

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Цигичко Артем Олегович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-20ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	доц. Соснін К.В.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бубіков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту _____ Цигичко А.О. _____ академічної групи _____ 151-20ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 08.05.2023 № 328-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	01.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та схеми електричної принципової.	08.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкту керування. Виконання експерименту, обробка результатів. Перевірка моделі на адекватність.	15.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	22.05.2023
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	29.05.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 06.03.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Цигичко А.О.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складає: 74с., 30 рис., 10 табл., 1 додаток, 21 джерело.

Об'єкт дослідження: система автоматизованого керування температурним режимом екструдера при виробництві полімерних труб.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні температурним режимом екструдера.

Мета: підвищення якості процесу керування температурним режимом екструдера при виробництві полімерних труб, шляхом ідентифікації об'єкту керування для розробки моделі системи автоматизованого керування.

В кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз технологічного процесу виробництва полімерних виробів методом екструзії, надано опис роботи об'єкта автоматизації – екструдера для виробництва полімерних труб.

Для розробки документів проекту системи автоматизованого керування, було обрано апаратне забезпечення, що містить датчик температури полімеру, електричний нагрівальний елемент, мікропроцесорний промисловий контролер з модулем аналогового вводу/виводу, регулятор потужності, блоки живлення.

Для отримання моделі процесу керування температурним режимом екструдера виконано структурну та параметричну ідентифікацію об'єкта керування на підставі розробленого плану активного експерименту.

Обробка результатів експерименту виконано за допомогою графічного середовища імітаційного моделювання Matlab. Отримана модель процесу керування температурним режимом екструдера по каналу потужність нагрівального елемента – температура розплавленого полімеру, що має чисельне значення ступеню відповідності 99,9851%.

Передаточна характеристика процесу може бути використана для моделювання і розробки системи керування в цілому, що дозволить підвищити якість процесу керування температурним режимом екструдера.

Ключові слова: ЕКСТРУДЕР, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ПОЛІМЕРНІ ТРУБИ, МОДЕЛЬ, ТЕМПЕРАТУРА.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	7
1.1 Галузь промисловості	7
1.2 Технологічний процес	7
1.3 Об'єкт керування	9
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	9
1.3.2 Принцип функціонування об'єкта керування	12
1.4 Постановка завдання	17
1.5 Висновки до розділу	18
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	19
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	19
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	20
2.2.1 Вибір датчиків	20
2.2.2 Вибір виконуючих пристроїв	22
2.2.3 Вибір пристроїв керування	23
2.2.4 Вибір джерел живлення	27
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	29
2.4 Розробка схеми електричної принципової	30
2.5 Висновки до розділу	31
3 Визначення моделі об'єкта керування	33
3.1 Розробка структурної схеми дослідницької системи	33
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	34
3.3 Виконання експерименту	36
3.4 Обробка результатів експерименту	37
3.4.1 Підготовка даних	37
3.4.2 Структурна ідентифікація	38
3.4.3 Параметрична ідентифікація	42
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	46

	5
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	48
3.5. Висновки до розділу	48
4 Економічна частина	51
4.1 Загальні відомості	51
4.2 Розрахунок капітальних витрат	53
4.3. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	54
4.4. Розрахунок експлуатаційних витрат	57
4.5. Висновки до розділу	59
5 Охорона праці	60
5.1 Загальні відомості	60
5.2 Охорона праці при роботі з екструдером	61
5.3 Оцінка ризику травм при роботі з екструдером	64
5.4. Заходи з мінімізації ризиків при роботі з екструдером	66
5.5 Висновки до розділу	68
Висновки	70
Перелік посилань	72
Додаток А	75

ВСТУП

Полімери – це високомолекулярні сполуки, що складаються з довгих молекул з повторюваних структурних елементів – ланок, з'єднаних у ланцюжки хімічними зв'язками, в достатній кількості, для виникнення їхніх специфічних властивостей.[1] Наявність довгих ланцюгових молекул з різними розходженням характеру зв'язків вздовж ланцюга і між ланцюгами, в наслідок цього виникне гнучкість ланцюгової молекули. Вона полягає у її здатності змінювати форму під впливом температури.

У полімерних матеріалах багато корисних властивостей: вони високостійкі в агресивних середовищах, деякі мають високу стійкість до низьких температур, інші характеризуються водовідштовхувальними властивостями тощо.

Крім полімеру у пластмасі можуть бути деякі добавки. Для забезпечення та отримання виробів згідно із заданими конфігурацією, точністю та експлуатаційними властивостями потрібна сукупність технологічних процесів з переробки пластмаси та у правильному виборі типу та марки полімеру.

Полімерні матеріали та вироби з них стали поширено використовуватися у всіх галузях народного господарства – охороні здоров'я, побуті, будівництві, промислового використанні, автомобілебудуванні, суднобудуванні, електронній та інших галузях. Особливе значення та поширене використання з полімерну це труби. Полімерні труби використовуються для будівництва та для подачі/транспортування води, каналізації, горючих газів у системах опалення та ін.

Завданням роботи є автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб, що допоможе підвищити якість виробів, підвищити продуктивність технологічного процесу, що забезпечує заощадження енергетичних і матеріальних ресурсів.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Протягом останнього часу є стійка тенденція до широкого впровадження полімерних труб різного призначення та поступова заміна ними залізних і залізобетонних труб, бо вони не іржавіють та коштують набагато дешевше, легко монтуються і зберігають якість води, навіть, завдяки нових модифікацій поліетилену, пластикові труби змогли витіснити метал і у застосуванні до таких досить проблемним трубопровідним мереж, як системи опалення.

За призначеннями полімерні труби можна поділити на напірні (для холодного та гарячого водопостачання, транспортування газу, систем опалення і тому подібне) і безнапірні (каналізація, дренаж). Також полімерні трубу поділяють за матеріалом.

У полімерних труб високі експлуатаційні характеристики[2,3]: стійкість до кислих, лужних середовищ, легкістю і гнучкістю, низкою теплопровідністю, стійкості до забруднення внутрішньої поверхні. Найбільшого поширення, серед полімерних труб, набули екструдовані гладкі і двошарові гофровані труби з теплопластичних полімерних матеріалів, у першу чергу поліетилену (ПЕ), поліпропілену (ПП), полівінілхлориду (ПВХ).

Для систем холодного водопостачання, в технологічних і каналізаційних системах використовують ПВХ труби з полівінілхлориду. Для підземної прокладки використовуються в основному напірні системи з ПВХ. Труби з ПВХ з'єднуються методом в розтруб на гумову манжету або методом «холодної зварки», для їх з'єднання доводиться використовувати спеціальні фітинги, через значну жорсткість таких труб. Хоч ПВХ матеріал є одним з самих дешевих полімерів та значно нижче аналогічних сталевих систем і систем з інших полімерів. Присутність хлору обмежує застосування таких труб для водопостачання і робить їх складними для вторинної утилізації і переробки, тому останнім часом від них намагаються відмовитися.

Для виготовлення полімерних труб найбільш використовуваний матеріал це поліетилен (ПЕ). Він малотоксичний, хімічно стійкий, має діелектричні властивості. ПЕ зберігає експлуатаційні властивості при від'ємних температурах (до мінус 70°C) і при підвищених температурах (до плюс 60°C) має достатньо високу міцність. ПЕ старіє під дією ультрафіолетового випромінювання, тому його стабілізують, наприклад, за допомогою сажі. Також існують труби з ПЕ, на виробництво яких йде «зшитий» полімер, що має унікальну молекулярну структуру в вигляді сітки з особливо міцними міжмолекулярними зв'язками. Цей матеріал починає плавитися лише при температурах, що досягають 200°C. Саме тому він йде на виготовлення елементів опалювальних систем.

Поліпропілен (ПП) має високу хімічну стійкість та антифрикційні властивості, підвищену жорсткість та твердість, має високу стійкість до тріщин від утомленості. Температура використання під навантаженням від 5 до 100°C. Для ПП характерні висока ударна в'язкість, стійкість богаторазового згинання, задовільна зносостійкість. Найбільшого застосування Труби з ПП найбільшого застосування набули в системах холодного та гарячого водопостачання, в системах опалення. Для поліпшення експлуатаційних характеристик полімерних труб поступово розробляють та вдосконалюють нові матеріали.

1.2 Технологічний процес

Технологічний процес виробництва поліетиленових труб з готового гранульованої сировини методом екструзії включає наступні етапи[2,3]:

- підготовка сировини, яка полягає в нагріванні гранул поліетилену до температури плавлення і отриманні однорідної маси;
- формування виробу, що здійснюється шляхом видавлюючи пластичної маси через формувальну головку екструдера;
- калібрування діаметра труби, що представляє собою процес надання трубі діаметра, відповідного заданому з допустимим відхиленням;
- охолодження виробу, яке здійснюється в спеціальних охолоджувальних ваннах;

- маркування виробу, що представляє собою процес нанесення інформації на поверхню труби (технічні характеристики, дата виробництва, метраж та ін.);
- нарізка труб на готові вироби у вигляді прямих відрізків або у вигляді бухт.

Схема екструзійної лінії для виробництва труб показана на рисунку 1.1.

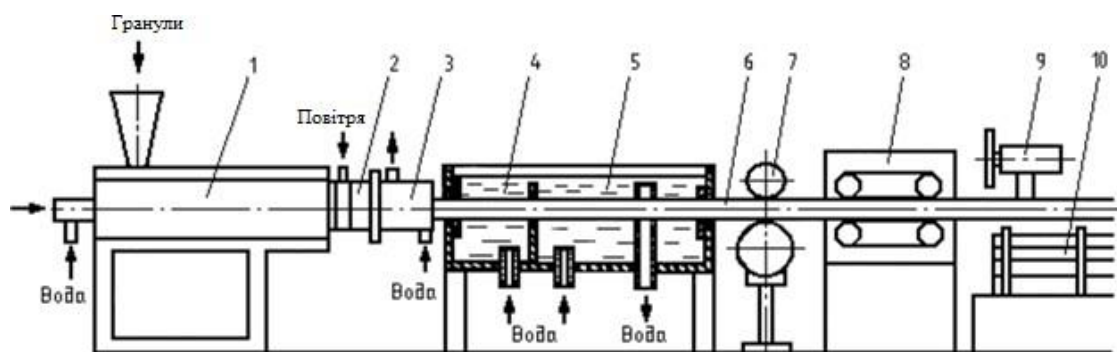


Рисунок 1.1 – Схема агрегату для виробництва труб методом екструзії, де 1 - екструдер; 2 - формуюча головка; 3 - калібруюча насадка; 4, 5 - перша і друга зони охолодження; 6 - трубочастий профіль; 7 - вимірювально-маркіруючий пристрій; 8 - тягнучий пристрій; 9 - відрізаючий пристрій; 10 - приймальний стіл (штабелювальний пристрій)

Гранули полімеру завантажують в бункер екструдера 1, де вони розплавляються і видавлюються через формуючу трубну головку 2. Трубочастий профіль 6 надходить всередину калібрувальної насадки (гільзи) 3, де частково охолоджується і набуває необхідні розміри. Для притиснення розплаву до стінок калібруючої насадки всередину труби підводиться стиснене повітря або створюється вакуум між трубою і насадкою. Потім труба охолоджується у ванні з двома температурними зонами 4 і 5, проходить маркування в пристрої 7, простягається тягнє пристроєм 8 і розрізається пилкою 9. Труби невеликого діаметру не розрізаються, а змотуються в бухти.

