення: положення по осях X / Y і кут нахилу.
- Зовнішній вигляд Visor color представлений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд Visor color V10C-CO-A2-C

Технічні характеристики вище представлених датчиків наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики датчиків кольору

| Виробник | Leuze Electronic | Sensopart |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------|
| Найменування | CRT 20B | V10C-CO-A2-C |
| Діапазон робочих температур | -25°C..+55°C | -20°C..+60°C |
| Підключення | M12 | Ethernet, RS422, RS232 |
| Ступінь захисту | IP67 | IP 67 |

Порівнявши технічні характеристики датчиків можна зробити висновок що обидва датчика однаково підходять. Тому в якості датчика кольору взявши до уваги переваги датчиків, виберемо Visor color V10C-CO-A2-C, оскільки він має більший діапазон інтерфейсів підключення, а також простоту комутації. Даний датчик дозволяє краще людського ока визначати дрібні нюанси кольору. Це дозволяє, наприклад, визначати відхилення в кольорі об'єкта або сортувати об'єкти за кольорами.

Вибір перетворювачів частоти

В процесі виготовлення хвилеводу необхідно підтримувати постійну швидкість тягнучих пристроїв, та контролювати швидкість шнека екструдера. Процес підтримки постійної швидкості здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання двигуна тягнучого пристрою засобами

перетворювача частоти. Контроль швидкості обертання шнека екструдера здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання двигуна шнека екструдера засобами перетворювача частоти.

а) Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ101 -К37-А (рисунок 3.9).

Основні функції перетворювача частоти ОВЕН:

- Плавний пуск і останов двигуна, в тому числі відкладений запуск і пуск під навантаженням по S-образної характеристики розгону;
- Компенсація навантаження і ковзання;
- Вольт-частотний або векторний алгоритми керування;
- Автоматична адаптація двигуна без обертання;
- Автоматична оптимізація енергоспоживання, що забезпечує найвищий рівень енергоефективності;
- Повна функціональна і апаратна діагностика і захист роботи ПЧВ;
- Вбудований мережевий дросель і дросель в ланці постійного струму;
- Вбудований ПІ-регулятор для керування в замкнутому контурі (підтримання тиску, температури, рівня і т.д.);
- Вбудований ПЛК для вирішення складних завдань керування і позиціонування приводу
- Можливість роботи з зовнішніми Інкrementальний енкодер, в тому числі для підтримки малих частот обертання з великою точністю.
- Можливість динамічного гальмування, в тому числі із застосуванням гальмівних резисторів.
- Гнучка структура керування з можливістю одночасного керування по фізичним входів і по інтерфейсу RS-485, що забезпечує зручну інтеграцію в сучасні системи керування і диспетчеризації.
- Проста настройка в російськомовному конфігураторе або з використанням локальної панелі оператора. Швидкі меню і готові конфігурації під типові завдання.



Рисунок 3.9 – Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ101 -К37-А

б) Перетворювач частоти Mitsubishi Electric FR-E 520 (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Перетворювач частоти Mitsubishi Electric FR-E 520

Основні функції перетворювача частоти Mitsubishi Electric:

- Кероване гальмування і автоматичний перезапуск при пропажі напруги;
- Підхоплення обертового електродвигуна;
- Унікальна стабільність швидкості обертання, завдяки "Online-автонастройці";
- Значне зниження акустичного шуму електродвигуна, при використанні функції "М'яка ШИМ";

- Економія електроенергії з функцією оптимізації збудження (ОЕС);
- Просте і зручне і параметрування за допомогою російськомовного пульта;
- Відповідність російським і світовим стандартам;
- Збільшений термін служби.

Основні характеристики перетворювачів частоти наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні характеристики перетворювачів частоти.

| | | |
|--------------------|---|---|
| Виробник | ОВЕН | Mitsubishi Electric |
| Найменування | ПЧВ101 -К37-А | FR-E 520 |
| Вхідна напруга | 200-240 В | 200-240 В |
| Вихідна частота | 0.2-400 Гц | 0.2-400 Гц |
| Потужність двигуна | 0.37 кВт | 0.4 кВт |
| Сигнали керування | Аналогові:0-10В, 4 - 20мА; Цифрові: RS-485 | Аналогові: 0-5В, 0-10В, 4-20мА; Цифрові: пульт керування, або RS-485 |

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів частоти, можна зробити висновок, що обидва перетворювачі однаково підходять. Хоча перетворювач FR-E 520 має можливість підключення потужнішого двигуна, перевагу віддано перетворювачу ПЧВ101, так як він має

достатню потужність для двигуна тягучого пристрою, і засоби автоматизації виробника ОВЕН ми уже обрали для автоматизації.

Вибір твердотільного реле

В процесі виготовлення хвилеводів температуру нагрівачів потрібно підтримувати на заданому рівні. Процес підтримки температури нагрівачів в здійснюється за допомогою твердотільного реле. Виберемо твердотільне реле з представлених у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Основні характеристики твердотільних реле

| Найменування | Діапазон регулювання напруги | Керуючий сигнал | Ступінь захисту |
|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| MD-xx44.ZD3 | 24...440 В | 3...32 В | IP 54 |
| HD-xx25.LA | 10...250 В | 4...20 мА | IP 54 |
| HD-xx22.10U | 10...220 В | 0...10 В | IP 54 |

Порівнявши характеристики твердотільних реле, можна зробити висновок, що всі представлені реле підходять для регулювання нагрівачів. Маючи однаковий ступінь захисту і достатній діапазон регулювання, для уніфікації вхідних вихідних сигналів виберемо реле серії HD-xx25.LA зображене на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд HD-xx25.LA

Вибір контролера

На основі таблиці 1.5 і аналізу процесу виготовлення хвилеводів висунемо вимоги до портів контролера. Вимоги до портів контролера винесені до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Вимоги до портів контролера.

| Сигнали | Кількість сигналів |
|------------------------|--------------------|
| Аналогові вхідні | 22 |
| Дискретні вхідні | 0 |
| Аналогові вихідні | 0 |
| Дискретні вихідні | 21 |
| Цифрові вхідні/вихідні | 10 |

Орієнтуючись на технічні дані датчиків і виконавчих механізмів, для компоновки системи керування засобами обчислювальної техніки обрані модулі переважно компанії ОВЕН, орієнтовані на споживачів країн СНД. Засоби автоматизації що випускаються компанією ОВЕН є повністю власною розробкою.

Це дозволяє отримати детальну документацію на російській мові, технічну підтримку і навчання, а також гарантійне і післягарантійне обслуговування в сервісних центрах по всьому СНД. Також у компанії ОВЕН є виробнича площадка в Харкові (Україна), що спрощує замовлення засобів автоматизації даної компанії.

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160

Призначений для створення систем керування малими та середніми об'єктами.

Побудова системи керування і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як за допомогою провідних засобів - використовуючи вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовую радіо, GSM, ADSL модеми.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160

Контролер виконаний в компактному DIN-рейковому корпусі

Розширення кількості точок введення \ виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення \ виводу за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160

У контролері закладені потужні обчислювальні ресурси при відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;

- великий обсяг оперативної пам'яті - 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання змінних - до 16КБ.

Електричні параметри

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265) В, (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29) В.
- Невелика споживана потужність до 10 Вт.
- Дискретні входи – 16
- Дискретні виходи – 12
- Аналогові входи – 8
- Аналогові виходи – 4
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р - реле.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – ОВЕН ПЛК 160

«Швидкі» аналогові входи, для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ, або генератора з високою точністю.

б) ОВЕН ПЛК154

ОВЕН ПЛК154 - моноблочний контролер з дискретними і аналоговими входами / виходами на борту для автоматизації малих систем

Призначення контролера ОВЕН ПЛК154:

Створення систем керування малими та середніми об'єктами.

Побудова систем диспетчеризації.

Особливості ОВЕН ПЛК154:

Компактний DIN-рейковий корпус.

Дискретні і аналогові входи / виходи на борту.

Наявність послідовних портів (RS-485, RS-232) і Ethernet.

Розширення кількості точок введення / виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення / виведення за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

Конкурентні переваги ОВЕН ПЛК154:

Відсутність ОС, що підвищує надійність роботи контролерів.

Швидкість роботи дискретних входів - до 10 КГц при використанні підмодулей лічильника.

Велика кількість інтерфейсів на борту: Ethernet, 2 послідовних порту.

Розширений температурний діапазон роботи: від -20 до +70 С.

Вбудований акумулятор, що дозволяє «перечікувати» пропажу живлення: виконання програми при пропажі живлення і переклад вихідних елементів в «безпечний стан».

Вбудований годинник реального часу.

Контролер підтримує роботу з нестандартними протоколами за допомогою одного з портів, що дозволяє підключати такі пристрої як електро- газо-, водолічильники, зчитувачі штрих-кодів і т.п.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рисунку 3.14.

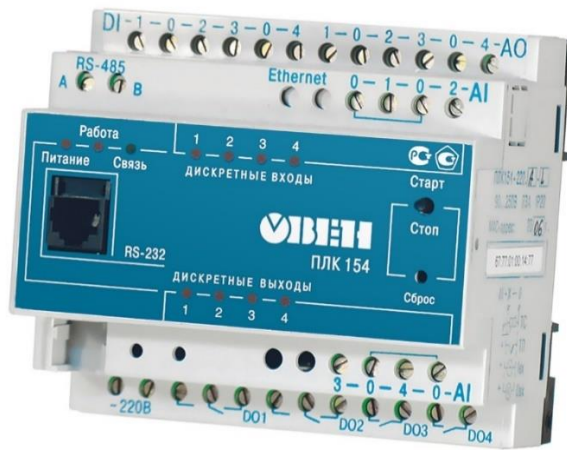


Рисунок 3.14 – ОВЕН ПЛК 154

Технічні характеристики:

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265) В, (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29) В.;
- Невелика споживана потужність до 10 Вт.;
- Дискретні входи – 4;
- Дискретні виходи – 4;
- Аналогові входи – 4;
- Аналогові виходи – 4;
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.;
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.;
- Дискретні виходи типу: Р - реле.;

Так як вбудованих аналогових входів / виходів мало, то існує необхідність використання додаткових модулів введення / виведення аналогових і дискретних сигналів.

Порівняв технічні характеристики контролерів ПЛК160 і ПЛК154, робимо висновок, що головна різниця між контролерами в кількості входних і вихідні каналів, а так як виробництво потребує регулюванню великої кількості параметрів, обираєм контролер ПЛК160.

Модуль введення аналогових сигналів ОВЕН МВ110-8А

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних в різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Прилад працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має наступні групи гальванічно ізольованих ланцюгів:

- ланцюга живлення приладу;
- ланцюга інтерфейсу RS-485;
- ланцюга вимірювальних входів.

Прилад не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Модуль введення аналогових сигналів представлений на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 - ОВЕН МВ110-8А

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів МВ110-8АС

- 8 каналів аналогового введення
- Типи вхідних сигналів: уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) і напруги (0-10 В)
- Частота вимірів: до 200 вибірок в секунду
- Напруга живлення: ~ 220 В або 24 В (в залежності від модифікації)
- Вбудований джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації зі змінним напругою живлення).

Модуль дискретного виводу МУ110-16Р

Прилад призначений для керування за сигналами з мережі RS-485 вбудованими дискретними ВЕ, використовуваними для підключення виконавчих механізмів з дискретним керуванням.

Вбудовані ВЕ можуть працювати в режимі ШІМ.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація МУ110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад ОВЕН АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Модуль дискретного виводу МУ110-16Р представлений на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Модуль дискретного виводу МУ110-16Р

Основні особливості модуля дискретного виводу ОВЕН МУ110-16Р:

- 16 каналів дискретного виводу, групова розв'язка
- Типи вихідних елементів: Р - е / м реле 3 А ~ 250 В або = 30 В
- Можливість видачі ШИМ-сигналу з будь-якого виходу
- Напруга живлення: ~ 220 В або = 24 В (в залежності від модифікації)

Вибір блока живлення

а) Блок живлення БП60

Блок живлення призначений для живлення стабілізованою напругою постійного струму спектру радіоелектронних пристроїв, релейної автоматики, контролерів, датчиків і т.п.

Основні функції:

- перетворення змінного (постійного) напруги в постійне стабілізоване у двох або чотирьох незалежних каналах
- обмеження пускового струму
- захисту від перенапруги й імпульсних завад на вході
- захист від перегрузки, короткого замикання і перегріву
- регулювання вихідного напруги за допомогою внутрішнього підлаштування резистора в діапазоні $\pm 8\%$ від номінального вихідного напруги зі збереженням потужності
- індикація про наявність напруги на виході кожного каналу

Основні технічні характеристики БП60 наведені в таблиці 3.11

Таблиця 3.11 - Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б

| | |
|--|-------------------|
| Частота вхідної змінної напруги: | 47...63 Гц |
| Поріг спрацьовування захисту по струму: | не більше 1,5 |
| Максимальна вихідна потужність: | 60 Вт |
| Нестабільність вих. напруги при зміні напруги живлення: | $\pm 0,2\%$ |
| Нестабільність вих. напр. при зміні струму навантаження від 0,1 I _{max} до I _{max} : | $\pm 0,25\%$ |
| Робочий діапазон температур: | -20...+50 °C |
| Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527: | група С |
| Ступінь захисту | IP20 |
| Вихідна напруга: | 24 \pm 1 % В |
| Амплітуда пульсації вихідної напруги: | 120мВ |

б) Блок живлення Schneider Electric ABL4RSM24100

Основні технічні характеристики вказані в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики ABL4RSM24100.

| | |
|--|----------------------------|
| Частота вхідної змінної напруги: | 47...63 Гц |
| Поріг спрацьовування захисту по струму: | не б. 1,5 I _{max} |
| Максимальна вихідна потужність: | 240 Вт |
| Нестабільність вих. напруги при зміні напруги живлення: | $\pm 0,2\%$ |
| Нестабільність вих. напр. при зміні струму навантаження від 0,1 I _{max} до I _{max} : | $\pm 0,25\%$ |

| | |
|---|-------------------|
| Робочий діапазон температур: | -20...+60 °С |
| Коефіцієнт температурної нестабільності вихідної напруги в робочому діапазоні температур: | ±0,025 % / °С |
| Рівень радіоперешкод по EN 55011 | class B |
| Тип і габаритні розміри корпусу: | Д4, 87x105x108 мм |
| Вихідна напруга: | 24 ± 1 % В |
| Амплітуда пульсації вихідної напруги: | 120мВ |
| Макс. струм навантаження I _{max} : | 4 А |
| Струм споживання: | 1,03...0,41 А |

Імпульсні блоки живлення Phaseo серії Slim ABL4RS (ABL4RS) і ABL4WS (ABL4WS) для вирішення різних завдань у промисловій, невиробничій і житлово-комунальній сфері. Підключення до однофазних і трифазних мереж.

Номінальна вхідна напруга 90-264 В АС, 340-550 В АС. Вихідні напруга (струм): 24 В (від 3,5 до 40 А). Точність вихідної напруги 1%. Діапазон потужностей від 85 до 960 Вт. Захист від перевантаження і короткого замикання, тепловий захист, вбудований захист від перенапруг в вихідний ланцюга.

Вбудована функція автоматичного перезапуску після усунення несправності, якщо вона виникла.

Присутній потенціометр для регулювання вихідної напруги. Вбудовані світлодіоди та контакт для індикації стану блоку живлення.

Сумісність з функціональними модулями ABL8B / RED / D / P для забезпечення безперебійної роботи і резервування. Монтаж на DIN-рейку або панель за допомогою висувних кріпильних вушок.

Порівнявши всі блоки живлення можемо зробити висновок, що блок живлення ОВЕН БП60 підходить більше за вимогами споживаної потужності і перед цим ми вже обирали прилади даного виробника, саме тому вибір зупиняємо на цьому блоку живлення.

Зовнішній вигляд блоку живлення ОВЕН БП60 представлений на рисунку 3.17.



Рисунок 3.17 – Блок живлення ОВЕН БП60

Вибір завантажувача

Для надходження сировини в бункери екструдера використаємо завантажувач.