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Метод екструзії полімерних матеріалів це розплавлення та стиснення гранул термопластичного матеріалу під час їх переміщення вздовж гвинтового

каналу, що утворено шнеком при обертанні всередині циліндру. Розплавлений матеріал видавлюється через головку з поперечним перетином такої форми, яку повинен отримати вироблений товар. Наприклад, при видавлюванні через круглий отвір отримують пруток, через кільцевий – трубу, через вузьку щілину – плоску стрічку, або лист.

Практично всі основні типи полімерних матеріалів, як термопласти, реактопласти, а також еластомери піддаються екструзії. Процес екструзії здійснюється безперервно, та дозволяє виробляти вироби з невеликими трудовими і енергетичними витратами при незначних витратах матеріалів.

В основному для екструзії пластмас застосовують шнекові, або черв'ячні екструдери. Також існують дискові екструдери та комбіновані шнеково-дискові, ще існують видувні екструдери, які застосовуються в установках по одержанню виробів методом екструзійно-видувного формування.

Найбільш простим устаткуванням для екструзії є екструдер[3] одношнековий (одночерв'ячний) без зони дегазації (рис. 1.2). Такі екструдери широко застосовуються для виробництва труб, профілів, плівок, листів.

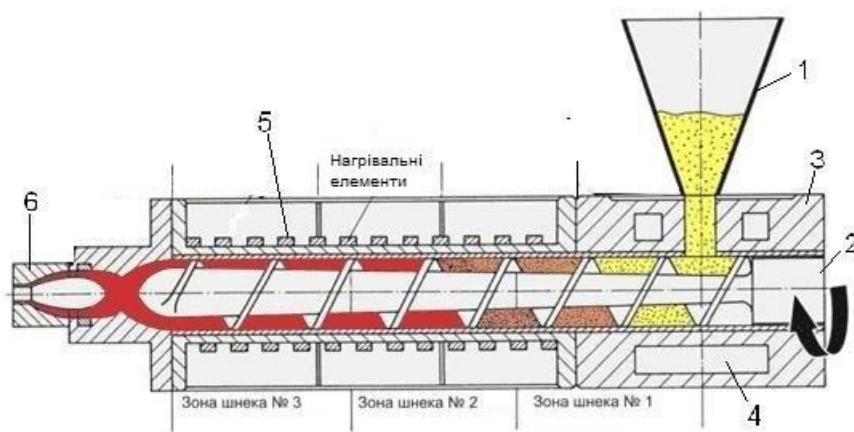


Рисунок 1.2. – Схема екструдера з одним шнеком, де 1- бункер; 2- черв'як (шнек); 3- циліндр; 4- порожнину для циркуляції води; 5- нагрівач; 6- формуюча головка з адаптером.

Шнек екструдера складається з трьох зон: завантаження, стиснення і дозування. В першій зоні завантаження полімер транспортується від отвору під бункером до більш гарячих секцій циліндра. Друга зона стиснення – це зона, де зменшується глибина нарізки шнеку, а значить, і обсяг витка, що призводить до

стиснення гранул, що плавляться. Збільшення зсувного впливу на розплавлений полімер – головний ефект стиснення, обумовленого взаємним рухом поверхні шнека до стінки циліндра, збільшує розігрів від тертя і призводить до більш однорідному розподілу тепла в розплаві, покращує змішання. Призначення останньої зони шнека – подальша гомогенізація розплаву, однорідне дозування розплаву через формуючу головку, згладжування пульсації розплаву на виході. Шнек потім продавлює розплавлений полімер через формуючу головку (філер), яка визначає кінцеву форму виробу. Формуюча головка (філер) визначає форму одержуваної продукції і багато в чому – його якості. Видів філеру і їх конструкцій існує величезна безліч. Однак, технологія вимагає, щоб і цей елемент обладнання був певної температури. Залежно від конструкції філеру, для її нагріву застосовуються плоскі або патронні нагрівачі.

Коли одношнекові екструдери не справляються з завданням, застосовують двохшнекові екструдери. У переважній більшості двохшнекові екструдери використовуються для екструзії полівінілхлориду (ПВХ) у виробі будівельного призначення. Технологія процесу екструзії ПВХ часто використовує сировину, порошкоподібну на вигляд, (ПВХ-композиція) яку неможливо переробити на стандартній одношнековій екструзійній лінії. Обов'язково двохшнекові екструдери оснащуються пристроєм дегазації. Двохшнекові екструдери розрізняють двох основних типів:

- екструдери зі шнеками, що знаходяться в зачепленні (з односпрямованим або протилежно спрямованим обертанням шнеків);
- екструдери зі шнеками, що не перебувають в зачепленні (з односпрямованим або протилежно спрямованим обертанням шнеків).

Для нагрівання матеріалу у екструдері використовується нагрівальний елемент хомутового типу [4], який представляє собою кільцевої хомут всередині якого розташовані керамічні ізолятори всередині яких знаходиться спіраль нагрівального елемента (Рис. 1.3).

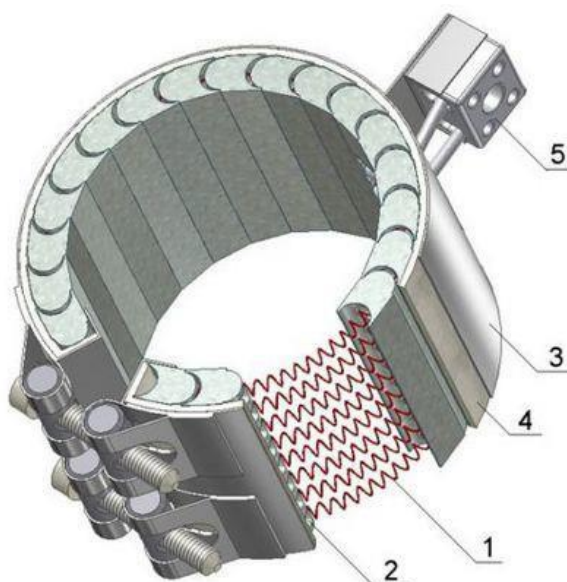


Рисунок 1.3 – Схема нагрівального елемента,

де 1 - нагрівальний елемент (спіраль з дроту); 2 - керамічні ізолятори; 3 - кріпінний хомут; 4 - тепло ізолюючий шар; 5 - контактний вивід.

Спіралі нагрівального елемента підключені зіркою і розраховані на живлення від мережі змінного струму 220 / 380В-50Гц, загальна потужність може досягати 24 кВт.

1.3.2 Принцип функціонування об'єкта керування

При пуску екструдера необхідно виконувати такі правила[2, 3]:

1. Встановити в головку сітки та ґрати, причому більше дрібні сітки повинні бути розташовані ближче до ґрат;
2. Перевірити, щоб усі температури відповідали заданим;
3. Перевірити, щоб у завантажувальну частину циліндра регулярно подавалася вода;
4. Переконайтесь, що для роботи є достатній запас термопластичного матеріалу (при необхідності підігрітого);
5. Перевірити заповнення датчика тиску маслом;
6. Перевірити, щоб голівка у нагрітому стані не мала зазорів, через які може виходити розплав;
7. При пуску екструдера не слід перебувати перед ним надто близько;

8. Розпочинати роботу необхідно за низьких швидкостей. Спостерігаючи за навантаженням і тиском, повільно підвищити швидкість до необхідного значення;
9. При надмірному завантаженні матеріалу в екструдер на деякий час слід встановити "голодний" режим завантаження, а потім поступово вивести машину на повне завантаження;
10. Перевірити правильність роботи регулюючих приладів.

Типові умови екструзії для полімерних труб мають параметри та значення. Для виробів з поліетилену: температура в зоні живильника 143 °С; температура в зоні вичавлювання 160 °С; температура голівки 165 °С; температура матеріалу на виході 165 °С. Для виробів з сополімеру стиролу: температура в зоні живильника 175 °С; температура в зоні вичавлювання 205 °С; температура голівки 205 °С; температура матеріалу на виході 210 °С.

Обігрів більшості машин для екструзії проводиться за допомогою електронагрівачів, що забезпечують нагрівання циліндра до 320°С. В нагрівачах кільцевого типу, які щільно охоплюють циліндр, застосовується міканітова або цементна ізоляція. Набули поширення і литі нагрівачі, що являють собою ізольовану спіраль, укладену у виливок з легкого сплаву, виконаного у формі кілець або хомутів із кріплення на циліндрі. Застосовуються також трубчасті нагрівачі розташовані в пазах по зовнішній поверхні циліндра.

Температура. Добре чи погано працюють системи обігріву та охолодження, можна визначити за допомогою контрольних автоматичних приладів, зазвичай пропорційного типу. Деякі з цих приладів контролюють роботу тільки нагрівачів при цьому охолодження відбувається за рахунок природних втрат тепла; інші ж (трипозиційні) регулятори керують роботою систем обігріву та охолодження. І ті й другі пропорційно вимірюють лише час нагрівання, а не температуру нагрівача. Контроль температури циліндра і головки здійснюється одними і тими ж регуляторами, але вимоги до точності підтримки температури в головці вище, ніж у циліндрі. Для вимірювання

температури використовуються біметалічні терморезистори, термометри опору, що встановлюються в стінці циліндра або головки на невеликій відстані від потоку розплаву. У нових системах, що забезпечують більш високу точність, як сприймаючий елемент (що вимірює) застосовують термістори. Часто температурний датчик встановлюють безпосередньо в потоці розплаву полімеру, що забезпечує більш точне вимірювання температури маси.