а) Вакуумний завантажувач VLP-300

Переваги завантажувача:

- Всі контактуючі з матеріалом елементи, виконані із нержавіючої сталі;

- Роздільне виконання завантажувача (завантажувальна камера розташована окремо від вакуумного нагнітача) оберігає двигун нагнітача від перегріву і значно збільшує надійність обладнання;

- Завантажувач обладнаний системою очистки від пилу;
- Фільтр виконаний із спеціальних антистатичних матеріалів.

б) Вакуумний завантажувач SAL-330E

Переваги завантажувача:

- Всі контактуючі з матеріалом елементи, виконані із нержавіючої сталі;
- Завантажувач обладнаний системою очистки від пилу;

Основні характеристики завантажувачів наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Технічні характеристики завантажувачів.

| Найменування | VLP-300 | SAL-330E |
|--------------------|--------------|--------------|
| Потужність двигуна | 1.5 кВт | 1.3 кВт |
| Продуктивність | 300 Кг / год | 200 Кг / год |
| Вхідна напруга | 220 В | 220 В |

Порівнявши технічні характеристики та взявши до уваги переваги завантажувачів, можна зробити висновок що для пожеже-вибухонебезпечного виробництва більше підходить завантажувач VLP-300, оскільки має захист від перегріву, а також захист від статичної електрики.

Схема розміщення завантажувача зображена на рисунку 3.18.

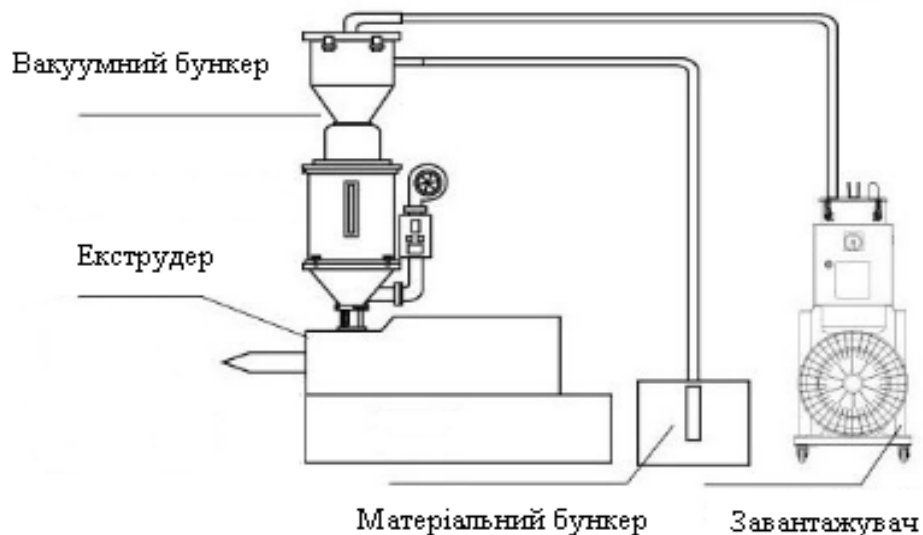


Рисунок 3.18 – Схема розміщення завантажувача VLP-300.

Вибір намотувального пристрою

Для відправлення хвилеводу на склад, готовий продукт необхідно упакувати. В нашому випадку готовий продукт намотується на котушку намотувального пристрою.

а) Автоматичний подвійний намотувальний пристрій PS 630 DS (рисунок 3.19).

Принцип роботи: Коли до закінчення процесу намотування на котушку 1 (заповнення котушки) залишається кілька метрів направляючий пристрій для кабелю пересувається до котушки 2 (порожня котушка) і починає процес намотування на порожню котушку. Процеси обрізки і зачеплення відбуваються без зниження швидкості екструдера, накопичувач також не потрібно.

Дана машина підходить для котушок з діаметром від 400 до 630 мм; крім того вона розроблена для експлуатації в тандемі з екструзійними лініями, які працюють як справа наліво, так і зліва направо.

Швидкість виробництва може змінюватися, крім того вона залежить від габаритів самої котушки і її максимального ваги.

Завантаження / вивантаження котушок: завантаження / розвантаження котушки здійснюється за допомогою сталеві платформи (моторизована платформа). Направляючий пристрій для дроту: пристрій приводиться в дію за допомогою без щіткового серводвигуна, синхронізованого в електричній осі з бухтонамотувальною головою.

Відрізний пристрій кабелю: керується за допомогою дискретного сигналу котрий надходить від мікроконтролера. Таким чином оператор може встановити будь-яку потрібну довжину готового виробу.



Рисунок 3.19 – Намотувальний пристрій PS 630 DS

б) Автоматичний намотувальний пристрій Metzner CRC 350 (рисунок 3.20).

Особливості :

- Високоєфективний для автоматичного натягу і вільної подачі матеріалу кабелів;
- для діаметрів барабана від 600мм до 1260mm;
- розширюваний з різними системами накопичення;
- Швидка зміна кабельних барабанів;
- Для матеріалів ваги від 150 кг до 1000 кг.



Рисунок 3.20 – Намотувальний пристрій Metzner CRC 350

Основні технічні характеристики намотувальних пристроїв наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Основні технічні характеристики намотувальних пристроїв.

| Найменування | Діаметр кабелю | Потужність | Швидкість намотування | Ступінь захисту |
|-----------------|----------------|------------|-----------------------|-----------------|
| PS 630 DS | 0.15-4мм | 1.5кВт | 5-50м/хв | IP 65 |
| Metzner CRC 350 | 1-10мм | 2.0кВт | 1-100м/хв | IP 54 |

Виходячи з даних таблиці 3.14, в якості намотувального пристрою будемо використовувати пристрій PS 630 DS, оскільки він має більшу ступінь захисту, та однією з функцій має відрізний пристрій – що є необхідним для нашого процесу.

Станція оператора АСУ AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

Модель AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 поєднує в собі невисоку вартість станції оператора АСУ з усім необхідним для відмовостійкої роботи, властивим серверному рішенню.

Технічні характеристики AdvantiX наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 - Основні технічні характеристики AdvantiX

| | |
|--------------------|--|
| Процесор | Core i7-6700 (4 ядра, HT) |
| Пам'ять | до 64ГБ, 4 x DIMM DDR4-2133 |
| Відеосистема | Інтегрований графічний адаптер Intel HD Graphics 510/530, DX 12 |
| Мережа | 2 x контролера Ethernet 10/100/1000 Intel i219LM, i210AT, підтримується WoL (Wake-on-Lan), PXE, Teaming, iAMT 11 |
| Порти | 7 x USB 2.0 4 x USB 3.0 2 x LAN (RJ-45) 2 x PS/2 2 x COM (RS-485), 1 x LPT Line In, Line Out, Mic |
| Живлення | 2 x 400W або 2 x 450W RPS з гарячою заміною |
| Робоча температура | 5...40°C (робота) |
| Операційна система | Microsoft Windows 7 32/64, Windows 8.1 x64, Windows 10 x64, Win Server 2012, Linux |
| Гарантія | 2 роки |

Станція оператора АСУ представлена на рисунку 3.21.



Рисунок 3.21 – Станція оператора АСУ AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

Вибір інтерфейсу зв'язку

Для забезпечення необхідної достовірності передачі даних при великій дальності використовується уніфікований інтерфейс RS485. Тому для зв'язку модулів розширення з промисловим контролером, будемо використовувати вказаний інтерфейс з відповідними протоколами.

Інформаційні мережі, засновані на даному інтерфейсі, набули найбільшого поширення при проектуванні промислових мереж автоматизації. Це високошвидкісний і перешкодостійкий послідовний інтерфейс, який дозволяє створювати мережі шляхом паралельного підключення до 32 пристроїв до однієї фізичної лінії. По інтерфейсу RS485 Дані передаються за допомогою «симетричного» () диференціального сигналу по двох лініях (А і В). Максимальна довжина лінії зв'язку між крайніми пристроями може становити до 1200 м (і більше з використанням повторювачів). Швидкість передачі становить 115200 біт / с. Для зв'язку промислового контролера ОВЕН ПЛК160 із промисловим комп'ютером буде використовувати інтерфейс RS485.

4 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Опис алгоритму роботи системи.

В загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рисунку 4.1.

Після включення живлення система перевіряє працездатність всіх пристроїв, і потім, в разі несправності система видає повідомлення про несправності, після чого буде очікувати подальших дій оператора. У разі вдалої перевірки система виконує ініціалізацію всіх пристроїв і чекатиме команди старту роботи. Після надходження команди старту запускається програма запуску системи. Дана програма необхідна для того щоб уникнути аварійних ситуацій під час пуску, а також уникнути пожеже-вибухонебезпечних ситуацій. Коли програма запуску виконає повний запуск системи, система переключиться на основну програму, за якою і продовжує працювати.

Підпрограма перевірки працездатності.

Алгоритм перевірки працездатності представляє собою такий порядок дій:

Спочатку система подає запит готовності контролера і чекатиме відповіді в протязом деякого часу, до спрацьовування сторожового таймера. Якщо контролер не відповідає протязом цього часу, то робиться висновок, що система несправна, якщо ж все контролер відповідає на запит, то система переходить до перевірки модулів виводу, послідовно відправляючи запити кожному з них і чекаючи відповіді. Якщо хоча б один пристрій не відповідає, система робить висновок про несправності. Якщо все модулі вводу / виводу справні, то система переходить до перевірки датчиків, як і в попередньому випадку посилаючи запити і чекаючи відповідь. У разі якщо всі пристрої і датчики справні, система виходить з програми. Алгоритм програми перевірки на працездатність зображений на рисунку 4.2.

Підпрограма запуску системи.

Алгоритм запуску системи необхідний для того, щоб уникнути аварійних ситуацій, браку продукції, а також для економії енергії. В першу чергу система включає нагрів екструдерів. Це потрібно тому, що нагрів цього апарату найтриваліший процес і для економії енергії його потрібно починати першим. Після розігріву екструдерів система готова до повного запуску, вмикаються двигуни шнеків та інші пристрої, і система виходить на робочий режим.

Алгоритм запуску системи зображений на рисунку 4.3.

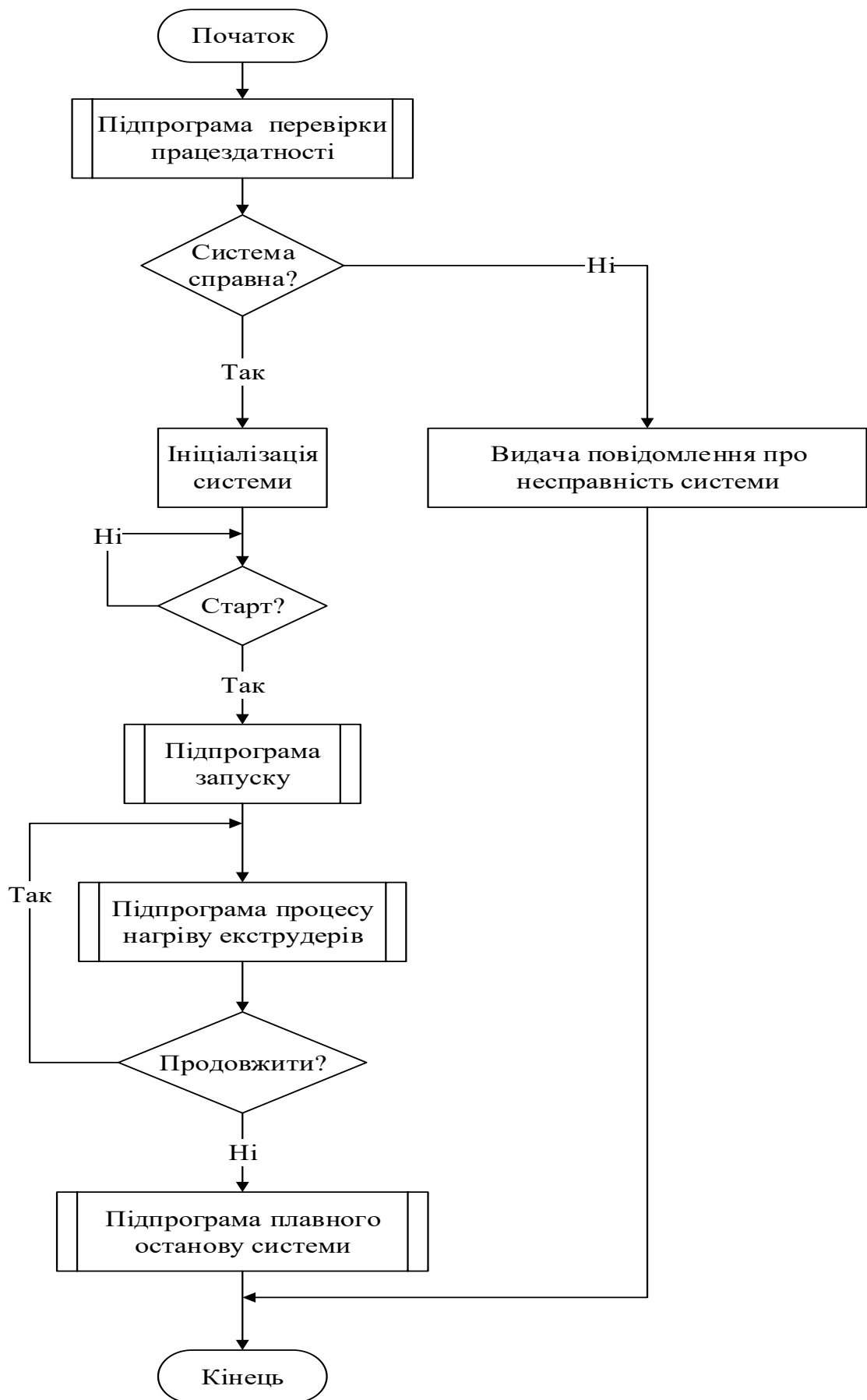
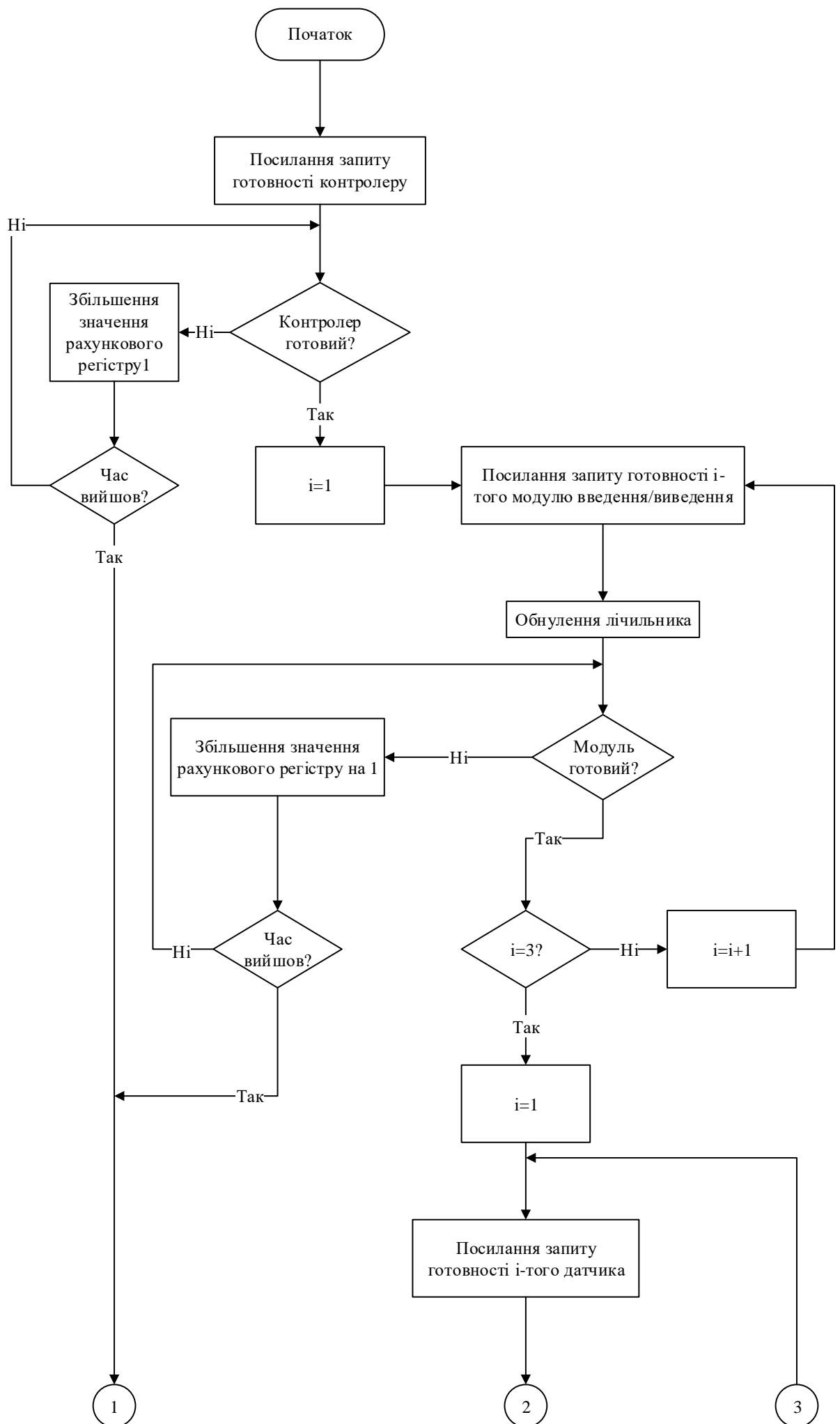