Контроль температури. Для підтримки заданих температур розплаву всі сучасні екструдери оснащені системою регулювання температури, що здійснюється за рахунок: 1) зовнішнього обігріву, коли тепло надходить до матеріалу від нагрівачів через стінку циліндра (наприклад, при нанесенні покриттів) або коли потужність приводу, що витрачається на розігрів матеріалу, мала, 2) адіабатичної роботи, коли через стінку циліндра тепло не передається; в цьому випадку можна стабільно підтримувати потрібну температуру, але її значення, звичайно, залежить від в'язкості матеріалу, конструкції шнека і швидкості його обертання, 3) зовнішнього охолодження, коли тепло відводять від циліндра, щоб уникнути небажаного перегріву матеріалу, наприклад при виробництві труб і плівок методом роздування.

Поняття про ефективність. Ефективність екструзії[2, 3] вимірюється потужністю, необхідної для видавлювання матеріалу, і виражається в кг/годину на кВт. Знаючи ефективність екструдера, можна: а) при відомій потужності приводу визначити максимальну продуктивність, швидкість шнека та (або) швидкість приймання виробу, б) при заданій продуктивності визначити необхідну потужність приводу. Розрахунок ефективності залежить від типу приводу. Для приводів, що працюють за системою Леонардо, потужність (множення напруги на силу струму) може бути вимірювана безпосередньо на двигуні постійного струму. При цьому передбачається, що вся потужність, що вимірюється на входних клеммах двигуна, витрачається на переробку матеріалу. Для інших систем приводу вимірюється напруга і сила струму однієї фази, причому приймається, що коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) двигуна становить $1/\sqrt{3}$, що досить точно відповідає дійсності

$$W = (3 \cdot V \cdot A \cdot \cos(\varphi)) \cdot E = (V \cdot A \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}}) = V \cdot A, \quad (1.1)$$

де E - к.к. д. двигуна; V - напруга в одній фазі; A - сила струму в одній фазі, W - споживана потужність; $\cos\varphi = 1/\sqrt{3}$ - коефіцієнт потужності.

Таким чином, споживана потужність може бути розрахована за напругою та силою струму в одній фазі.

$$\frac{\text{Продуктивність, кг/год}}{\text{Потужність, кВт}} = \text{Ефективність} \frac{\text{кг/год}}{\text{кВт}}$$

Навіть коли всі припущення у формулах необґрунтовані, ефективність може бути використана для порівняння різних матеріалів при обробці на одній і тій же екструзійній машині. Необхідно відзначити, що умови роботи екструдера впливають на величину ефективності навіть при переробці одного матеріалу. Так, при роботі на високих тисках знижується ефективність при роботі на високих температурах знижується в'язкість розплаву, а ефективність підвищується. Ефективність слід заміряти частіше, оскільки вона є показником роботи екструдера, а при випробуваннях машини або при переході на інший матеріал завмер її є обов'язковим. Якщо ефективність значно відрізняється від нормальних значенні або від значень, що отримано раніше, слід визначити причину цього розходження і шляхи усунення. Однак це не означає, що ефективність повинна бути завжди високою, наприклад, при змішуванні сухого пігменту з розплавом, який здійснюється при високому тиску, ефективність знижується.

Нагрівання та охолодження[2, 3]. Система автоматичного контролю температурного режиму зазвичай вимагає спеціального обслуговування. У деяких випадках, однак, може статися перегрів матеріалу. Для визначення точної температури розплаву практично виправдала себе установка датчиків у розплав. Оператор повинен бути готовим до того, щоб забезпечити додаткове охолодження. У деяких машинах це здійснюється за рахунок включення вентилятора та широкого відкриття заслінок або збільшення подачі води. У тих випадках, коли система охолодження не може забезпечити необхідного

зниження температур, роблять таким чином: 1) зменшують температуру головки, при необхідності вимикаючи нагрівачі. В результаті зменшується температура розплаву на виході та створюється краща можливість керування перегрітим розплавом; 2) охолоджують шнек водою чи мастилом. Спочатку слідує подавати воду у невеликій кількості. Мастило повинно циркулювати через контрольний прилад. Необхідно мати на увазі, що охолодження шнека з дрібним нарізуванням може іноді призвести до підвищення температури розплаву, так як через охолодження знижується ефективна глибина нарізки і тому виділяється велика кількість тепла, що утворився в процесі перетворення механічної роботи. Охолодження шнека також завжди зменшує продуктивність машини (іноді до 50%); 3) відкриваючи клапан, знижують тиск розплаву, якщо при цьому не погіршується якість виробу; 4) зменшують швидкість обертання шнека, що, звісно призводить до зниження продуктивності екструдера, 5) застосовують менш в'язкий матеріал або шнек з більш глибокою нарізкою.

У деяких випадках під час роботи з кристалічними матеріалами продуктивність машини виявляється надзвичайно низькою.

Такі матеріали вимагають для розплавлення великої кількості тепла, а пластикаційна здатність шнека іноді не відповідає транспортуючій можливості шнека загалом. У цьому випадку продуктивність можна збільшити таким чином: 1. Збільшити температуру в зоні живлення. При цьому, однак слід остерігатися налипання матеріалу на гребені перших витків шнека, що може призвести до повного припинення подачі матеріалу. 2. Трохи збільшити в композиції вміст змащувальної речовини (0,05% цілком достатньо), що ущільнить дещо гранули полімеру. 3. Застосувати шнек іншого розміру.

Прилади, що записують. Кожен параметр екструдера (температура, потужність приводу, тиск тощо) може бути записаний за допомогою приладів. Записи показань приладів корисні при випробуваннях машини, для оцінки якості її роботи та дослідження причин неполадок, а також контролю сталості умов екструзії, що тісно пов'язано з контролем якості. Доцільно мати такий

переносний прилад за умови, що обслуговуючий персонал вміє ним користуватися і використовувати отримані дані.

Обслуговуючий персонал. При безперервній роботі де потрібні окремі регулювання, один оператор може керувати двома-трьома машинами. У нього повинен бути помічник для керування автоматичним завантаженням початкового матеріалу та робітник для збору відходів та переробки їх для подальшого додавання в екструдери. Таким чином, на один екструдер у середньому умовно потрібно 1-1,5 робочих. При частій зміні профілю виробів потрібно мати на машину одного оператора, а загальна кількість повинна становити 2 особи на кожний екструдер. На безперервній технологічній лінії екструзії листів із подальшим формуванням може працювати один оператор, але тільки за умови безперервності роботи. При періодичній роботі потрібна більша кількість обслуговуючого персоналу.

Процес екструзії може бути цілком автоматизовано, проте це потребує значних витрат. Багато діляниць мають по одному робітнику середньої кваліфікації на кожен екструдер і одного кваліфікованого спеціаліста на весь цех, який стежить за пуском машини, чищенням, зміною головок тощо.

Критерієм температурного режиму роботи екструдера при виробництві полімерних труб є мінімальне відхилення температури полімерного матеріалу від заданого значення

$$\text{відхил } T_M = |T_M - T_{\text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

де $\text{відхил } T_M$ – відхилення значення параметру температури полімерного матеріалу екструдера; T_M – значення параметру температури полімерного матеріалу екструдера; $T_{\text{зад}}$ – задане значення параметру температура полімерного матеріалу екструдера.

1.4 Постановка завдання

Для досягнення поставленого завдання необхідно виконати наступні задачі:

- розробити структурну схему системи керування температурним режимом екструдера, обґрунтувати вибір апаратного забезпечення, розробити функціональну схему автоматизації, схему електричну принципову та перелік елементів;
- згідно методики виконати ідентифікацію об'єкту керування та перевірку адекватності отриманої моделі об'єкту керування; створення керуючих впливів за допомогою SCADA-системи ZENON; отримати динамічні, статичні та П-подібні (імпульсні) характеристики і дані випробувань за допомогою програмного забезпечення Matlab;
- визначити капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування температурою екструдера при виробництві полімерних труб;
- розробити комплекс заходів для захисту працівників при виробництві полімерних виробів.

1.5 Висновки до розділу

При виробництві полімерних труб використовується технологічна лінія з екструдером, представлено опис роботи та стислі технічні характеристики. Як досліджуваний об'єкт екструдер відноситься до категорії об'єктів безперервної дії для виробництва виробів з полімерних матеріалів. Важливим параметром процесу автоматизації температурного режиму при виробництві полімерних труб є температура матеріалу в середині екструдера.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Система автоматизації температурним режимом екструдера при виробництві полімерних труб, що розглядається у даній роботі, підтримує задане значення температури розплавленого полімеру в одній зоні екструдера. Температура гранул полімерного матеріалу, на вході до екструдера дорівнює приблизно температурі навколишнього середовища та складає 5°C . Дійсне значення температури розплавленого полімеру у середині екструдера вимірюється за допомогою датчика температури або термоперетворювача та повинне підтримуватися на рівні $200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Вихідним параметром системи автоматизації, що керує нагрівом полімерного матеріалу у середині екструдера є потужність нагрівального елемента.

Структура системи автоматизації, яку обрано для реалізації системи керування, містить три рівня. На першому або нижчому рівні знаходяться датчики та виконавчі механізми – датчик температури полімерного матеріалу у середині екструдера та виконавчий пристрій це електричний керамічний нагрівальний елемент, для нагріву полімерного матеріалу у середині екструдера. Другий рівень системи автоматизації виконує обробку даних, що надійшли від датчика, формує значення електричної потужності для керамічного нагрівального елемента, виконує обмін даними з пультом оператора. Ці функції виконуються мікропроцесорним пристроєм керування – промисловим мікропроцесорним контролером. Верхній, або третій рівень це автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора або пульт керування де реалізовано людино-машинний інтерфейс між оператором та об'єктом керування в цілому це екструдер. Верхній рівень реалізує візуалізацію стану технологічного обладнання у вигляді мнемонічного схемного зображення об'єкта, графіків діаграм, ліній трендів; реалізує керування технологічним обладнанням; зберігає дані роботи технологічного обладнання у базі даних. Всі ці функції верхнього рівня реалізуються на апаратній базі персонального

комп'ютеру за допомогою розробленого прикладного програмного забезпечення. (рис. 2.1) .



Рисунок 2.1 – Зображення схеми структурної системи автоматизації температурного режиму екструдера

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Призначенням автоматизованої системи керування температурним режимом екструдера при виробництві полімерних труб, є підтримання температури розплавленого полімеру у середині екструдера на рівні $200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Датчик температури розплавленого полімерного матеріалу розташовується зовні екструдера, але вимірювальний елемент датчика контролює температуру матеріалу у середині екструдера. Дійсне значення температури полімерного матеріалу повинно передаватися до мікропроцесорного контролеру за допомогою завадостійкого інтерфейсу обміну. Враховуючи, що температура полімеру не перевищує 250°C , то для контролю температури полімерного матеріалу буде використано термоперетворювач опору платиновий з високоточним нормованим перетворювачем, з уніфікованим вихідним струмовим сигналом 4...20 мА [5]. Діапазон вимірюваних температур датчика ОВЕН ДТС035М–100П.0,25.60.И[5] складає від 0 до плюс 300 С. Цей датчик (рис. 2.2) призначено для безперервного вимірювання та перетворення значень температури різних рідин, газоподібних, твердих та сипучих речовин в уніфікований вихідний сигнал

струму 4...20 мА. Для екструдера робочий діапазон температур, що підлягає вимірюванню, має значення від температури навколишнього середовища до плюс 250 °С та знаходиться в діапазоні температур обраного датчика.

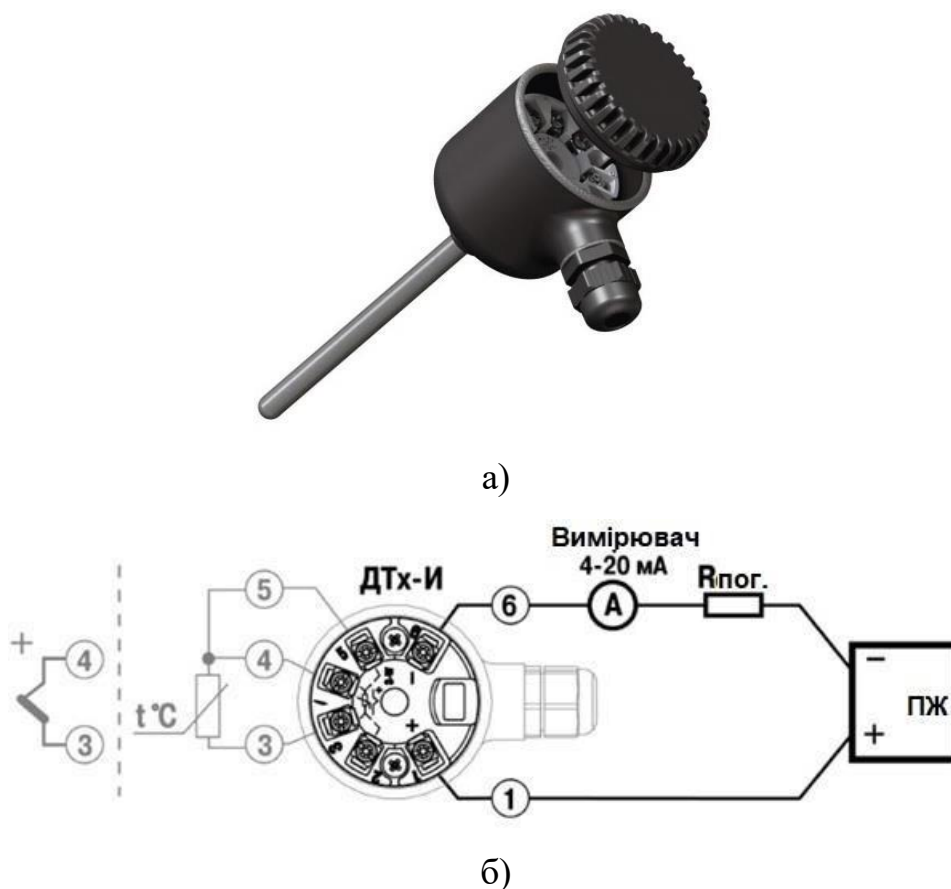


Рисунок 2.2 – Датчик температури ОВЕН ДТС035М–100П.0,25.60.И[5], де а) вигляд датчика температури, б) схема електрична для підключення, ПЖ-пристрій живлення датчика, R_{пог.} – погоджувальний резистор у схемі живлення датчика.

З досвіду відомо, що термометри опору отримали поширення, надійні в експлуатації, мають достатню чутливість при безперервному вимірюванні. Датчик, або термоперетворювач, що обрано, має наступну аббревіатуру ОВЕН ДТС035М–100П.0,25.60.И[5], де позначення 035 означає модель з діаметром захисної арматури D=8 мм; 100П це назва номінальної статичної характеристики вимірювального елемента; 0,25 це клас точності або поріг приведеної похибки перетворювання температури у сигнал вихідного струму у відсотках; 60 це довжина у міліметрах монтажної частини з чутливим елементом; [5] позначає діапазон перетворювання від 0 до плюс 300°С. На

підставі дійсних технічних характеристик обраного датчика температури складено таблицю 2.1

Таблиця 2.1. – Датчики системи автоматизації температурного режиму екструдера

№	Найменування параметру	Принцип роботи датчика	Тип датчика	Діапазон зміни значення	Точність, %	Діапазон вихід. сигналу	Період оновлення параметру	Потужність
1	Температура розплавленого полімеру	Перетворення температури в опір	Аналоговий	0 – плюс 300°С	0,25	4-20 мА	10 с	1 Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Керування температурою нагріву полімеру у середині екструдера виконується за допомогою електронагівача кільцевий керамічного енергозберігаючого хомутового (рис.2.3.) та регулятора потужності SPC 1-50 (рис.2.4). Електронагівач кільцевий керамічний енергозберігаючий хомутовий[4] має тип ЕНКкЕ 300*100; 8*220; 4, де 300 – діаметр, мм; 100 – ширина, мм; 8 – потужність, кВт; 220 – напруга живлення; 4 – тип під'єднання. Значення технічних характеристик виконавчих пристроїв наведені у єдиній таблиці виконавчих пристроїв (0).

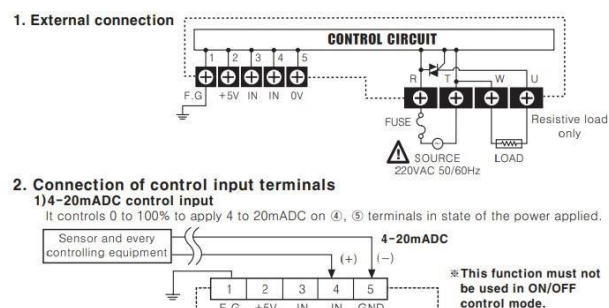


Рисунок 2.3 – Нагрівальний елемент ЕНКкЕ 300*100; 8*220; 4

Для регулювання потужності нагрівального елемента ЕНКкЕ 300*100; 8*220; 4 використовуємо тиристорний регулятор потужності SPC 1-50 (рис. 2.4). Вихідний максимальний однофазний струм має значення 50 А, при напрузі 220 В змінного струму. Вхідний сигнал це струм у діапазоні 4-20 мА, або напруга 1-5 В постійного струму. Тип пуску регулятора це м'який старт у діапазоні 0 – 50 секунд. На корпусі регулятора присутній LED індикатор. Температура навколишнього середовища при експлуатації регулятора складає від нуля до плюс 50 °С.



а.



б.

Рисунок 2.4 – Регулятор потужності SPC 1-50,

де а). зовнішній вигляд, б) схема під'єднання.

Технічні характеристики виконавчих пристроїв системи автоматизації представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Виконавчі пристрої системи автоматизації

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення вхід. сигналу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Нагрів полімеру	Пропорційний	Аналоговий	0...350°C	Лінійний	-	0.1с	220 В	8 кВт
2	Керування потужністю нагріву	аналоговий	аналоговий	1...50 А	Лінійний	4...20мА	постійно	220 В	-

2.2.3 Вибір пристроїв керування

Враховуючи вимоги до системи автоматизації температурного режиму екструдера в якості пристрою керування обрано мікропроцесорний програмований логічний контролер компанії VIPA[6] для промислових потреб. Повний цикл виконання робочої програми промислового контролера має тривати не більше 100 мс, для забезпечення реакції контролера на зміну

значень параметрів, що контролюються. Промислового мікропроцесорного контролеру зобов'язано мати не менше 1 кілобайта вільної робочої пам'яті для реалізації програми, що керування об'єктом автоматизації.

Враховуючи, що обраний промисловий мікропроцесорний контролер (пристрій керування) буде під'єднано до виконавчого механізму з аналоговим інтерфейсом, до аналогового термоперетворювача (датчика), промислового мікропроцесорного контролеру зобов'язано мати модульну структуру, щоб забезпечити підключення обраного обладнання та простоту заміни модулів.

Трьох рівнева система автоматизації з пультом оператора або підсистемою інформаційного забезпечення праці оператора зобов'язана мати Ethernet інтерфейс для обміну даними з промисловим мікропроцесорним контролером.

Найкраще цим вимогам відповідає мікропроцесорний програмований логічний контролер компанії VIPA серії 200 для промислової експлуатації. Модуль мікропроцесорний моделі VIPA 214-2BE03 має час виконання арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, загальний обсяг пам'яті програм 144 кілобайта та загальний обсяг робочої пам'яті 96 кілобайт (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Вигляд зовні мікропроцесорного модуля контролера

Дійсні значення технічних характеристик мікропроцесорного модуля контролера представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення технічних характеристик модуля 214-2BE03

№	Коротке найменування параметру	Значення
1	Модель модуля	CPU 214NET
2	Повний обсяг пам'яті, кБайт	144
3	Повний обсяг робочої пам'яті, кБайт	96
4	Загальна кількість модулів, штук	32
5	Присутність інтерфейсу Ethernet	Присутній
6	Значення напруга живлення, В	24
7	Значення потужності, Вт	6

Під'єднання до промислового мікропроцесорного логічного контролера датчика температури, у нашому випадку це платиновий термоперетворювач, потрібно використати модуль з аналоговим входом з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА. Переліченим вимогам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, що володіє двома аналоговими входами та двома аналоговими виходами [6] з діапазоном сигналів струму від 4 до 20 мА, та напруги від 0 до 10 В постійного струму. Вигляд модулю та електрична схема підключення зображено на рисунку 2.6.