Рисунок 4.1 – Загальний алгоритм роботи системи



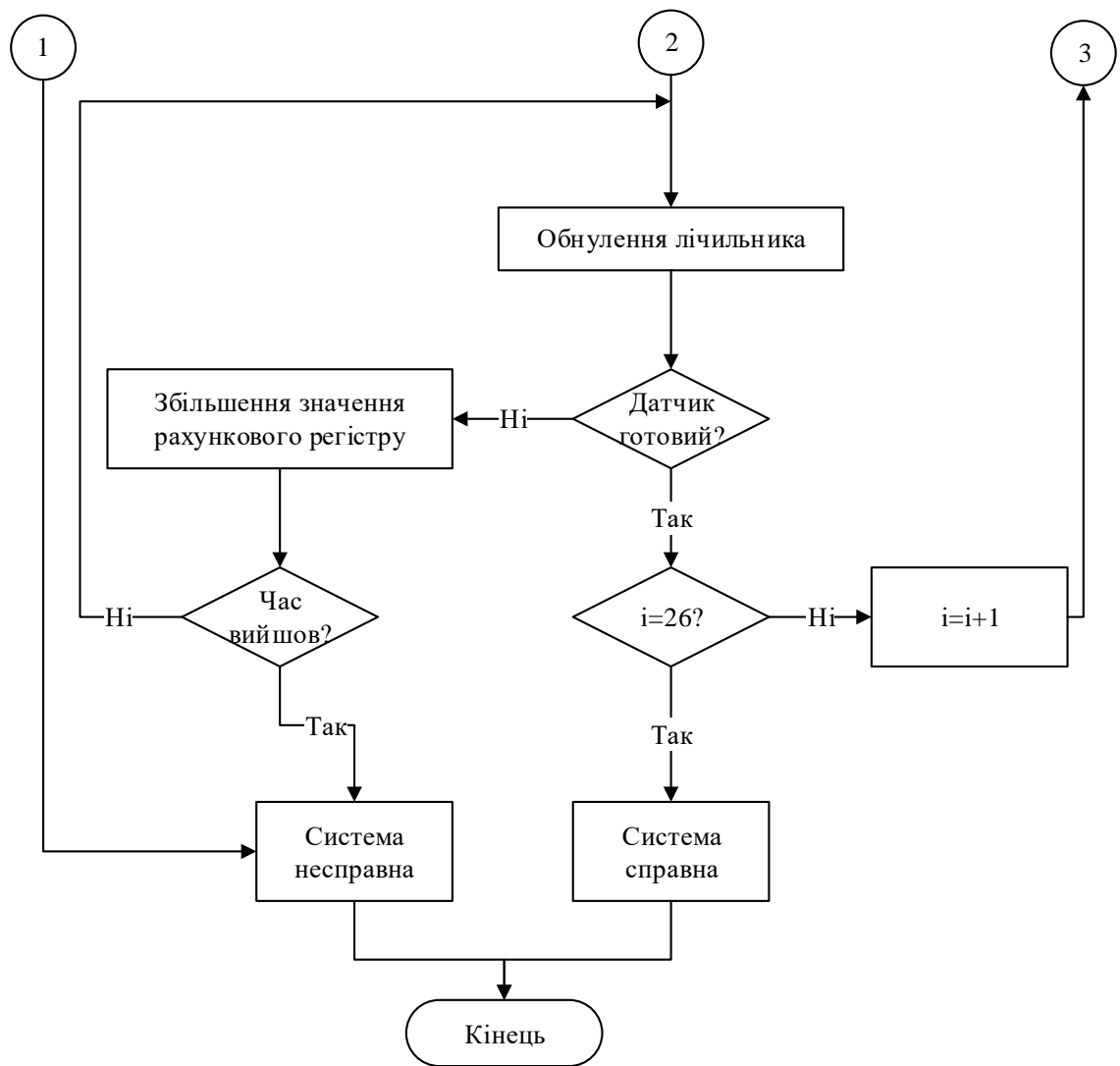


Рисунок 4.2 – Алгоритм перевірки працездатності системи

Підпрограма зупинки системи.

Алгоритм зупинки системи необхідний для того, щоб уникнути аварійних ситуацій, браку продукції, а також для економії енергії. В першу чергу система вимикає нагрів екструдерів, та вібробункер. Це потрібно тому, що вимикання цих приладів не в першу чергу може призвести до аварійних ситуацій. Після вимикання нагрівачів та вібробункеру система готова до безпечного вимикання, вимикаються двигуни шнеків, після чого вимикаються інші пристрої автоматизації, і система вимикається.

Алгоритм зупинки системи зображений на рисунку 4.4.

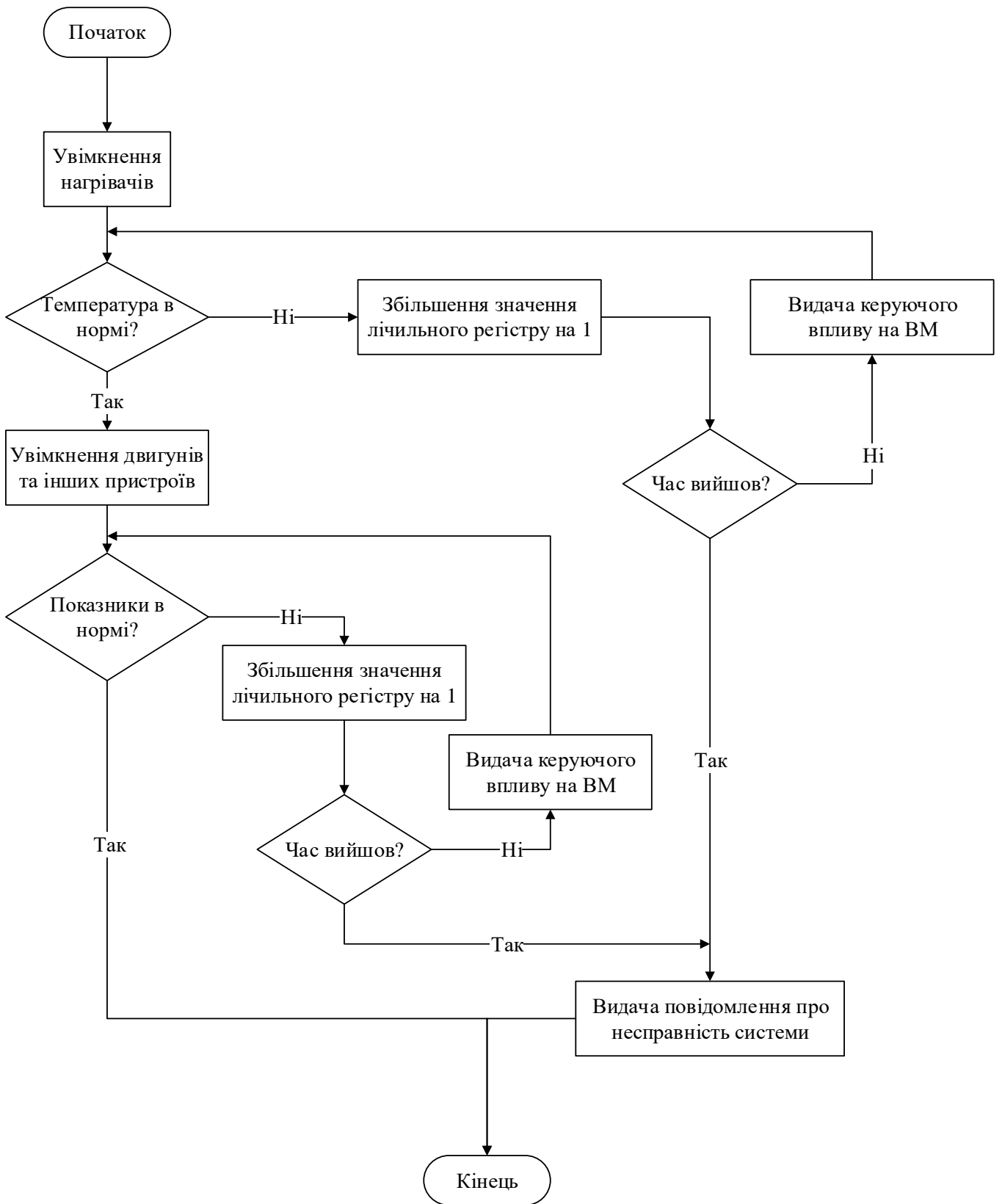


Рисунок 4.3 – Алгоритм запуску системи

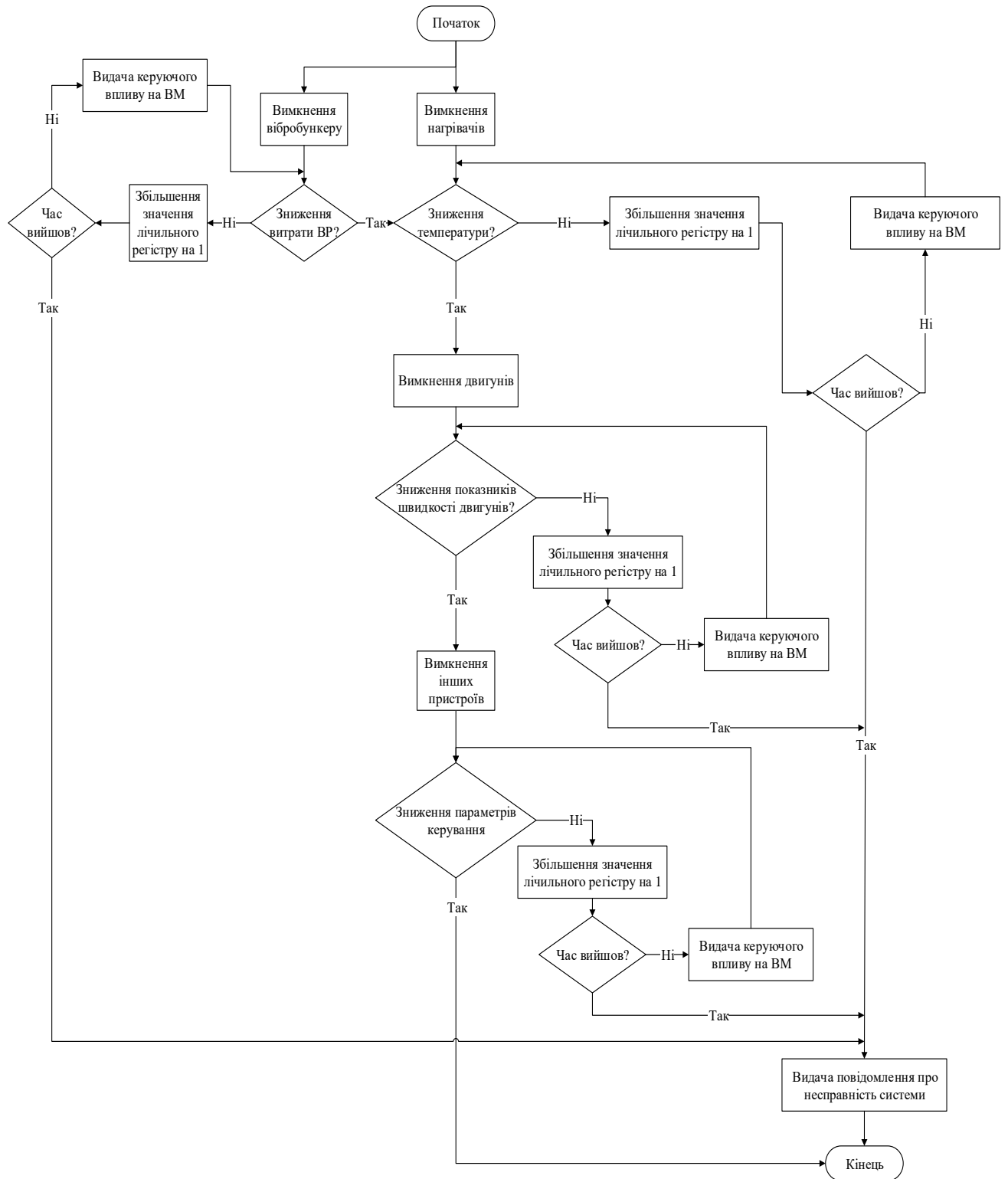


Рисунок 4.4 – Алгоритм зупинки системи

5 МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРВУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУДУВАННЯ ПОЛІМЕРУ

В якості регульованого технологічного параметру виберемо температуру розплаву полімеру екструдера №1 нагрівачами в зоні нагріву №1,2,3 та головці екструдера. Розрахунок теплового режиму термообробки полімерних матеріалів має велике значення при конструюванні та експлуатації екструдері у зв'язку з тим, що полімерні матеріали чутливі до змін температури, до залежності продуктивності агрегату та температури переробки. Формування температури розплаву відбувається під час проходження матеріалу в екструдері за допомогою шнека, встановлену температура полімеру необхідно регулювати за умови виконання вимог (див. п 2.1.1).

5.1 Отримання математичної моделі об'єкта керування.

Для теплового розрахунку екструдера необхідно встановити кількість тепла, що виникає за рахунок пластичної деформації в кожній тепловій зоні, котра визначається геометричними параметрами шнеку, числом обертів, в'язкістю полімеру, довжиною зони, і приблизно може розраховано за формулою:

$$Q_{пл} = 110330.5d_1^2 m^2 n l / h, \quad (5.1)$$

де d_1 -ефективний діаметр шнека, м; m – число обертів, об/год; n – ефективна в'язкість матеріалу, (кг/год)/ м²; h - глибина каналу черв'яка, м; l – довжина зони, м.

Відповідно до цього, для зняття надлишку тепла, який може привести до перегріву матеріалу, його частково видаляють за рахунок охолодження шнека. Крім того, слід зазначити, що в режимі нормальної експлуатації екструдера температура циліндра в даній тепловій зоні підтримується постійної автоматичною системою регулювання.

Отже, при складанні математичного опису, можна вважати, що температура циліндра в процесі просування матеріалу в розглянутій тепловій зоні залишається постійною, яка визначається видом матеріалу що переробляється.

Блок схема математичного опису теплового режиму роботи зображена на рисунку 5.1

Для кожного теплового блоку створимо рівняння теплових балансів в диференціальній формі:

1) для циліндру:

$$T_{ци} (l, \tau) = const, i - \text{номер теплової зони } (i=1,2,3); \quad (5.2)$$

2) для матеріалу:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} (\overline{\Delta S}_i \Delta l \overline{\rho_{mi}} \overline{c_{mi}} T_{mij}) = u_{пр} \Delta S_i \overline{\rho_{mi}} \overline{c_{mi}} (T_{mij-1} - T_{mij}) + u_{пр} \Delta S_i \overline{\rho_{mi}} \overline{c_{mi}} (T_{mij+1} - T_{mij}) + \\ + Q_{пл} + K_{ц-м} \Delta S_{циj} (T_{ци} - T_{mij}) - K_{м-шн} S_{шн} (\overline{T_{mi}} - T_{шнi}), \end{aligned} \quad (5.3)$$

де $\overline{\Delta S}_i$ – середня площа поперечного зрізу теплової зони; Δl – елементарна довжина зони; $Q_{пл}$ - тепло-пластична деформація на довжині Δl ; $K_{ц-м}$ – коефіцієнт тепловіддачі від циліндра до матеріалу; $\Delta S_{циj}$ -внутрішня тепловіддаюча поверхня циліндру на елементарній довжині Δl ; $T_{ци}$ - температура циліндра; T_{mij} – температура матеріалу в j-тому розрізі; j – індекс розрізу теплової зони, $j = 1, n$; $n = L/\Delta l$ – число елементарних довжин зони.

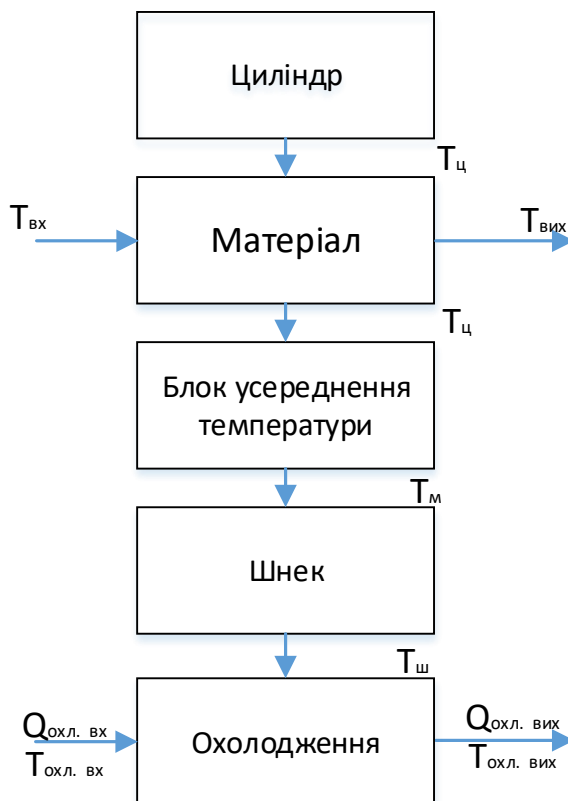


Рисунок 5.1 – Блок-схема математичного опису теплового режиму роботи екструдера.

3) для блоку усереднення температури в зоні:

$$\overline{T_{mi}} = \sum_{j=1}^n T_{mij}; \quad (5.4)$$

4) для шнеку:

$$\frac{d}{d\tau} (M_{шні} \overline{c_{шн}} T_{шні}) = K_{м-шн} S_{шн} (\overline{T_{mi}} - T_{шні}) - \alpha_{шн-в} S_{шн} (\overline{T_{шні}} - T_{vi}), \quad (5.5)$$

де $M_{шні} \overline{c_{шн}} T_{шні}$ – маса, теплоємність, температура шнеку в i -тій тепловій зоні; $\alpha_{шн-в}$ – коефіцієнт тепловіддачі від шнека; T_{vi} – температура охолодження в i -тій тепловій зоні;

5) охолодження:

$$\frac{d}{d\tau} (M_v \overline{c_v} T_{vi}) = F_B \rho_B c_B T_B^{BX} + \alpha_{шн-в} S_{шн} (\overline{T_{шні}} - T_{vi}) - F_B \rho_B c_B T_{vi}. \quad (5.6)$$

Вирішення системи рівнянь (5.1-6) з заданими початковими умовами, а також з розрахованими параметрами електричної частини дозволить зробити розрахунок нагріву матеріалу що екструдується, в зазорі циліндру при заданій довжині теплової зони.

Контур регулювання температури в екструдері №1 зображений на рисунку 5.2.

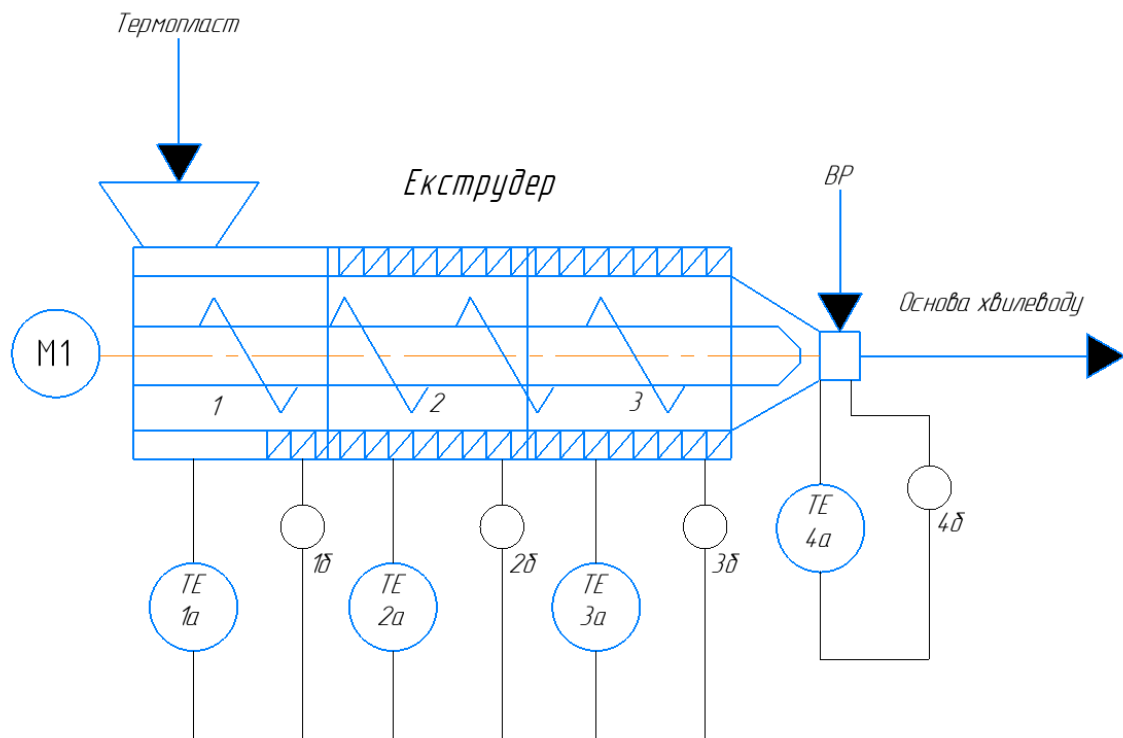


Рисунок 5.2 – Контур регулювання температури в екструдері №1.

Для реалізації математичної моделі екструдера вибрано середовище MATLAB. Цей вибір зумовлений істотними перевагами цього середовища над іншими засобами створення програм для математичних розрахунків:

- орієнтацією MATLAB для роботи із масивами числових значень (експериментальних даних про фізичні властивості) ;
- широким набором функцій для візуалізації результатів розрахунку;
- простотою мови програмування, яка передбачає роботу як із скалярними величинами та їх масивами, так і з складними графічними об'єктами згідно з принципами об'єктно-орієнтованого програмування;
- наявністю в складі MATLAB інтерактивних засобів, які спрощують розробку графічного інтерфейсу користувача.

Розробку теплової моделі в MATLAB можна виконати за допомогою додатку PDETool (Partial Differential Equations Toolbox).

Оскільки сумісний розрахунок перетворювача та індуктора нагрівальної установки по часовій шкалі вимагає великих часових витрат, то в даній ситуації оптимальним варіантом буде розрахунок з розділенням в часі розрахунків на теплову і електричну частину моделі зі зміною розрахункового часу, на кожен крок теплової частини моделі повинно приходиться 50-500 кроків електричної частини моделі.

Загальна схема моделі зображена на рисунку 5.3.

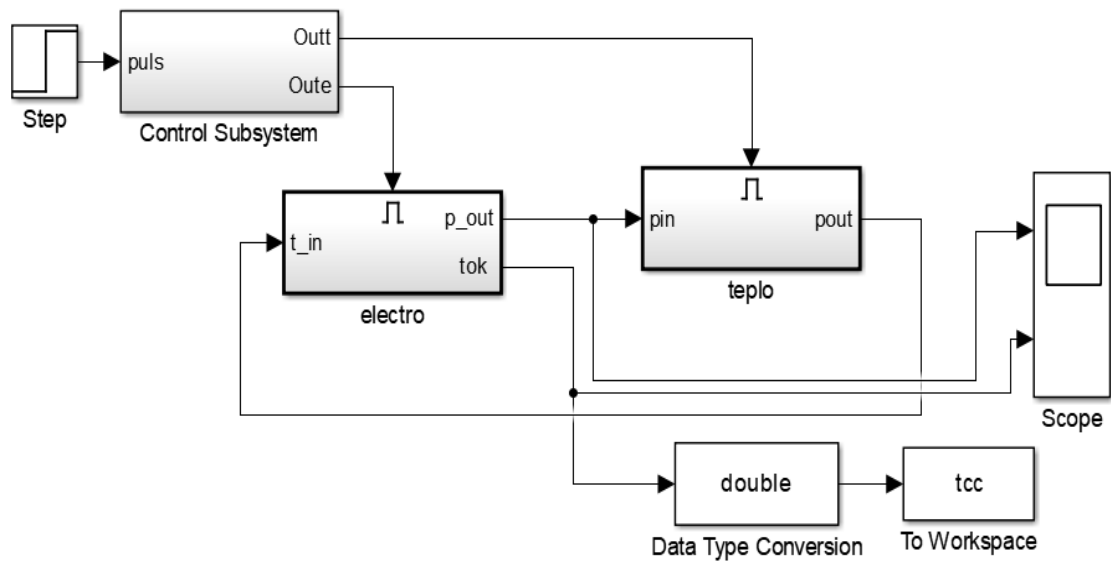


Рисунок 5.3 – Загальна схема моделі екструдера

Підсистема Control Subsystem забезпечує формування керуючого позитивного не нульового сигналу в протифазі на вході електричної та теплової моделі, за рахунок чого відбувається почергова робота даних підсистем. Підсистема системи керування розрахунком представлена на рисунку 5.4.

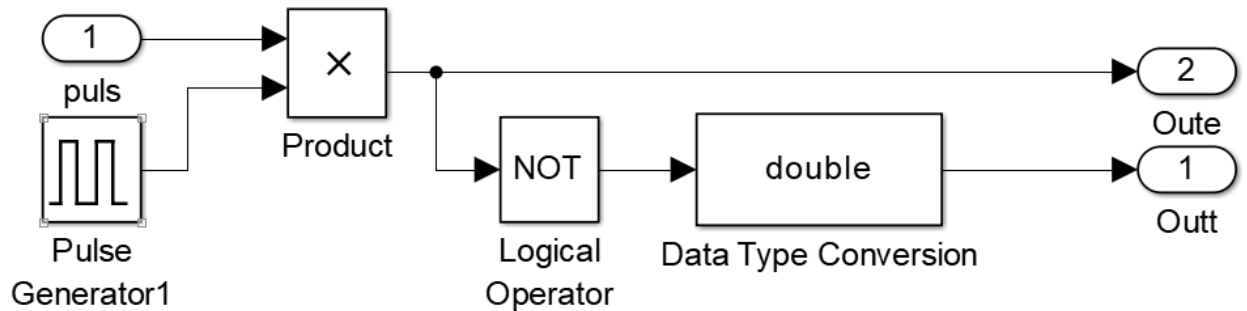


Рисунок 5.4 – Підсистема керування розрахунком

Електрична частина системи представлена підсистемою electro (рис. 5.5), до складу якої у вигляді підсистеми R_Var входить керований активний опір, модель якого зображена на рисунку 5.6.

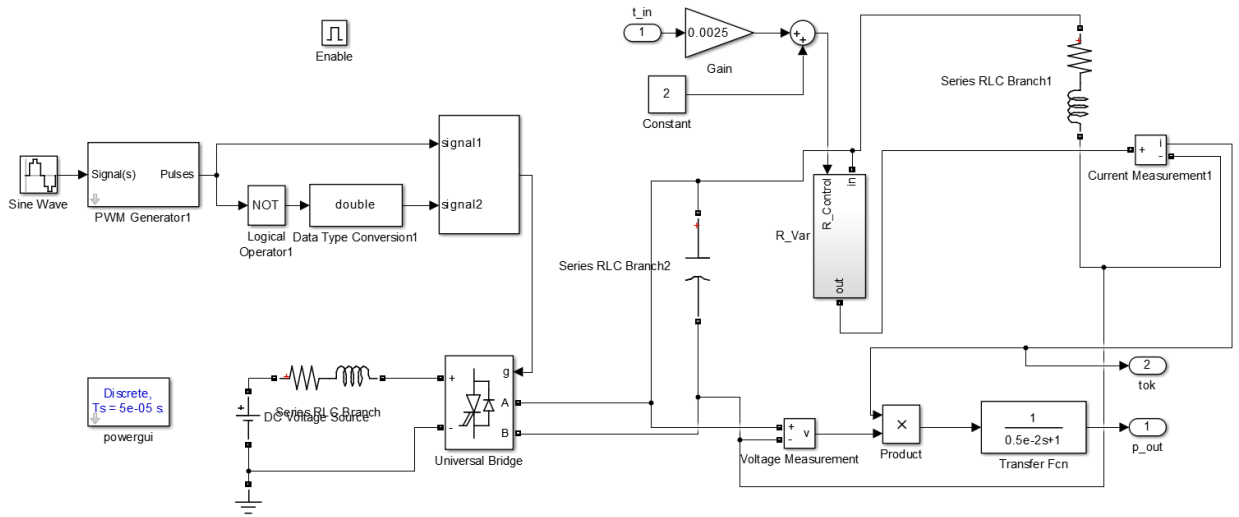


Рисунок 5.5 – Модель електричної частини екструдера

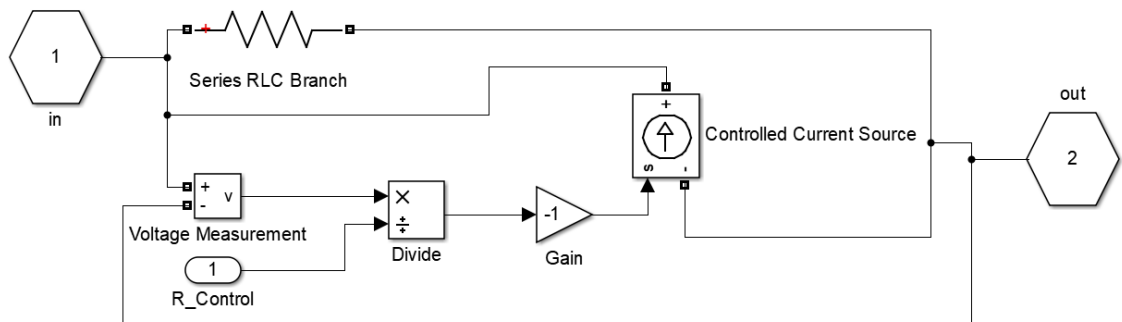


Рисунок 5.6 – Модель керованого активного опору

Теплова частина моделі представлена підсистемою *tempo*, дана підсистема представляє собою аперіодичну ланку необхідну для обміну даними з електричною частиною моделі. Дана модель зображена на рисунку 5.7. Паралельно з розрахунком в Simulink параметри електричної частини моделі, а саме сила струму передаються до програми в середовищі Matlab, де оброблюються і використовуються для розрахунку зміни температури матеріалу що екструдується. Програма для розрахунку температури матеріалу наведена в додатку А.

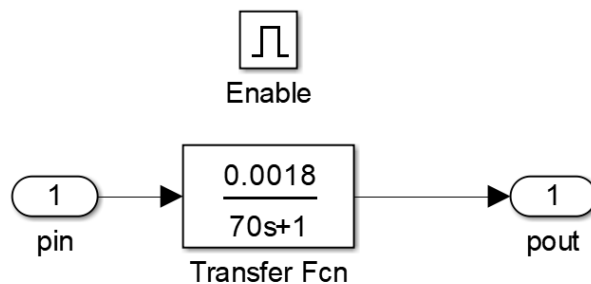


Рисунок 5.7 – Модель теплової частини екструдера

В залежності від сили струму яку подають на індукторний нагрівач екструдера залежить температура екструдованого матеріалу. На рисунку 5.8 представлені графіки електричної частини сигналів змодельованої установки з середнім вихідним струмом $I=80\text{A}$.