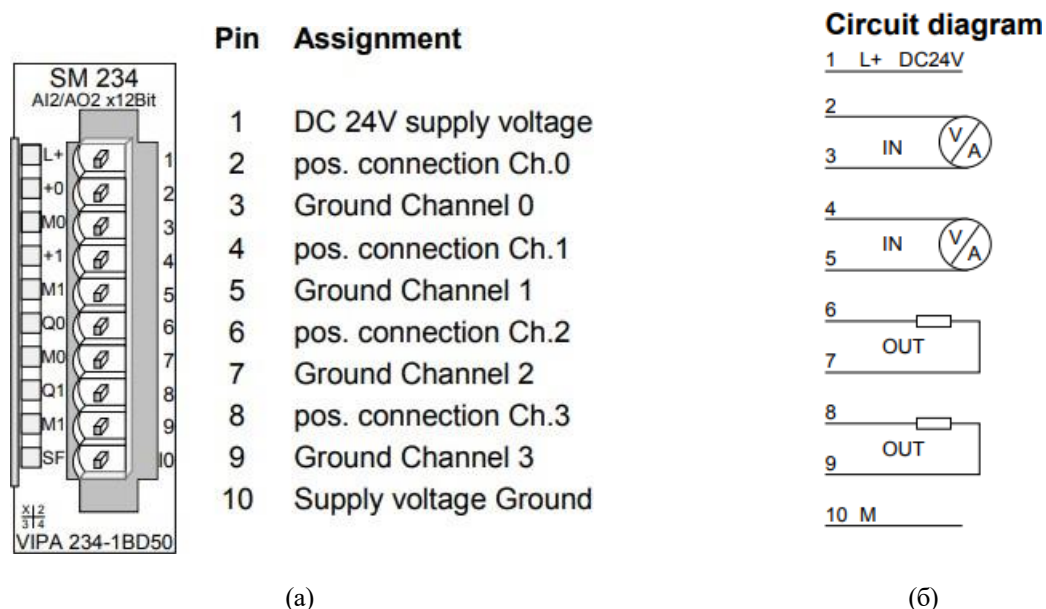


Рисунок 2.6 – Модуль промислового контролера для вводу/виводу аналогових сигналів VIPA 234-1BD50,

де а – коротке найменування клем, б – спрощена схема електрична.

Частина значень технічних характеристик модуля аналогового вводу/виводу представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Короткі відомості про значення технічних характеристик модуля аналогового вводу/виводу

№	Коротке найменування параметру	Значення
1	Значення розрядності АЦП, біт	12
2	Найбільша кількість входів/виходів	2/2
3	Тип вхідного/вихідного сигналів	аналоговий
4	Значення діапазону сигналів,	4-20mA, 0-10V
5	Значення довжини екранованого провідника, м	200
6	Значення потужності, Вт	2,9

Підсистема інформаційного забезпечення системи автоматизації або пульт оператора відображає значення поточного стану процесу технологічного на підставі даних від промислового мікропроцесорного контролера. Підсистема побудовано на базі спеціалізованого персонального комп'ютера, а зв'язок з промисловим логічним контролером здійснюється за допомогою цифрового інтерфейсу Ethernet. Схема електрична підключення персонального комп'ютера до обраного мікропроцесорного контролера представлено на рисунку 2.7.

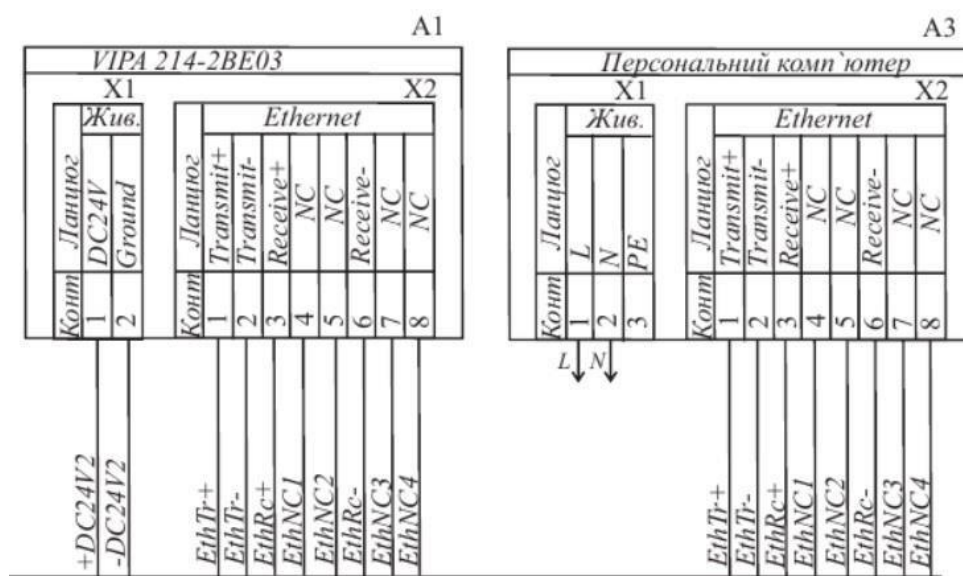


Рисунок 2.7 – Схема електрична підключення пульта оператора до промислового контролера

Для розрахунку загальної потужності споживання блоку живлення напругою 24 В постійного струму для обраного промислового контролера, його модулів складено таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення потужності споживання промислового контролера

№	Найменування модуля	Назва Модуль/Пристрій	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BE03	Модуль мікропроцесорний центральний	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль вводу/виводу аналогових сигналів	2,90 Вт
		ОВЕН ДТС035М–100П.0,25.60.И[5]	1,00 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

Модулі контролера промислового для системи автоматизації мають напругу живлення 24 В постійного струму. Повна потужність споживання мікропроцесорного модуля складає 6 Вт. Як джерело живлення напругою 24 В постійного струму модулів промислового контролера можна обрати джерело живлення SPD 24301 з входною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В змінного струму, потужністю 30 Вт (рис. 2.8). Короткі значення технічних характеристик джерела живлення представлено у таблиці 2.6.



Рисунок 2.8 – Вигляд зовні джерела живлення SPD 24301

Схема електрична підключення модуля мікропроцесорного VIPA 214-2BE03 промислового контролера до джерела живлення SPD 24301 представлена на рисунку 2.9.

Таблиця 2.6 – Короткі технічні характеристики джерела SPD2430

№	Найменування параметру	Значення
1	Значення вхідної напруги живлення, В	~85÷~264
2	Значення постійної вихідної напруги, В	24
3	Потужність джерела живлення, Вт	30
4	Допустиме значення вихідного струму, А	1,25

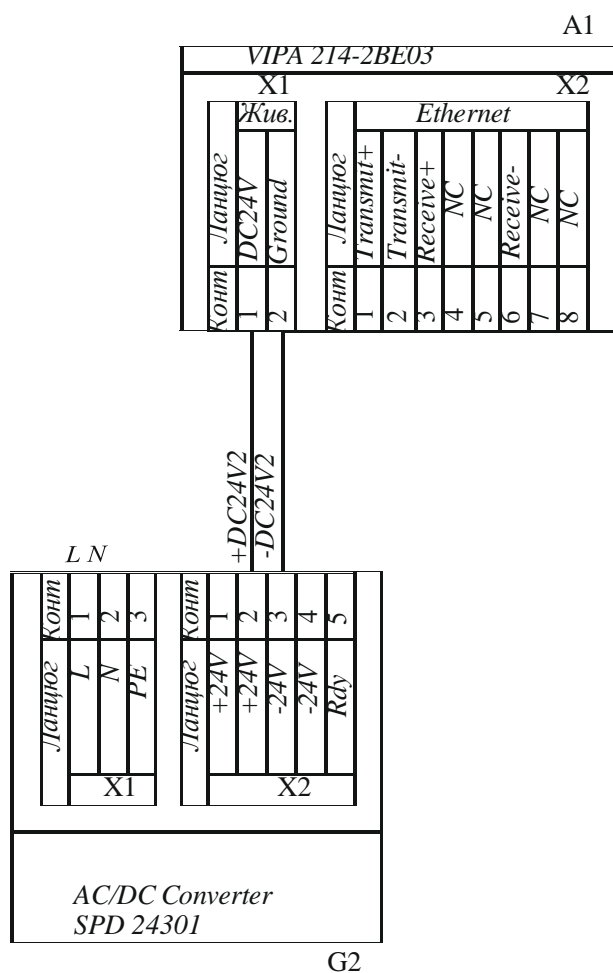


Рисунок 2.9 – Вигляд схеми електричної підключення джерела живлення SPD 24301 до модуля мікропроцесорного

Використаємо додатковий блок живлення 24 В постійного струму для модуля аналогового вводу/виводу та обраного датчика ОБЕН ДТС035М що підвищить надійності системи автоматизації. Блок тиристорного регулятора

потужності живлення нагрівача має напругу живлення 220 В змінного струму, тому у розрахунку не використовується. Потужність споживання загальна модуля вводу/виводу та підключеного до нього датчика розраховується підсумовуванням наступним чином:

$$P = 2.9 + 1 = 3.9 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

У якості джерела напруги для модуля вводу/виводу та датчика буде обрано аналогічне джерело живлення марки SPD 24301.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Розробка документів проекту системи автоматизації температурного режиму екструдера починається з оформлення функціональної схеми автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб, рисунок 2.10 (Додаток А).

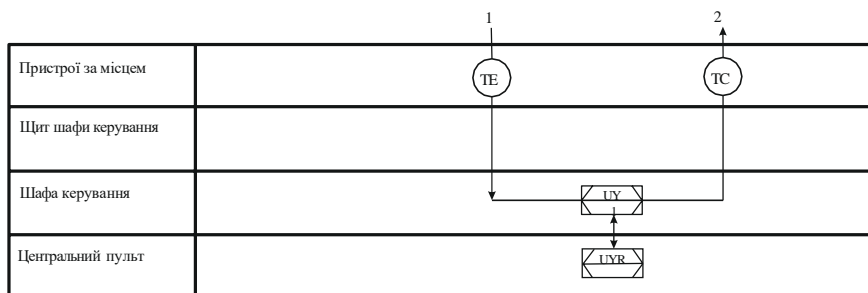
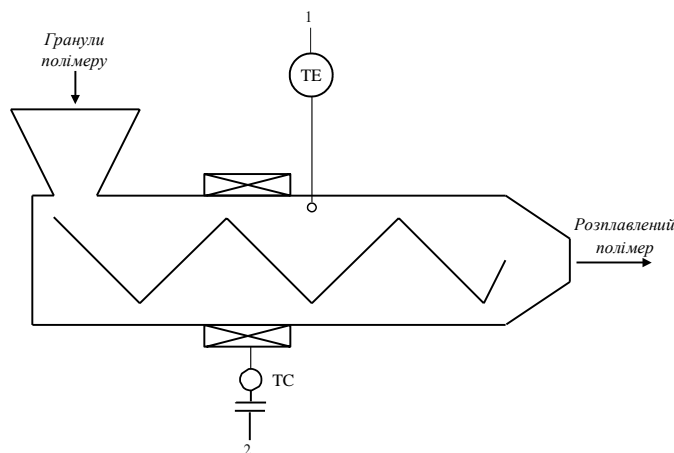


Рисунок 2.10 – Функціональна схема автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб

Пристрій керування (UY – VIPA 214-2BE03) це мікропроцесорний програмований логічний контролер, що має модульну структуру, можна побачити на схемі. Цей мікропроцесорний засіб передає данні про хід технологічного процесу до пульта оператора, що реалізовано на базі персонального комп'ютера (UYR – Персональний комп'ютер), та входить до системи автоматизації температурного режиму екструдера.

Значення температури розплавленого полімеру вимірюється за допомогою датчика (TE1 – ОВЕН ДТС035М) для оцінки значень процесу керування температурним режимом полімерного матеріалу у екструдері. Програмований логічний контролер (UY – VIPA 214-2BE03) задає значення електричної потужності нагрівального елемента ЕНКкЕ тиристорному регулятору потужності SPC 1-50 у вигляді цифрового сигналу 4-20 мА, що подається до регулятора потужності (GC – регулятор SPC 1-50). Нагрівальний елемент ЕНКкЕ нагріває корпус екструдера та через нього передає тепло до шару полімерного матеріалу у середині екструдера.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Обравши апаратне забезпечення, розробивши проект функціональної схеми автоматизації розроблено документ перелік елементів та схему електричну принципову системи автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб (рис. 2.11) (Додаток А).

Схема електрична принципова, перелік елементів системи автоматизації використовують два джерела живлення SPD24301 (G1, G2), напругою 24 В, постійного струму. Перше джерело живлення (G1) підключено до модулю аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50 (A2) та термоперетворювача ОВЕН ДТС035М (TE). Друге джерело живлення (G2) підключено до модуля мікропроцесорного програмованого логічного контролера VIPA 214-2BE03 (A1). Відображення значень параметрів, керування станом системи автоматизації температурного режиму екструдера виконується за допомогою пульта оператора – персонального комп'ютера. Передача даних між

персональним комп'ютером (A3) та мікропроцесорним програмованим логічним контролером (A1) реалізовано за допомогою інтерфейсу Ethernet.

У середині екструдера температура полімерного матеріалу вимірюється за допомогою датчика (TE – ОВЕН ДТС035М). Струмівий сигнал датчика/термоперетворювача 4-20 мА підключено до модуля аналогового вводу/виводу (A2) програмованого логічного контролера. Модуль мікропроцесорного програмованого логічного контролера (A1) задає поточне значення електричної потужності нагрівального елемента (TC – ЕНКкЕ) через вихідний цифровий сигнал 4-20 мА модуля аналогового вводу/виводу (A2) до тиристорного регулятора потужності SPC 1-50 (GC– SPC).

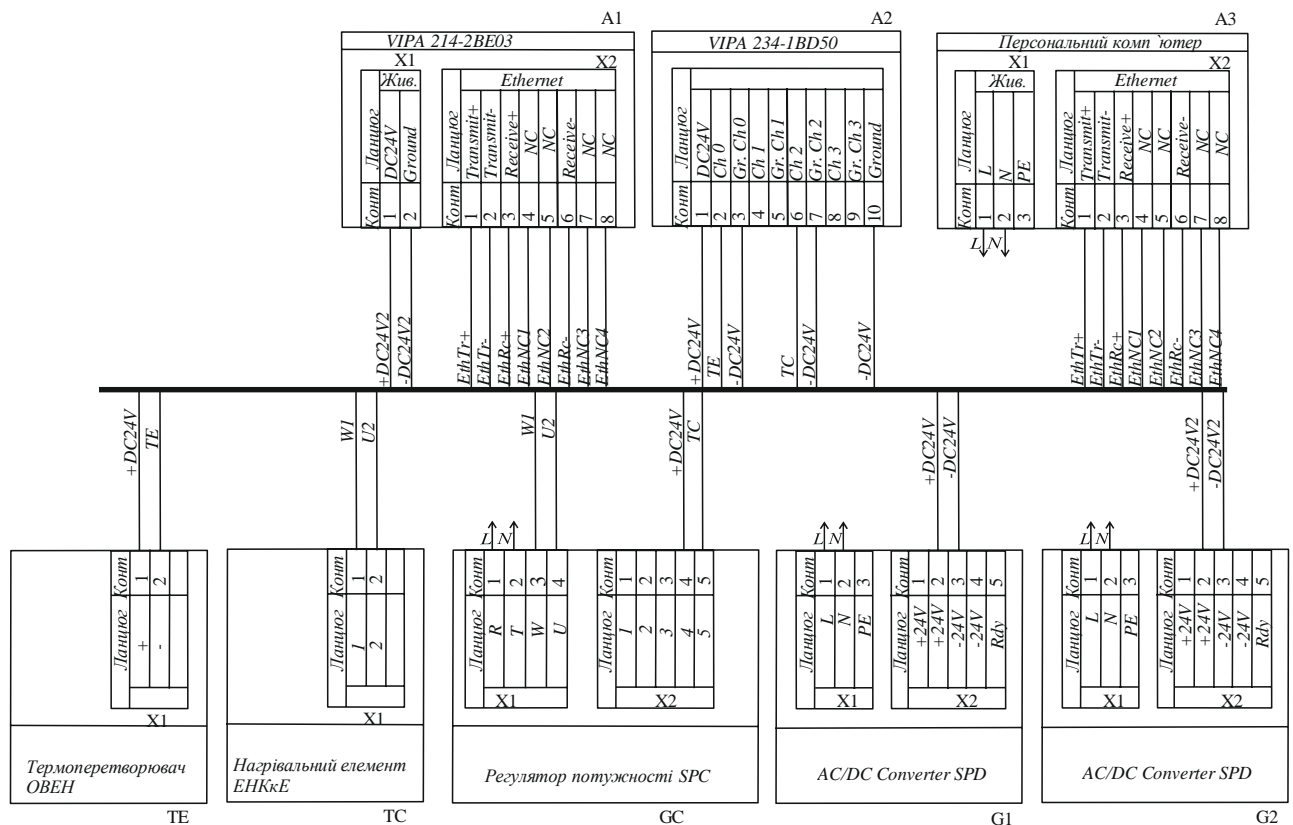


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова системи автоматизації температурного режиму екструдера

2.5 Висновки до розділу

Згідно з технічними вимогами до системи автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб розроблено структурну схему системи, обрано засоби апаратного забезпечення, розроблено проект

технічної документації з наступними документами – схема функціональна автоматизації, схема електрична принципова, перелік елементів.

Як мікропроцесорна база апаратного забезпечення системи автоматизації обрано сучасний промисловий мікропроцесорний контролер VIPA System 200V (Німеччина).

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми дослідницької системи

Ідентифікація об'єкту керування [7, 8] здійснюється з використанням наступних засобів: SCADA системи Zenon, програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу виконання і мікропроцесорного промислового контролеру (рис. 3.1). Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу дозволяє налаштовувати діапазон значень керуючих впливів і дійсних значень. Також, людино-машинний інтерфейс зберігає та відображає ці значення у вигляді графіків, трендів.

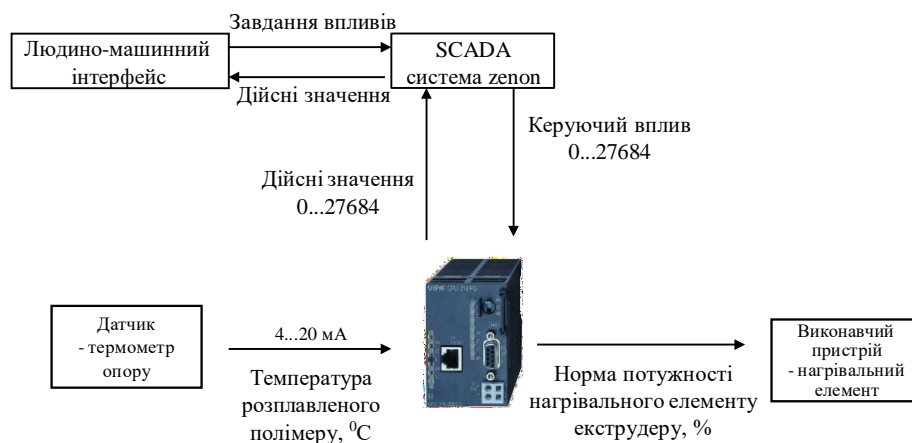


Рисунок 3.1 – Основні складові структури системи для дослідження об'єкта керування

Значення керуючих впливів, створені/задані людиною оператором, перетворюється з фізичних одиниць у цифрові значення у діапазоні від 0 до 27648, передається по каналу зв'язку до апаратного забезпечення системи віддаленого вводу-виводу. Апаратне забезпечення системи віддаленого вводу-виводу за допомогою цифро-аналогового перетворювача трансформує значення керуючої дії у електричну величину 4 до 20 мА постійного струму, подається на виконавчий пристрій об'єкта керування. Дійсне значення температури полімеру в екструдері на об'єкті керування вимірюється за допомогою термометру опору (датчик), вихідним сигналом якого є сигнал постійного струму у діапазоні від 4 до 20 мА. Значення електричної величини перетворюється аналого-цифровим перетворювачем системи віддаленого

вводу-виводу в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648, яке передається по каналу зв'язку середовищу виконання, яке трансформує його у фізичні одиниці і відображає за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Програмно-апаратна система для дослідження/ідентифікації об'єкта керування дозволяє формувати значення керуючих впливів будь-якої форми і подавати їх як вхідні сигнали до об'єкта керування. Ця властивість системи дозволяє виконати дослідження об'єкту керування використовуючи метод активного експерименту, що дозволить виконати ідентифікацію об'єкта керування під час його функціонування та отримати математичну модель об'єкта керування. Метод ідентифікації об'єкта керування, шляхом активного експерименту базується на даних динамічної характеристики, статичної характеристики, П-подібної характеристики, наборі перевірочних даних. Розроблено план активного експерименту.