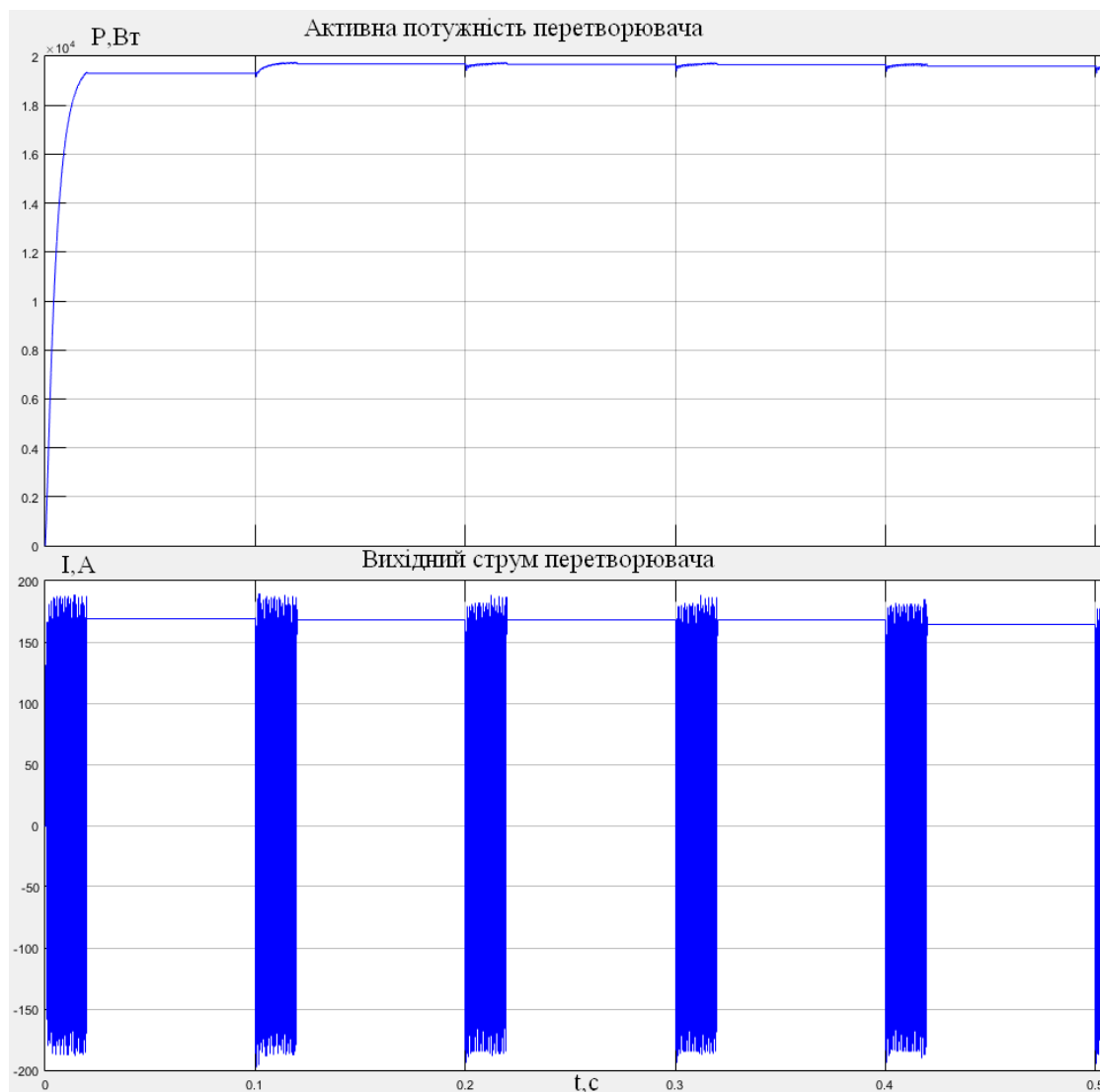


Рисунок 5.8 – Графіки електричної частини моделі ($I=80\text{A}$)

Виходячи з параметрів графіка електричної частини моделі (рис.5.8) отримали графік розподілення температури розплаву полімеру в екструдері зображені на рисунку 5.9.

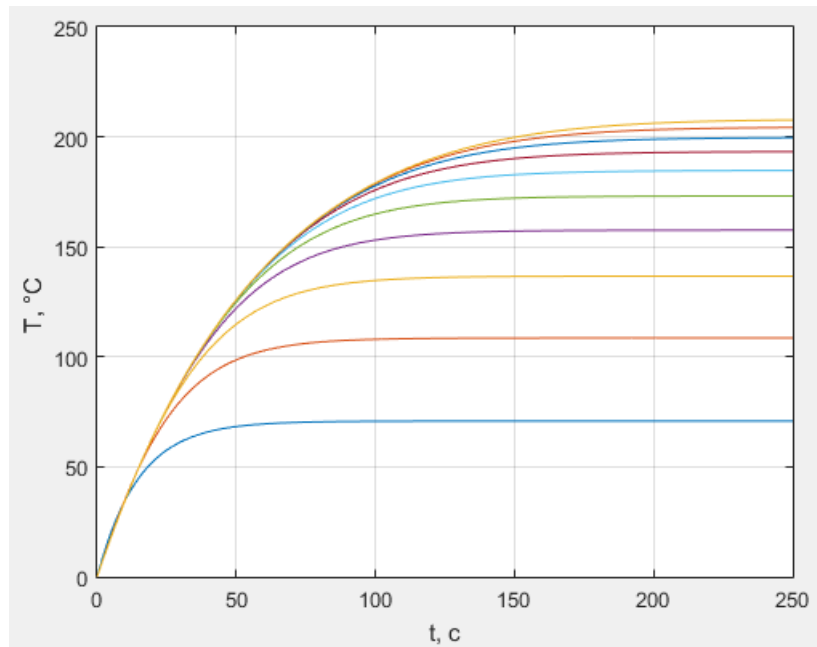


Рисунок 5.9 – Графік розподілення температури в екструдері

Змінивши параметри системи керування розрахунком отримаємо графік електричної частини моделі представлений на рисунку 5.10 з середнім значенням струму $I=30\text{A}$.

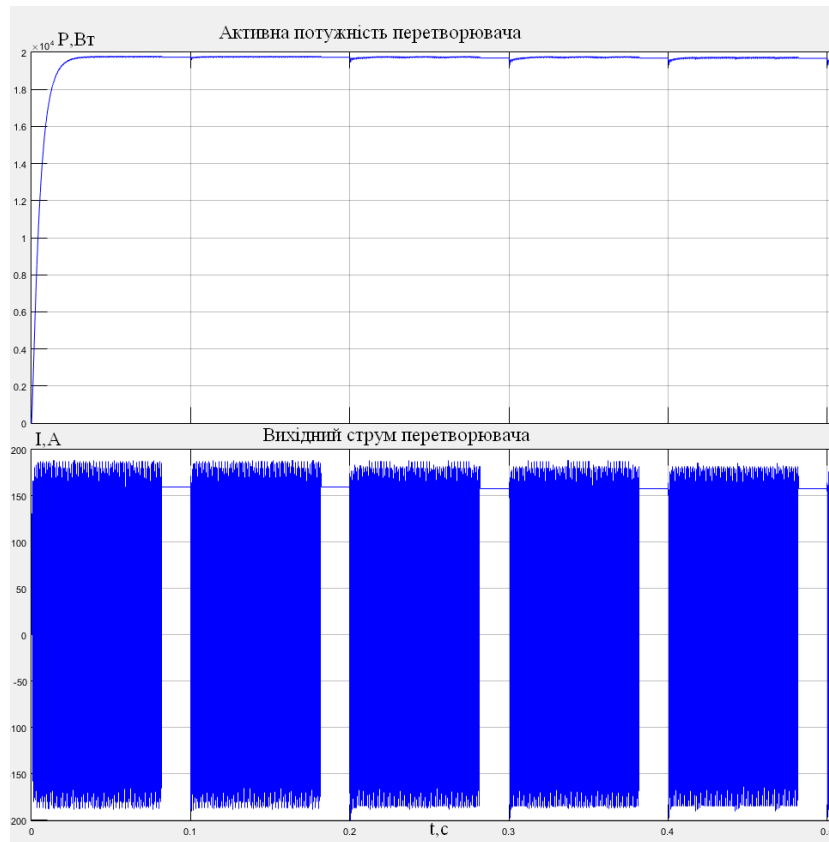


Рисунок 5.10 – Графіки електричної частини моделі ($I=30\text{A}$)

На основі параметрів електричної частини отримаємо графік розподілення температури в екструдері зображений на рисунку 5.11.

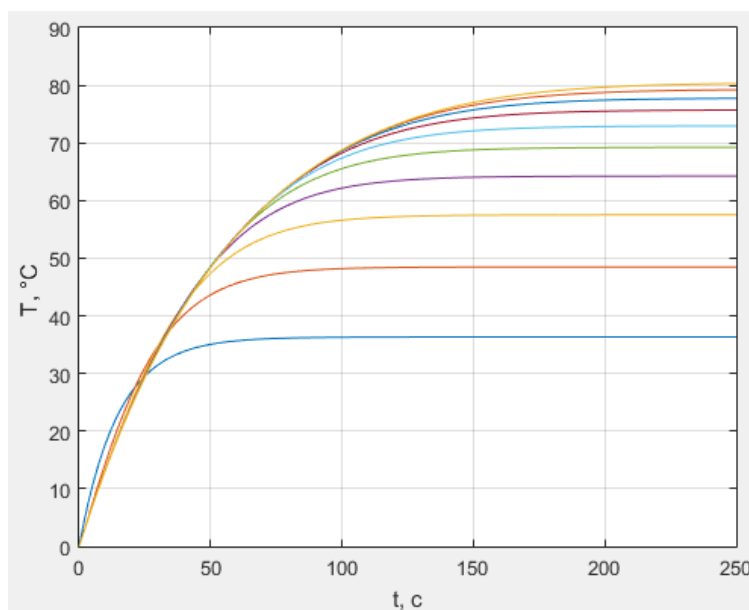


Рисунок 5.11 – Графік розподілення температури в екструдері

5.2 Перевірка відповідності моделі

Для перевірки правильності побудови моделі змодельємо теплове поле екструдера за допомогою програмного середовища PDETool Matlab. Модель теплового поля з тривалістю моделювання 100,200, 250 с, зображена на рисунку 5.12 – 5.14 відповідно.

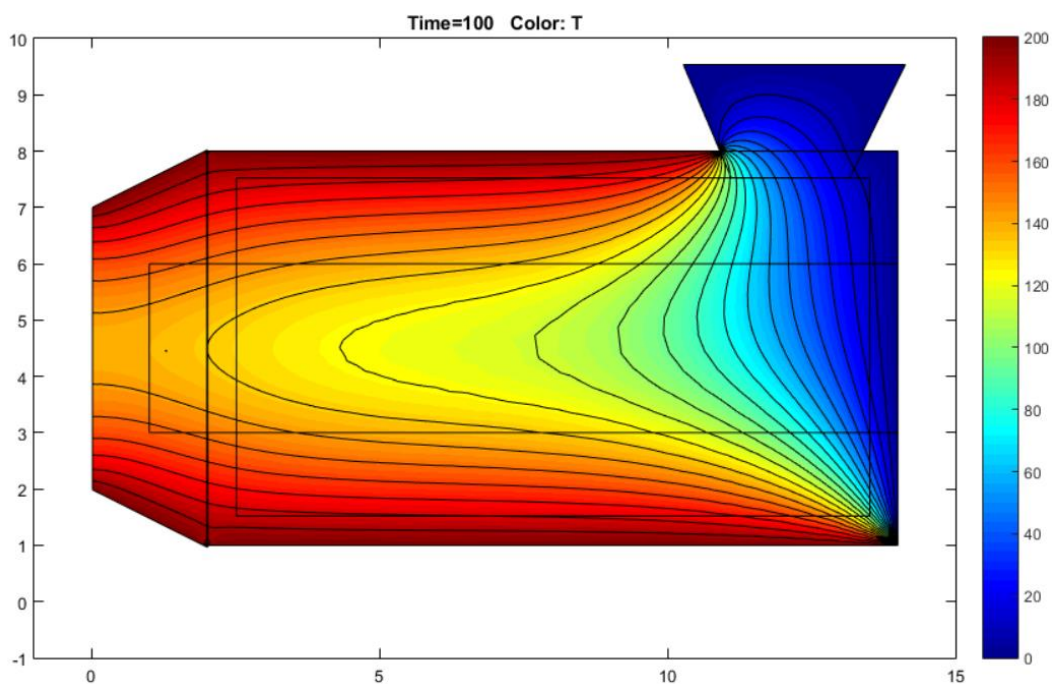


Рисунок 5.12 – Теплове поле екструдера (тривалість моделювання 100 с)

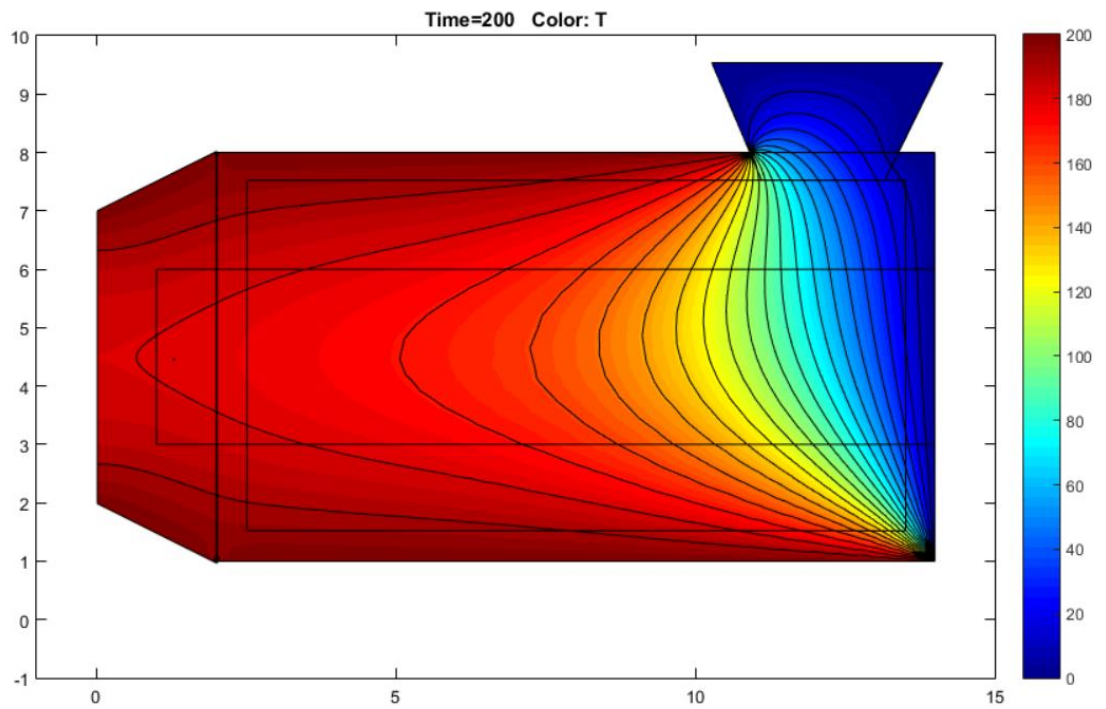


Рисунок 5.13 – Теплове поле екструдера (тривалість моделювання 200 с)

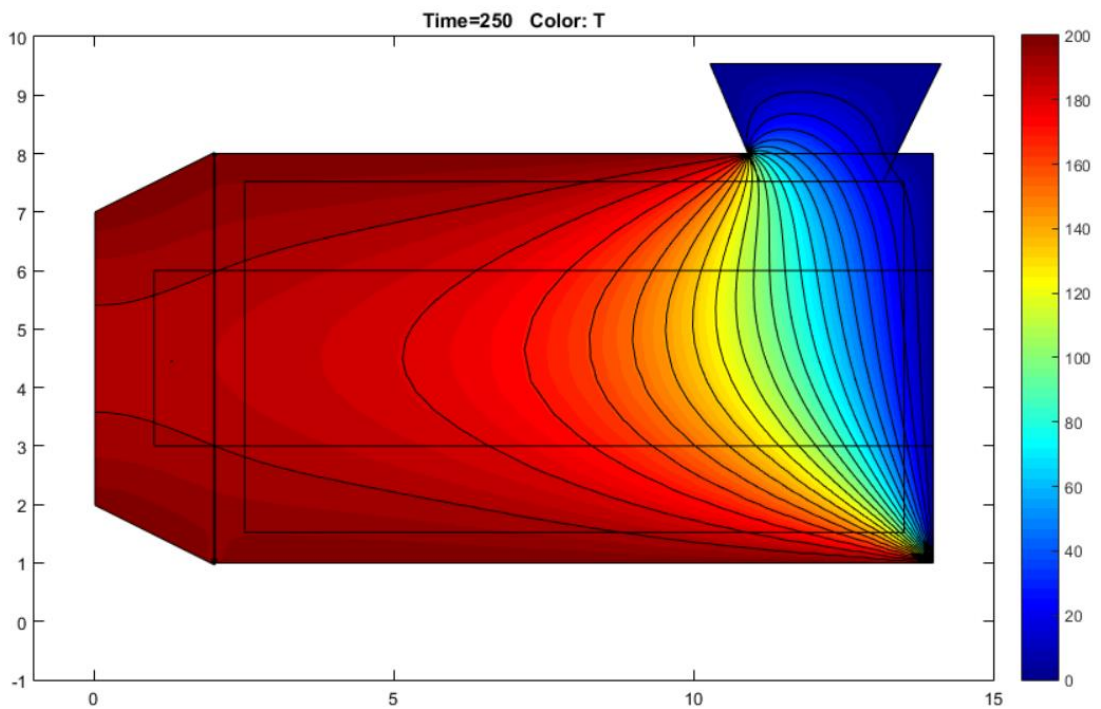


Рисунок 5.14 – Теплове поле екструдера (тривалість моделювання 250 с)

Порівнявши зображення рисунків 5.12 – 5.14 із рисунком 5.9 у відповідні моменти часу моделювання, а саме 100, 200, 250 с бачимо що значення температури в порівнянні майже не відрізняється, з чого можна зробити висновок, що побудована нами модель в пункті 5.1 відповідає дійсності.