План активного експерименту для ідентифікації об'єкту керування.

1. Отримання даних динамічної характеристики
 - 1.1 Привести об'єкт керування до початкового стану (дійсне початкове значення температури полімеру на виході екструдера складає 5⁰С);
 - 1.2 Запустити комплекс засобів системи реєстрації даних;
 - 1.3 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 8 кВт або 100%;
 - 1.4 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
 - 1.5 Вимкнути комплекс засобів системи реєстрації даних.
2. Отримання статичної характеристики
 - 2.1 Приведення об'єкту керування до початкового/усталеного стану (дійсне початкове значення температури полімеру на виході екструдера складає 5⁰С);
 - 2.2 Запустити комплекс засобів системи реєстрації даних;
 - 2.3 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 1.6 кВт або 20%

- 2.4 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
- 2.5 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 3.2 кВт або 40%
- 2.6 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
- 2.7 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 4.8 кВт або 60%
- 2.8 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
- 2.9 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 6.4 кВт або 80%
- 2.10 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
- 2.11 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 8 кВт або 100%
- 2.12 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
- 2.13 Вимкнути комплекс засобів системи реєстрації даних.
- 3. Отримання П-подібної характеристики
 - 3.1 Приведення об'єкту керування до початкового стану (дійсне початкове значення температури полімеру на виході екструдера складає 5⁰С)
 - 3.2 Запустити комплекс засобів системи реєстрації даних;
 - 3.3 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 8 кВт або 100%
 - 3.4 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
 - 3.5 Подати східчастий керуючий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 0 кВт або 0%
 - 3.6 Затримка очікування завершення перехідного процесу об'єкту керування;
 - 3.7 Вимкнути комплекс засобів системи реєстрації даних.
- 4. Отримання перевірочних даних
 - 4.1 Привести об'єкт керування до початкового стану (дійсне початкове значення температури полімеру на виході екструдера складає 5⁰С)
 - 4.2 Запустити комплекс засобів системи реєстрації даних;
 - 4.3 Подати набір східчастих впливів на вхід об'єкту керування тривалістю

1500 с з випадково обраними значенням від 0 до 100% протягом 60 000 секунд;

4.4 Вимкнути комплекс засобів системи реєстрації даних.

3.3 Виконання експерименту

Отримання значень динамічної характеристики починається з приведення об'єкту керування до початкового стану, після чого вмикаємо комплекс засобів системи реєстрації значень вихідних та вхідних сигналів. Потім подаємо східчастий вплив на вхід об'єкту керування зі значенням 100% (потужність нагрівального елемента змінюється від 0 до 8 кВт) та чекаємо на завершення перехідного процесу, після якого вимикаємо комплекс засобів системи реєстрації даних та отримуємо набір даних динамічної характеристики (рис. 3.4).

Отримання значень статичної характеристики починається з приведення об'єкту керування до початкового/усталеного стану, подавши східчастий керуючий вплив зі значенням 0 кВт або 0% та витримуємо затримку дочекавшись завершення перехідного процесу. По його завершенню вмикаємо комплекс засобів системи реєстрації значень, та подаємо східчасті впливи зі значеннями 20%, 40%, 60%, 80% та 100%, витримуємо затримку дочекавшись завершення перехідного процесу після кожного керуючого впливу. По закінченню вимикаємо комплекс засобів системи реєстрації даних та отримуємо набір даних статичної характеристики (рис. 3.5).

Отримання значень П-подібної характеристики починається з приведення об'єкту керування до початкового стану, вмикаємо комплекс засобів системи реєстрації значень та подаємо східчастий вплив зі значенням 100%. Витримуємо затримку дочекавшись завершення перехідного процесу, після чого подаємо східчастий вплив зі значенням 0 кВт або 0 % та по досягненню усталеного стану вимикаємо комплекс засобів системи реєстрації значень та отримуємо набір даних П-подібної характеристики (рис 3.6).

Отримання значень масиву перевірочних даних починається з приведення об'єкту керування до початкового стану та вмикаємо комплекс засобів системи

реєстрації значень. Потім, з інтервалом в 1500 секунд, подаємо значення східчастих керуючих впливів з випадковими значеннями від 0 до 100%. Після 60 000 секунд вимикаємо комплекс засобів системи реєстрації значень та отримуємо масив значень перевірочних даних (рис. 3.2).

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Набори даних з ідентифікації об'єкту керування, що отримано у результаті активного експерименту збережено у вигляді текстових файлів, до яких додана послідовність штампів часу. Отримані набори даних імпортуються (рис. 3.3) до середовища MATLAB у вигляді змінних за допомогою інтегрованих до нього функцій.

Name ▲	Value	Min	Max
Check_Input	60001x1 double	0.7698	99.1037
Check_Output	60001x1 double	5	208.55...
Check_Raw	60001x1x1 iddata		
Dynamic_Input	60001x1 double	0	100
Dynamic_Output	60001x1 double	5	210.40...
Dynamic_Raw	60001x1x1 iddata		
P_Input	60001x1 double	0	100
P_Output	60001x1 double	5	210.39...
P_Raw	60001x1x1 iddata		
Static_Input	60001x1 double	0	100
Static_Output	60001x1 double	5	210.40...
Static_Raw	60001x1x1 iddata		

Рисунок 3.2 – Приклад експериментальних даних у середовищі MATLAB

Оскільки у наборах значень з виходу об'єкта керування присутня статична складова 5 °С (початкова температура полімеру), перед початком обробки даних зменшуємо значення на цю величину за допомогою наступних операцій:

```
>> Dynamic_Output = Dynamic_Output - 5;
>> Static_Output = Static _Output - 5;
>> P_Output = P_Output - 15;
>> Check_Output = Check _Output - 5;
```

Далі виконуємо конвертування усіх даних до іншого формату, для чого у вікні команд середовища виконаємо наступні операції:

```
>> Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1.0);
```

```
>> Static_Raw = iddata(Static_Output, Static_Input, 1.0);  
>> P_Raw = iddata(P_Output, P_Input, 1.0);  
>> Check_Raw = iddata(Check_Output, Check_Input, 1.0);
```

Значення експериментальних даних з дослідження П-подібного впливу на об'єкт керування розбиваємо на два вектори. Перший вектор складає відгук об'єкта керування на зміну значень керуючого впливу від 0 до 100%, а другий вектор це відгук на зміну керуючого впливу від 100% до 0.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Аналіз графічного вигляду експериментальних даних динамічної характеристики (рис. 3.3) показує, що існує час чистого транспортного запізнення на з'явлення зміни значень у температурі полімерного матеріалу у середині екструдера. Час чистого транспортного запізнення має фізичне обґрунтування, та складається з наступних складових: перша складова це час запізнення на переніс тепла від нагрівача до корпусу екструдера та від корпусу екструдера до шару полімерного матеріалу у середині екструдера, друга складова це час запізнення на нагрів та розплавлення шару полімерного матеріалу всередині екструдера. З експериментальних даних випливає, що загальний час транспортного запізнення складає приблизно 36 секунд.

Графічний вигляд динамічної характеристики дозволяє зробити висновок, вихідний параметр об'єкта керування, температура полімерного матеріалу, має два викривлення. Висновком є те, що модель об'єкта керування шар полімерного матеріалу у середині екструдера має два явно виражені корені. Отже, модель об'єкта керування по каналу потужність нагрівача – температура полімерного матеріалу може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку.

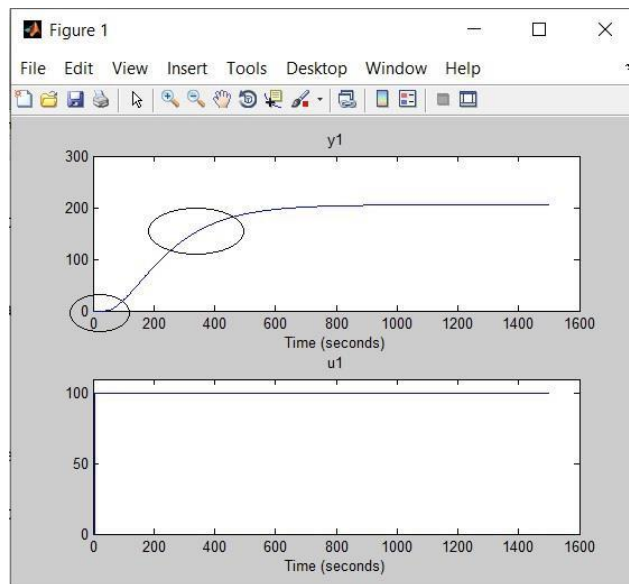


Рисунок 3.3 – Аналіз графічного вигляду динамічної характеристики

Графічний аналіз характеристики П-подібного керуючого впливу (рис. 3.4), дозволяє зробити висновок, що зміна керуючого впливу від 0 до 100% призводить до збільшення дійсного значення вихідного параметра, а зміна керуючого впливу від 100% до 0 призводить до зменшення його значень до початкових значень. На підставі цієї характеристики, можна зробити висновок, що об'єкт керування шар полімерного матеріалу у середині екструдера самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями.