5.3 Визначення параметрів регулятора

5.3.1 Нормування кривої розгону

Отримаємо передаточну функцію об'єкту керування на основі апроксимації графіків рисунка 5.9 з використанням методу Сімою.

Із ординат кривої розгону формуємо вектор-строку даних

$$Y1(t) = (0 \ 5 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30 \ 35 \ 40 \ 45 \ 50 \ 55 \ 58 \ 60 \ 63 \ 65 \ 67 \ 69 \ 70 \ 71 \ 71.5 \ 72)$$

Транспонуємо вектор-строку в вектор-стовпець, нормуємо криву розгону (ділимо все значення на $y_{уст} = 72$) і визначаємо розмірність вектора N , результати заносимо до таблиці 5.1.

$$h = \left(\frac{y}{72}\right)^T \quad N = \text{length}(h) - 1;$$

$$N = 20.$$

Таблиця 5.1 – Нормовані значення кривої розгону

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.2 Задаємось видом передатної функції. При $t = 0$ $y = 0$ і $\frac{dy}{dt} = 0$, а отже,

$$n - m = 2.$$

5.3.3 Крок розрахунку по часу $\Delta t = 10$ с. Встановлюємо значення коефіцієнту

$S_0 = 0$ для забезпечення можливості автоматизації розрахунків. Записуємо функцію в MathCad, яка описує підінтегральний вираз рівняння для знаходження коефіцієнтів S_k в загальному вигляді в дискретній формі.

$$u(S, i, k) = \left[(1 - h_i) \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] \right] \quad (5.7)$$

де k – номер обчислюваного коефіцієнта S_k ;

i – номер кроку розрахунку за часом.

5.3.4 За допомогою пакета MathCad проводимо розрахунок перших 5-ти коефіцієнтів S (рисунок 5.15).

$$U(S, i, k) := (1 - h_i) \cdot \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right];$$

$$S_k := \Delta t \cdot \left(\sum_{i=1}^{N-1} U(S, i, k) + \frac{U(S, 0, k) + U(S, N, k)}{2} \right);$$

Рисунок 5.15 – Розрахунок коефіцієнтів S допомогою пакета MathCad

Аналогічно визначимо S коефіцієнти для ще 5 передаточних функцій, та зведемо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розраховані S коефіцієнти передаточних функцій.

| № функції N | S | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | S | 67.99 | 68.76 | 84.24 | 92.03 | 78.94 | 82.27 |
| 2 | S | 1.202* 10 ³ | 1.39*1 0 ³ | 2.214* 10 ³ | 3.046* 10 ³ | 1.889* 10 ³ | 2.129* 10 ³ |
| 3 | S | - 1.216*10 ⁴ | - 2.199*10 ³ | - 2.827*10 ³ | - 2.066*10 ⁴ | - 3.564*10 ⁴ | - 1.599*10 ³ |
| 4 | S | - 2.013*10 ⁵ | - 1.458*10 ⁵ | - 6.331*10 ⁵ | - 1.11*10 ⁶ | - 4.139*10 ⁵ | - 6.048*10 ⁵ |
| 5 | S | 1.224* 10 ⁷ | 5.997* 10 ⁶ | 1.628* 10 ⁷ | 1.364* 10 ⁷ | 1.159* 10 ⁷ | 1.15*1 0 ⁷ |

Згідно п. 5.3.2 приймаємо, що перехідна функція має другий порядок. А оскільки прийнято, що різниця між степенями знаменника і чисельника дорівнює двом, то, очевидно, що порядок чисельника m в нашому випадку повинен дорівнювати 0 (тобто, в чисельнику константа), а коефіцієнти будуть співвідноситись як:

$$\alpha_1 = S_1; \alpha_2 = S_2; \alpha_k = S_k. \quad (5.8)$$

Таким чином, передатна функція об'єкта може буде представлена в вигляді

Коефіцієнт підсилення розраховується за формулою $K = \frac{y_{\max}}{u_{\max}}$

$$W(s) = \frac{K}{a_2 s^2 + a_1 s + 1}. \quad (5.9)$$

5.3.5 Отримання перехідної характеристики системи

Підставимо значення передаточних функцій в імітаційну модель структурна схема якої представлена на рисунку 5.16.

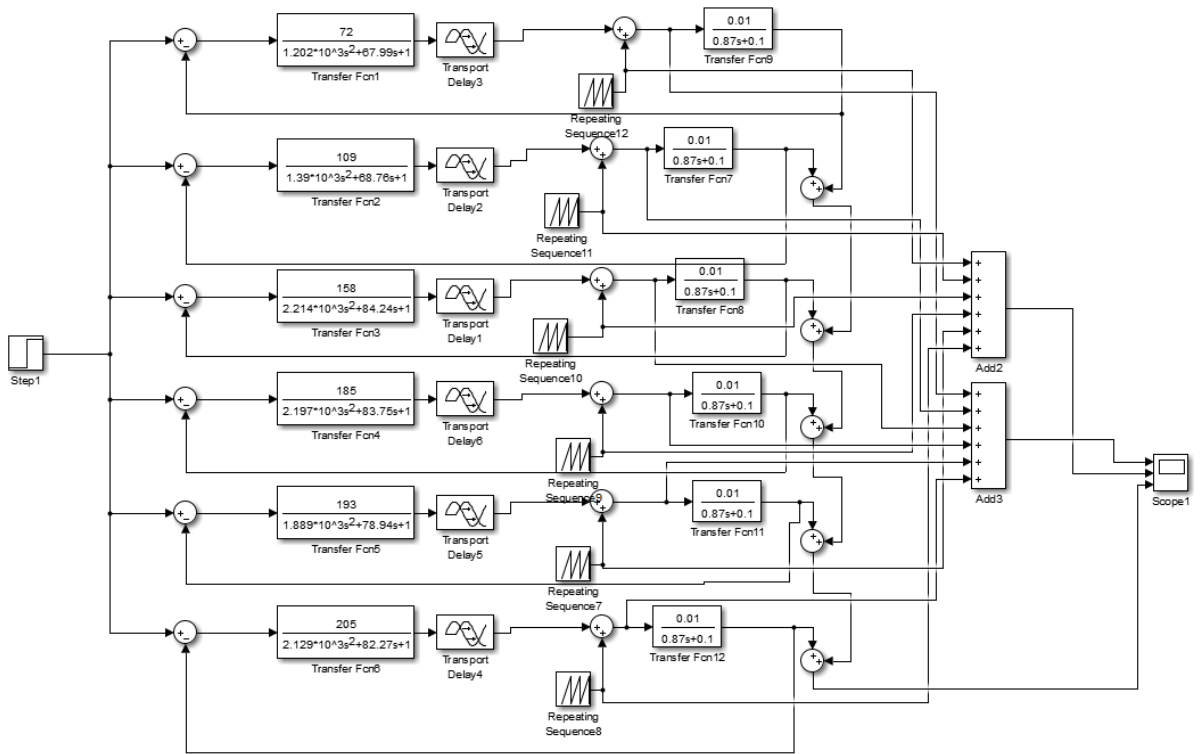


Рисунок 5.16 – Структурна схема моделювання

Перехідна характеристика даної системи представлена на рисунку 5.17.

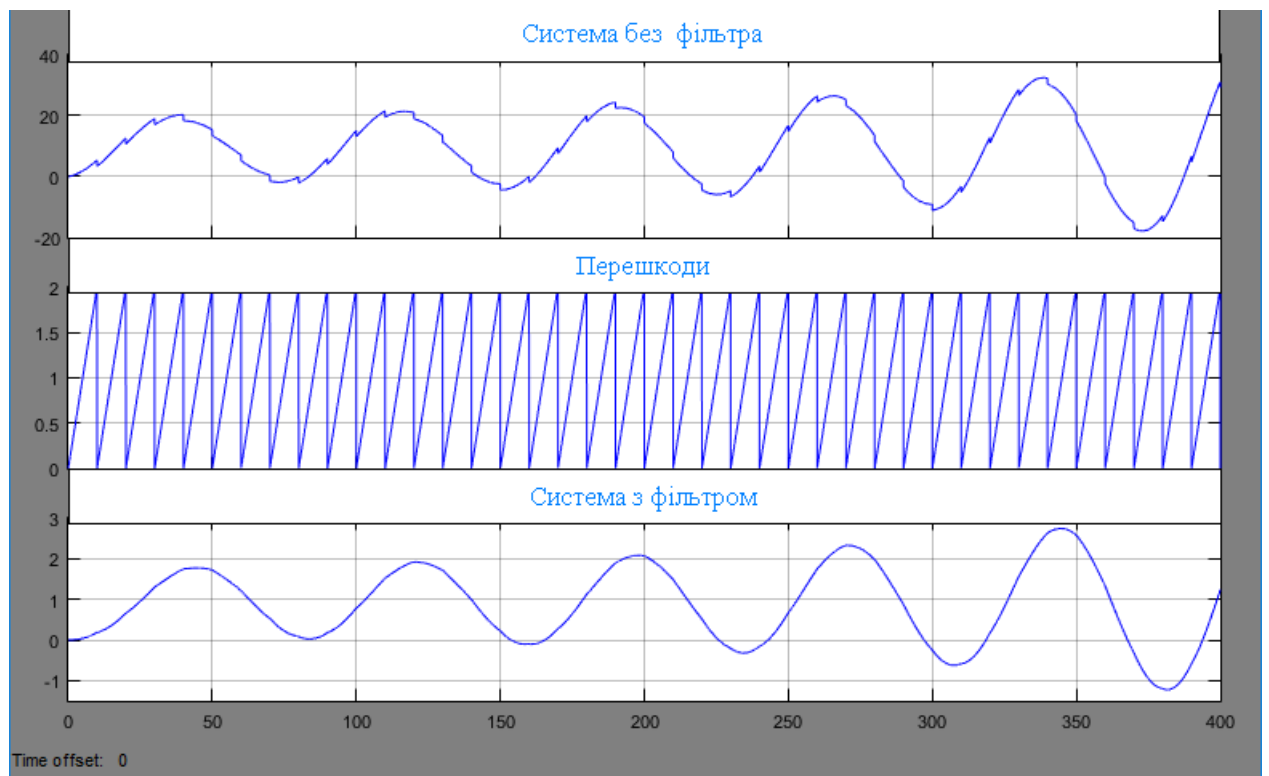


Рисунок 5.17 – перехідна характеристика

З рисунку 5.17 видно що змодельована нами система під впливом перешкоди і без регулятора є нестійкою. Для покращення показників перехідного процесу в систему додамо ПД-регулятор зі

стандартними налаштуваннями коефіцієнтів, структурна схема моделі з регулятором зображена на рисунку 5.18.

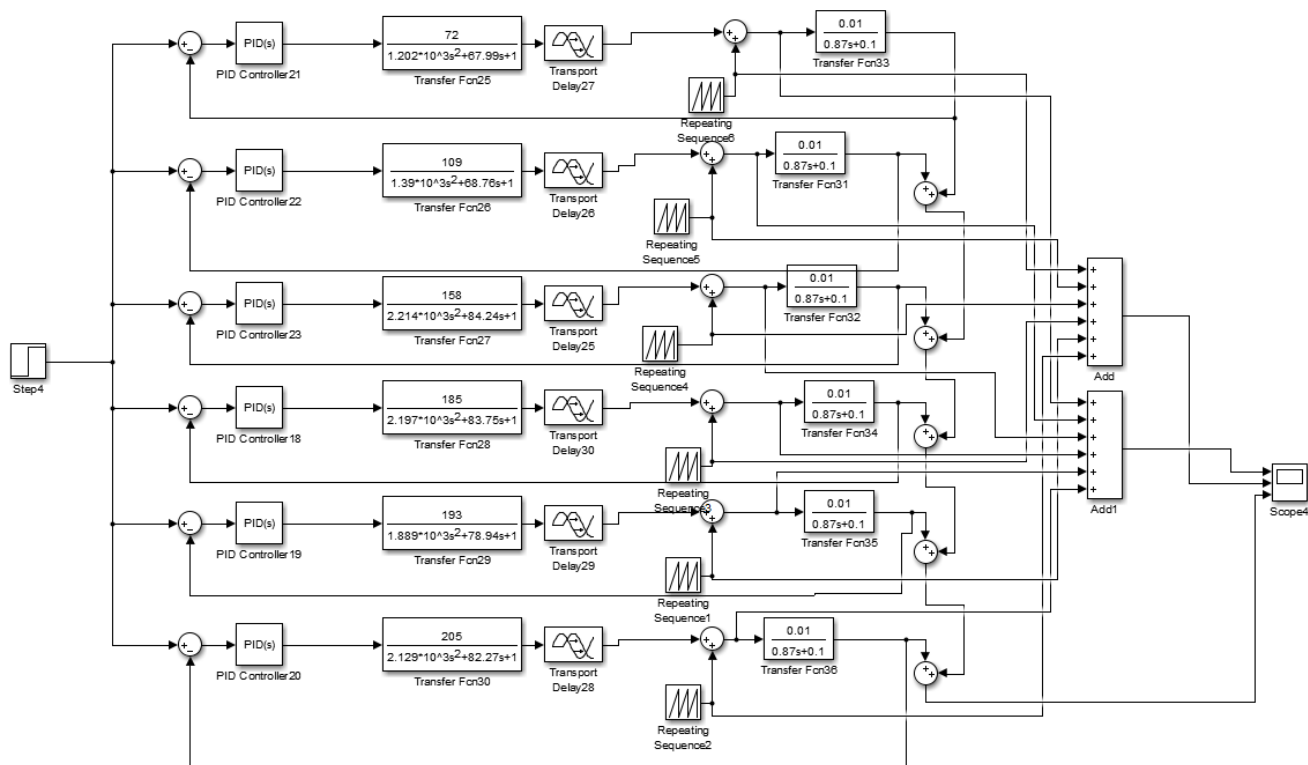


Рисунок 5.18– Структурна схема моделювання з ПІД-регулятором

Перехідна характеристика даної системи представлена на рисунку 5.19.

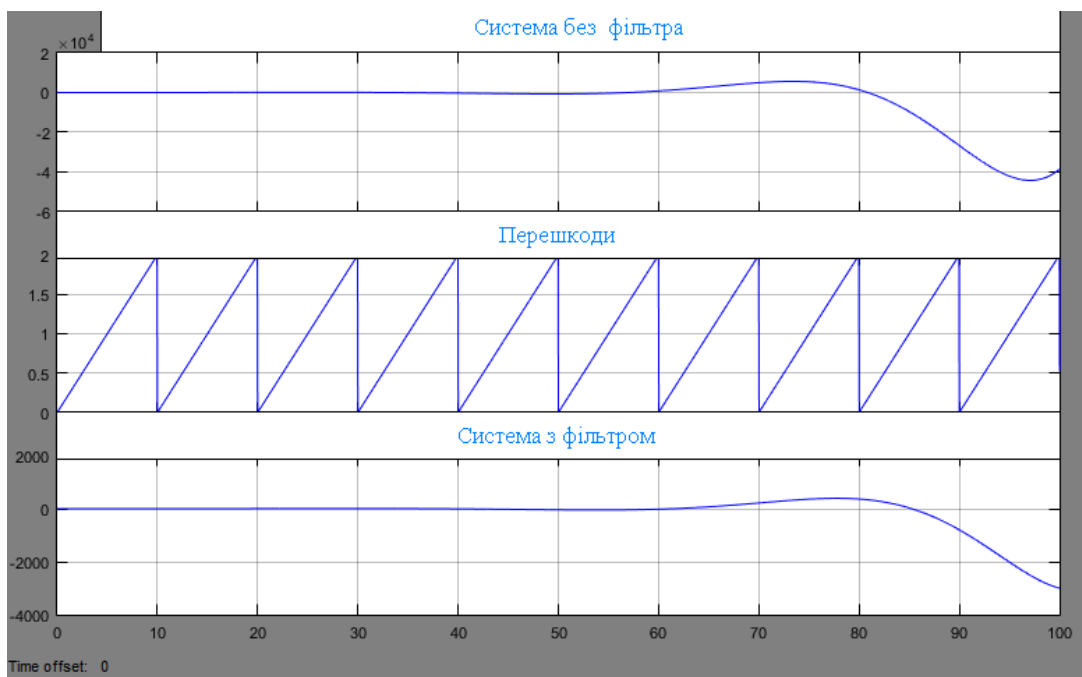


Рисунок 5.19 – Перехідна характеристика

Оцінивши графік перехідної характеристики на рисунку 5.19 зробимо висновок що система є нестійкою, тому за методом Циглера-Ніколса визначимо параметри під регулятора та підставимо їх в структурну схему рис. 5.18. Результат моделювання даної системи наведений на рисунку 5.20.

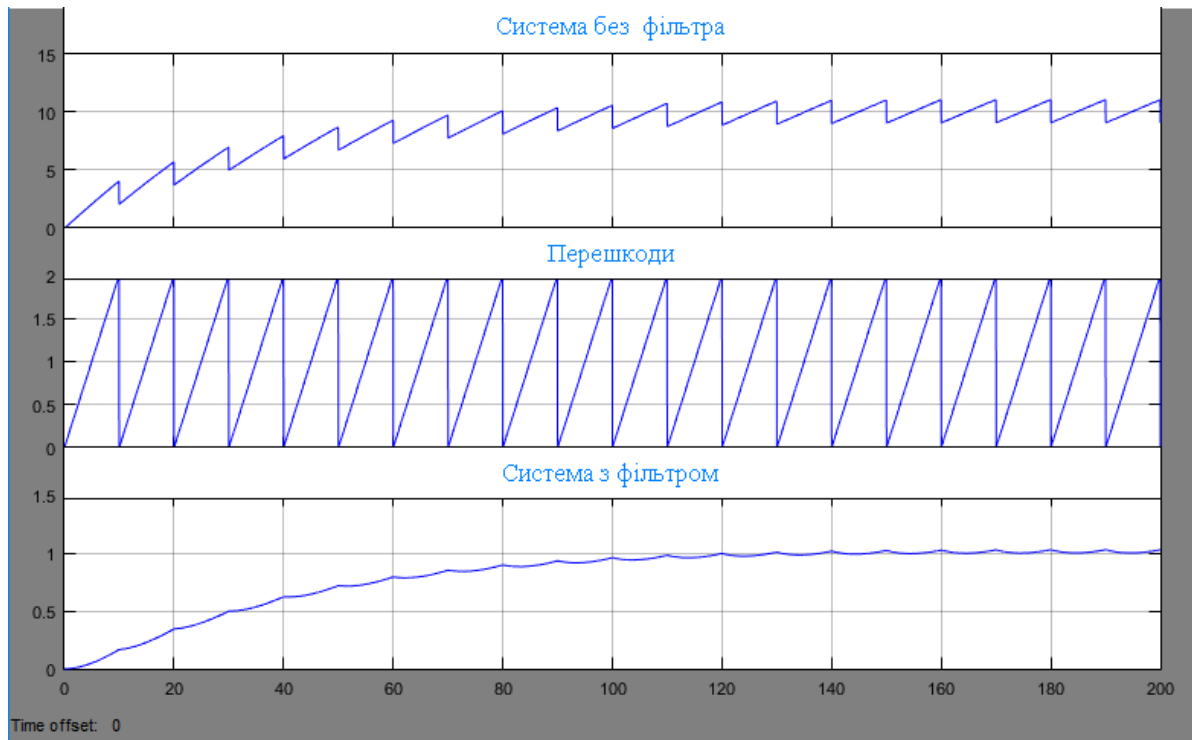


Рисунок 5.20 – Перехідна характеристика системи з налаштованим ПІД-регулятором

Визначаємо основні показники якості для перехідної характеристики та заносимо їх в таблицю 5.3.

$$\sigma = \frac{h_{max} - h(\infty)}{h(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1.02 - 1}{1} = 2\%;$$

$$t_p = 109\text{c.}$$

Таблиця 5.3 – Основні показники якості перехідної характеристики

| № | Показник якості | Одиниця виміру | Чисельне значення |
|---|-------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Перерегулювання | $\sigma, \%$ | 2 |
| 2 | Час перехідного процесу | t_p, c | 109 |

З таблиці 5.3 та рисунку 5.20 можна зробити висновок що модель задовольняє критеріям якості протікання процесу, а саме через низький показник перерегулювання фізико-хімічні властивості полімеру залишаються в межах допустимої норми. Низький показник часу перехідного процесу знижує кількість бракованої продукції при запуску системи.

5.4 Висновок

Розроблена система моделювання процесу індукційного нагріву екструдера. Система дозволяє на основі створеної математичної моделі вирішувати задачі налаштування і керування параметрами температури та в'язко текучого стану полімеру, що покращить якісні характеристики готового виробу. Застосування даної системи моделювання дозволить підвищити

конкурентоздатність продукції за рахунок росту якості продукції, зниженні браку при запуску та пере налаштуванні лінії на інший тип полімеру, підвищити продуктивність, економія сировини, зменшення часових та фінансових витрат на проведення експериментів при освоєнні нових типів полімерів для виготовлення виробу.

6 РЕАЛІЗАЦІЯ АСУТП В SIMPLE SCADA

Для створення АСУТП в даному проекті була використана скада-система SIMPLE SCADA.

Для зв'язку з об'єктом керування був обраний стандартний OPC-server вбудований в Codesys. Стандарт OPC розроблявся з метою скоротити витрати на створення і супровід додатків промислової автоматизації. Суть OPC проста - надати розробникам промислових програм універсальний фіксований інтерфейс обміну даними з будь-якими пристроями.

Технологія OPC побудована по клієнт-серверному принципом. В основі технології закладена компонентна модель - COM (Component Object Model).

Технологія COM є набором інтерфейсів (набір функцій, які може викликати клієнт для обміну даними з COM сервером). Ці функції дозволяють вважати кількість і тип змінних, які зареєстровані, вважати їх значення, виконати підписку на ці значення і записати значення в OPC сервер.

Приклад застосування OPC технології для доступу до даних в системах автоматизації представлений на рисунку 6.1.

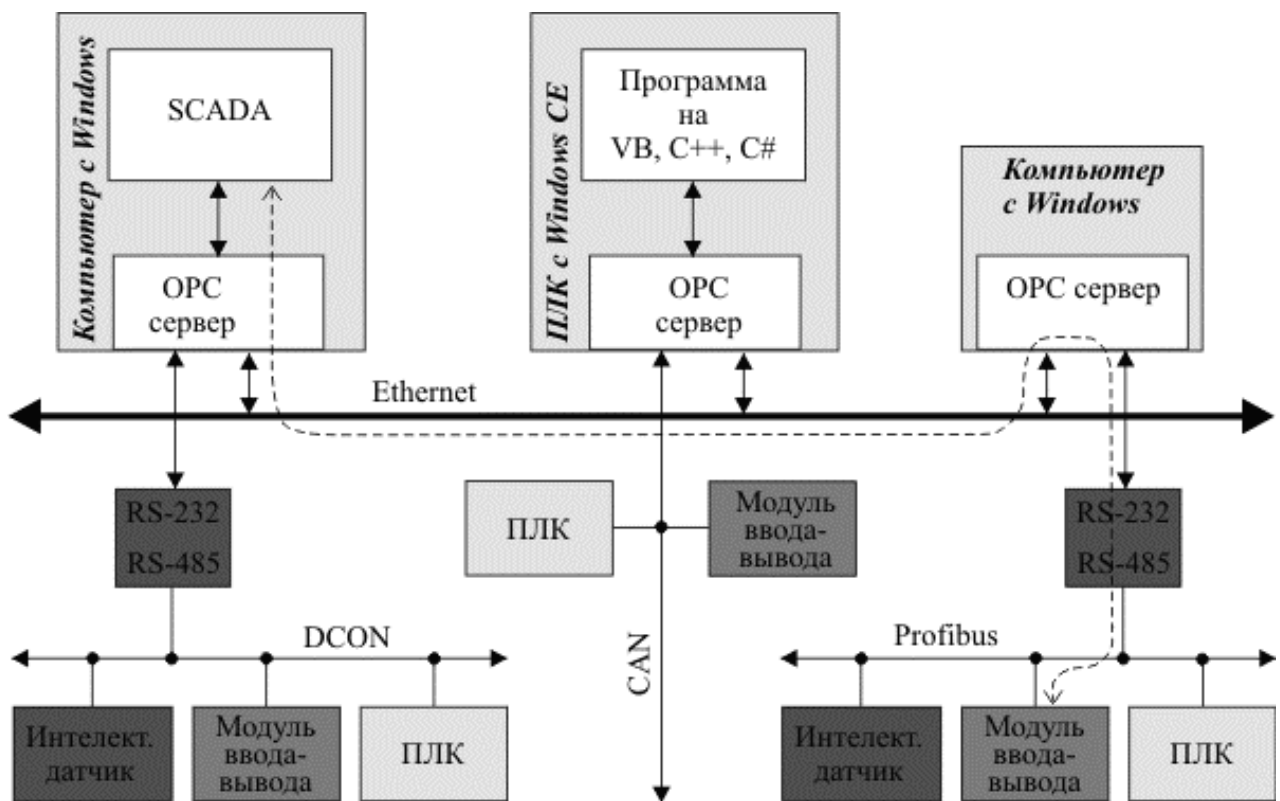


Рисунок 6.1 - Приклад застосування OPC технології для доступу до даних в системах автоматизації

6.1 Створення екрану АРМ

Екран АРМ служить графічне представлення (у вигляді мнемосхеми) технологічний процес, виробляє індикацію основних параметрів процес, а так само дає можливість оператору вносити зміни в законах керування і технологічні параметри.

На рисунку 6.2 приведений екран АРМ створений для автоматизації процесу виготовлення хвилеводів.

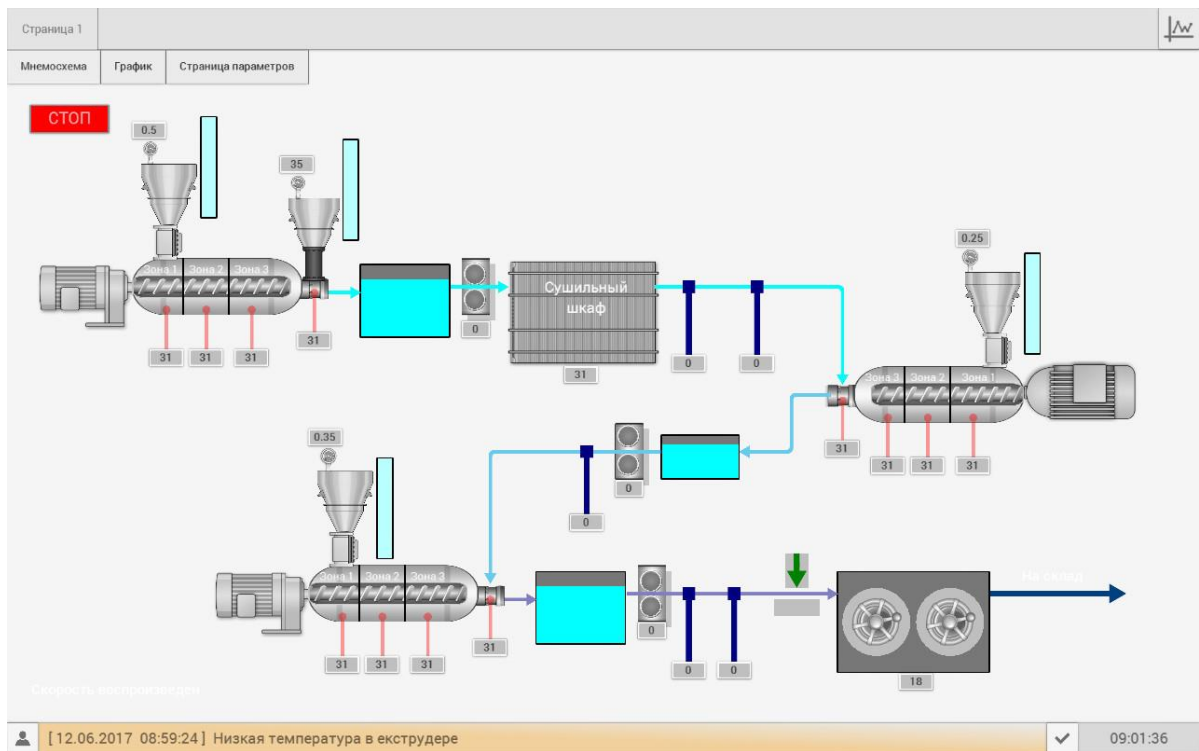


Рисунок 6.2 – АРМ оператора АСУТП

6.2 Створення програмного забезпечення для імітації роботи

В програмному середовищі Codesys створимо програму на мові SFC представлену на рисунку 6.3 для віртуального ПЛК.

В Step 2 створимо програму для імітації роботи технологічного процесу.

Step 4 представляє собою програму на мові CFC, яка реалізує ПІД – регулятор з об'єктом керування. Вигляд програми представлений на рисунку 6.4.

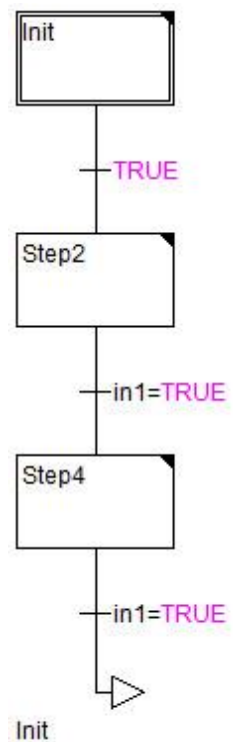


Рисунок 6.3 – Загальний вигляд програми на мові SFC

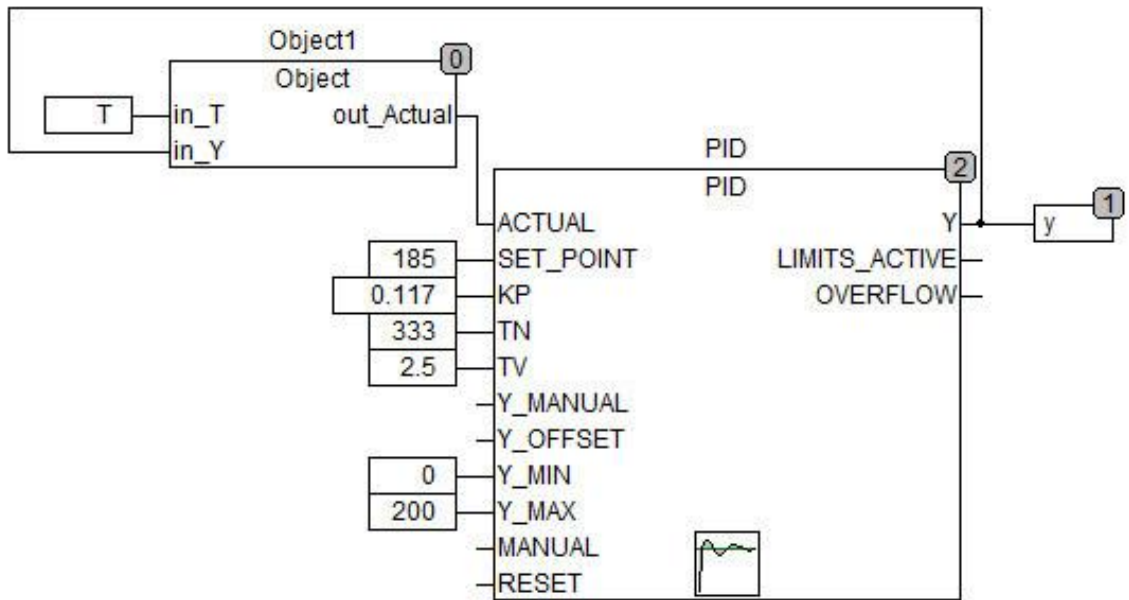


Рисунок 6.4 – Вигляд програми блоку Step 4

Об'єкт з регулятором (рис. 6.4) моделюють роботу розрахованого в пункті 5.2 стандартного ПІД- регулятора. Графік промодельованої системи представлений на рисунку 6.5.

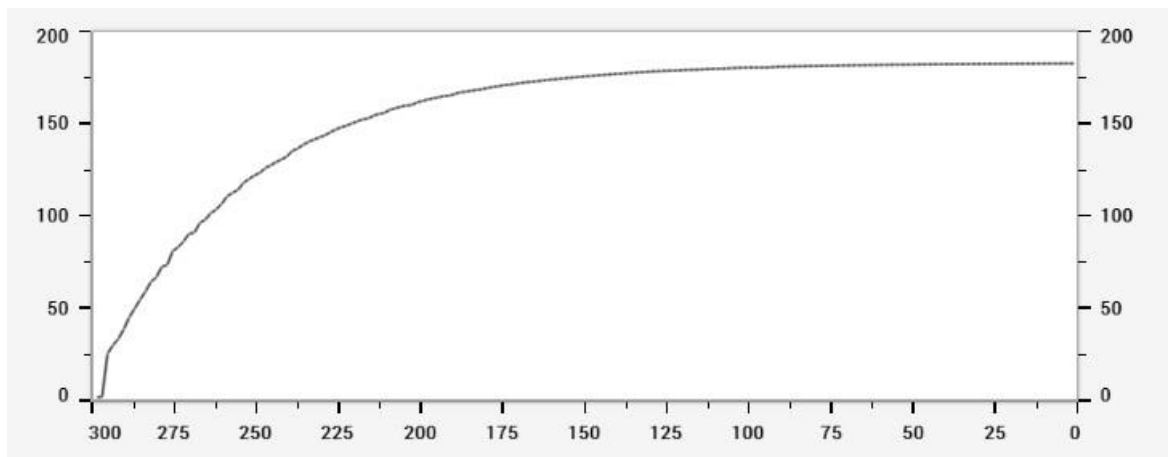


Рисунок 6.5 – Перехідна характеристика промодельованого об'єкту

6.3 Перевірка роботи системи

Розглянута АСУТП спиралися на цілком конкретні апаратні засоби (плата вводу / виводу, виконавчі органи, сигнали від датчиків). Для перевірки працездатності створеного проекту вдасться до імітації технологічного об'єкта.

Для імітації АСУТП використаємо віртуальний ПЛК в якому встановлене програмне забезпечення для імітації роботи, і OPC –сервер для зв'язку з Scada системою.

Налаштування віртуального ПЛК представлені на рисунку 6.6.

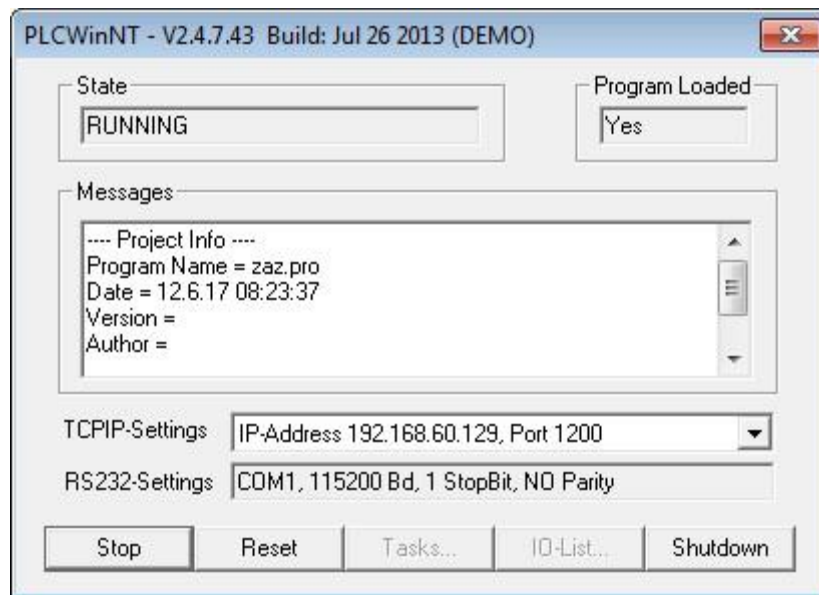


Рисунок 6.6 – Налаштування віртуального ПЛК

Робота моделі представлена на рисунку 6.7 і 6.8.

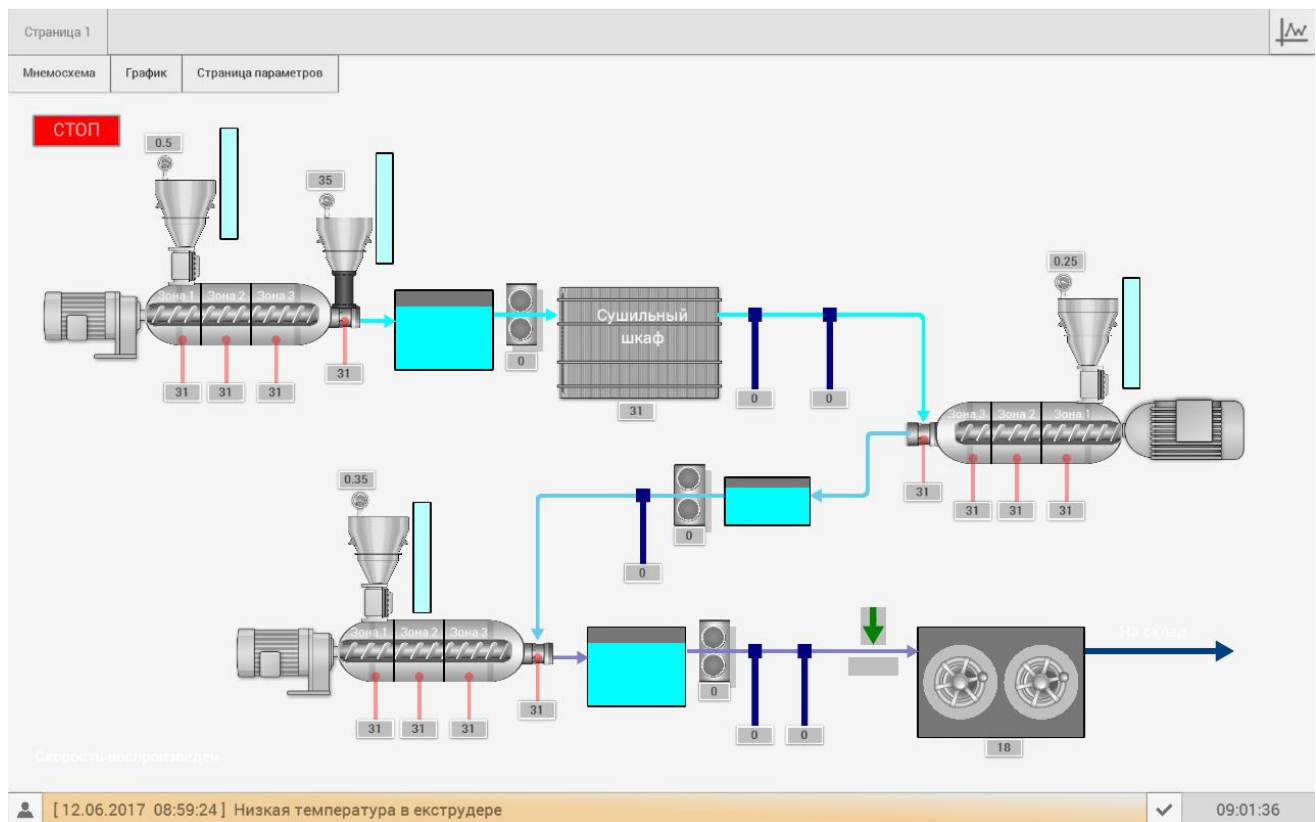


Рисунок 6.7 – АРМ оператора

| Таблица параметров процесса | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------|
| № | Название параметра | |
| 1 | Температура зоны 1.1 | 185 |
| 2 | Температура зоны 1.2 | 185 |
| 3 | Температура зоны 1.3 | 190 |
| 4 | Температура зоны 1.4 | 185 |
| 5 | Температура зоны 2.1 | 185 |
| 6 | Температура зоны 2.2 | 195 |
| 7 | Температура зоны 2.3 | 205 |
| 8 | Температура зоны 2.4 | 215 |
| 9 | Температура зоны 3.1 | 145 |
| 10 | Температура зоны 3.2 | 155 |
| 11 | Температура зоны 3.3 | 165 |
| 12 | Температура зоны 3.4 | 210 |
| 13 | Температура в сушильном шкафу | 40 |
| 14 | бункер з термoplastом | 0.37 |
| 15 | бункер з ПЕНТ | 0.23 |
| 16 | бункер з ПЕВТ | 0.33 |
| 17 | Скорость тянущего устройства №1 | 18.2 |
| 18 | Скорость тянущего устройства №2 | 18.2 |
| 19 | Скорость тянущего устройства №3 | 18.1 |
| 20 | Диаметр основы | 2.1 |
| 21 | Диаметр з ПЕНТ | 2.9 |
| 22 | Диаметр з ПЕВТ | 3.2 |
| 23 | Количество ДС у вибробункере | 33.48 |
| 24 | Количество ДС у волноводе | 253.01 |
| 25 | Скорость намоточного устройства | 16.78 |
| 26 | Длина волновода | 455.39 |

Рисунок 6.8 – Таблица параметрів процесу

Також в даній скда системі реалізовано сигналізацію у вигляді звукових та текстових повідомлень, рисунок 6.9.

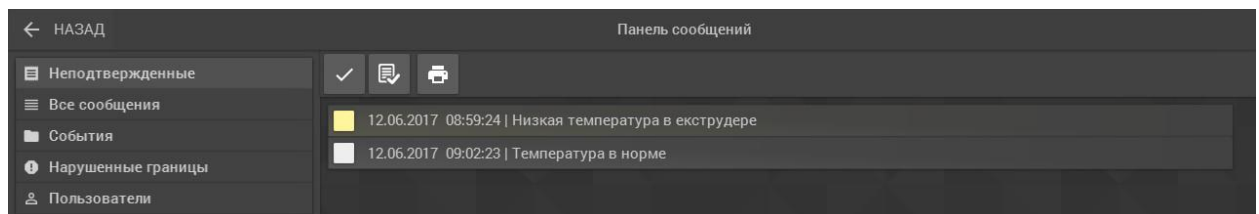


Рисунок 6.9 – Приклад текстових повідомлень

Для забезпечення захисту від несанкціонованого доступу в скда системі створено вікно авторизації користувача з паролем захистом, в залежності від користувача система запускається з певними правами доступу. Вигляд вікна авторизації зображений на рисунку 6.10.

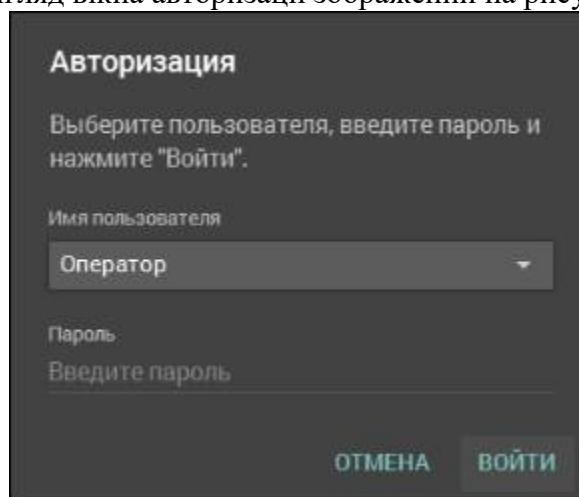


Рисунок 6.10 – Вікно авторизації користувача

ВИСНОВКИ

На підставі Технічного завдання розроблено інформаційне, технічне забезпечення та алгоритм роботи системи автоматизації.

Система являє собою 3-й рівневої АСУ ТП.

До складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отриманий від контролера вплив;
- контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів, а так само виступає сполучною ланкою між об'єктом керування і АРМ;
- автоматизоване робоче місце (АРМ) до складу якого входить станція оператора Advantix X з встановленою операційною системою Windows 10, процесором Intel Core i7 і встановленим програмним комплексом Codesys та Simple Scada.

Була змодельована система керування процесу екструдуювання полімеру. При розрахунках регулятора для даної системи використали метод незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса), у підсумку були досягнуті показники наведені у розділі 5.

Використання сучасних методів керування технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію керування і підвищило ефективність виробництва, що призвело до:

- підвищення якості продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинної і енергетичні ресурси за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідний для підтримки ТПА в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічний регламент виготовлення хвилеводів, 2015.
2. Проектування систем автоматизації: Навч пос. / М.С. Пушкар, С.М. Проценко, 2013.- 268 с.
3. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі : В. Д. Черв'яков, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 69с.
4. Ernest L. GladdenRobert G. Pallanck Fissile shock tube and method of making the same // 1996.
5. Худoley Г.М. Конспект лекцій і практик з ТАУ, 2015.
6. Автоматизація виробничих процесів : Підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. – Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.
7. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Національний стандарт України. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів.
8. Екструзія полімерів.: К. Рауендаль, 2014 -768 с.
9. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015— 340 с.
10. David John WelburnGeorge Gary Kelly Explosive shock tube having lateral initiation properties // 1985.
11. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Комплект в двух томах. Федоров Ю.Н.: Видавництво Инфра-Инженерия, 2017 – 932с.
12. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія. А. П. Ладанюк.: Видавництво Ліра-К , 2016 – 312с.
13. Dana G. Darley Method and apparatus for monitoring and controlling thermoplastic extruder output // 1990.
14. Blow Molding Handbook.: Rosato, D., Rosato, A., DiMattia, D. :2014 -560.

Додаток А

```
function dtm=dextrud(t,tm,u,l,rom,cm,d1,d2,kt,tbx,tc);
n=length(tm);
k1=u*n/l;
k2=kt*d1*1/((d1^2-d2^2)*rom*cm*n);
dtm(1,1)=k1*tbx-(k1+k2)*tm(1,1)+k2*tc;
for i=2:n
    dtm(i,1)=k1*tm(i-1)-(k1+k2)*tm(i,1)+k2*tc;
end;
%*****
%Skip file for dextrud
u=0.001;n=10;rom=850;cm=800;l=0.2;
d1=0.2;d2=0.17;kt=650*n/l;tbx=20;
ts=mean(tcc);
tc=abs(ts)*2.8;
tfin=400;
tspan=[0:tfin];
for i=1:n
    tm0(i)=0;
end;
[t,tm]=ode15s(@dextrud,tspan,tm0,[],u,l,rom,cm,d1,d2,kt,tbx,tc);
plot(t,tm);grid on;
xlabel('t, c');ylabel('T, °C');
```