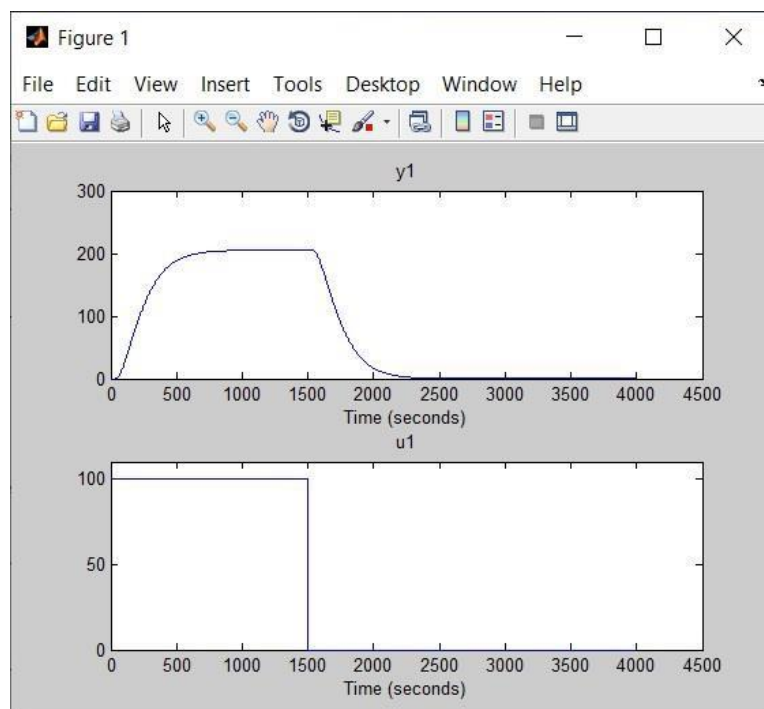


Рисунок 3.4 – Графічний вигляд значень П-подібної характеристики

Чисельний аналіз експериментальних даних П-подібної характеристики об'єкта керування на симетричність виконано за допомогою математичної функції стандартного відхилення або середньоквадратичного відхилення. Результат розрахунку виконується за допомогою наступних операцій

```
>> std(P_First) - std(P_Second)
```

```
ans =
```

```
0.0149
```

Мала ця величина або велика? Для оцінки величини отриманого значення враховуємо, що діапазон зміни вихідного значення об'єкта керування дорівнює 205.4 ($^{\circ}\text{C}$), отже, отримане значення різниці середньоквадратичних відхилень 0.0149 становить менше 1% від діапазону. Отже, можна зробити висновок, що поведінка об'єкту керування по каналу керування, що досліджується є симетричною, а модель може бути використано при подальшому моделюванні.

Графічне представлення даних статистичної характеристики у середовищі MATLAB має графічний вигляд (рис. 3.5).

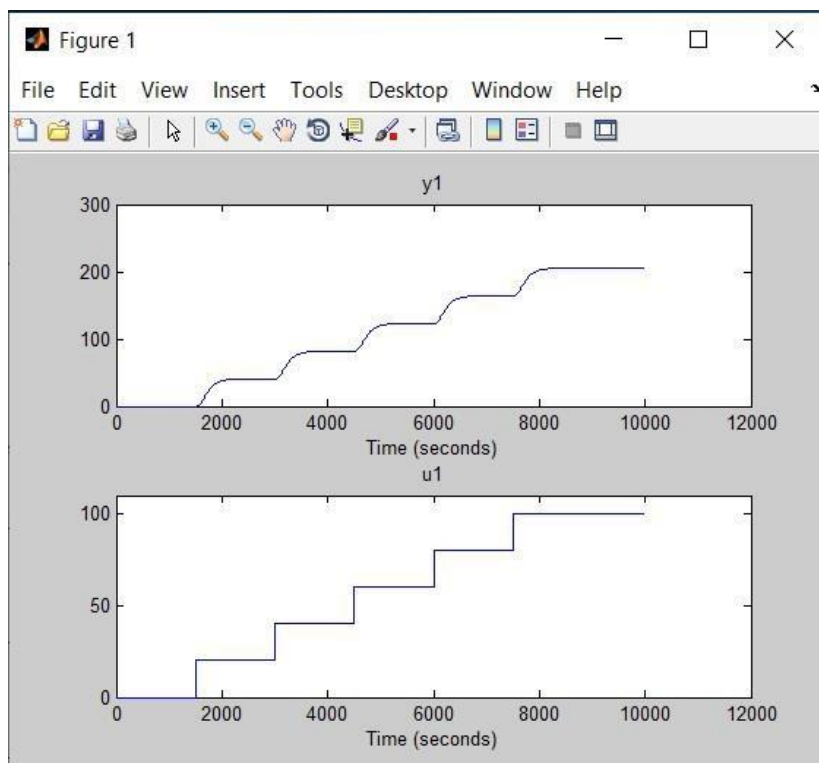


Рисунок 3.5 – Графічний вигляд експериментальних значень статичної характеристики

На підставі даних статичної характеристики по каналу керування «потужність нагрівального елемента – температура полімерного матеріалу» виконано побудову статичної характеристики екструдера (рис. 3.6) як об'єкта керування у середовищі Matlab за допомогою наступних операцій (рис. 3.6):

```
>> Static_Input_Vector = [ 0 20 40 60 80 100];
>> Static_Output_Vector = [ 0 41.08 82.16 123.24 164.32 205.4];
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3);
```

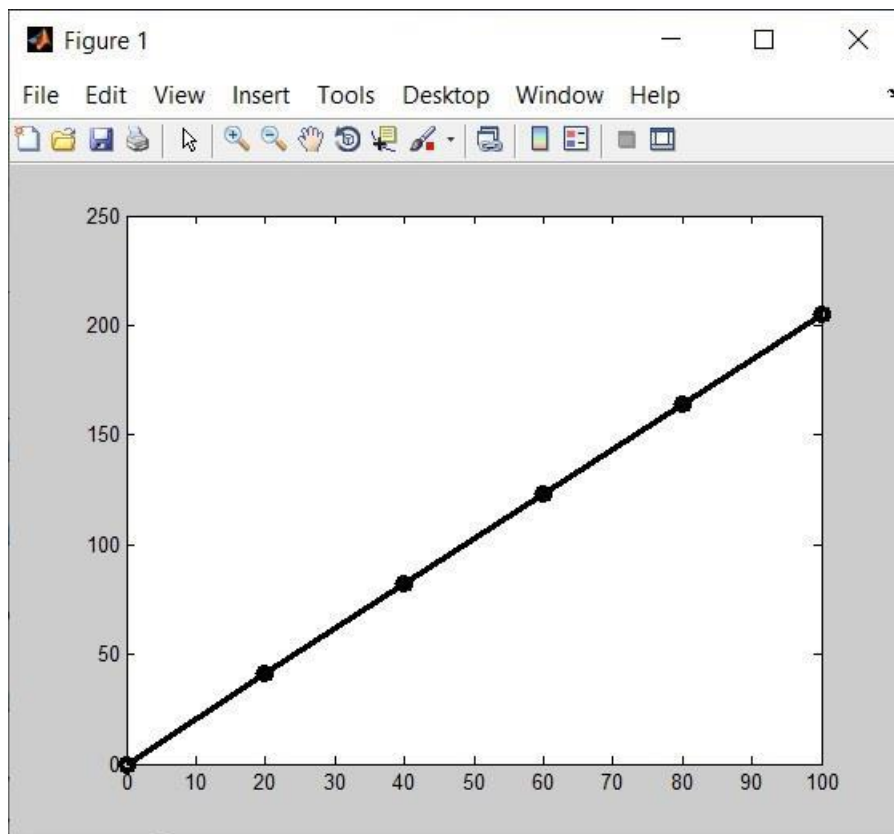


Рисунок 3.6 – Графічний вигляд статичної характеристики

Графічний аналіз показує, що статична характеристика об'єкта керування є лінійною, можна зробити висновок, що об'єкт керування, екструдер, по каналу керування «потужність нагрівального елемента – температура полімерного матеріалу» є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 100%.

Структурний аналіз експериментальних даних дозволяє зробити висновок, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку з запізненням, має наступний математичний вираз

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau_0 p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(p)$ – передаточна функція об'єкту керування; T_1 , T_2 – постійні часу об'єкту керування; k – коефіцієнт підсилення, τ_0 – час чистого транспортного запізнення.

Набір даних процесу керування температурним режимом екструдера для перевірки або валідації графічно проілюстровано на рисунку 3.7.

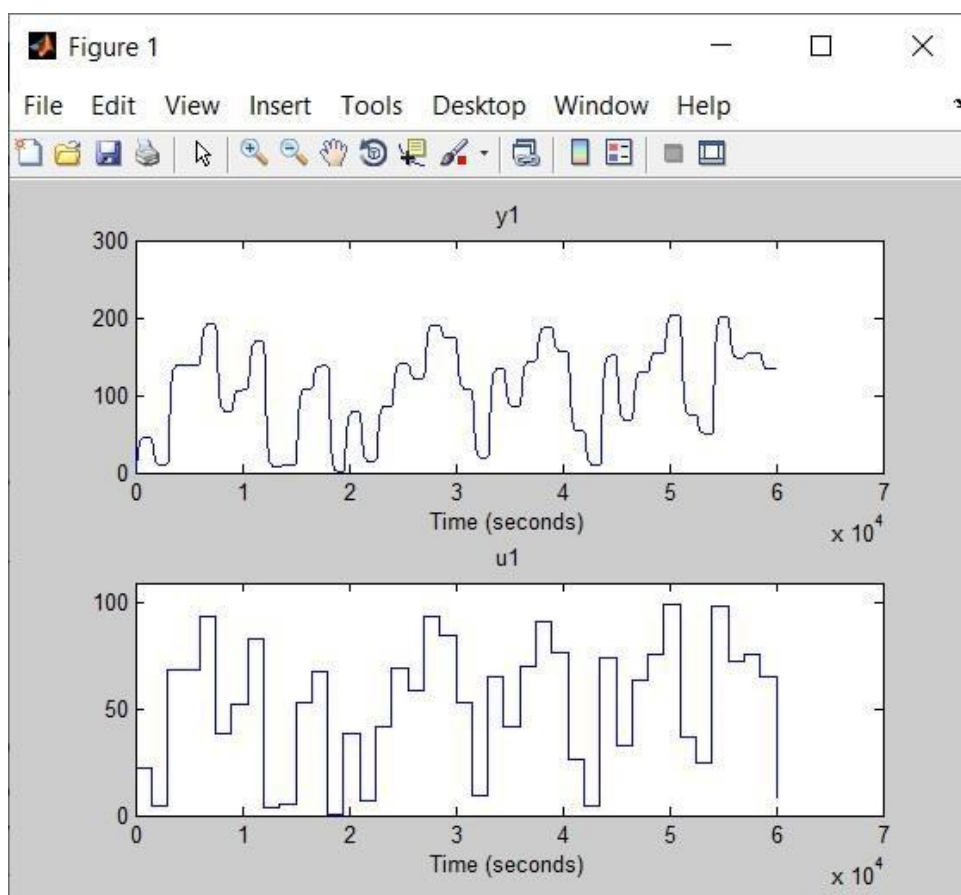


Рисунок 3.7 – Графічний вигляд набору перевірочних даних

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Виконаємо розрахунок та аналіз значень параметрів моделей об'єкта керування моделями аперіодичних ланок другого та третього порядку (рис. 3.8 – 3.10) за допомогою програмного забезпечення System Identification Tool у середовищі Matlab. Параметрична ідентифікація, або розрахунок значень моделі, виконується на підставі динамічної характеристики об'єкту керування. Перевірка значень моделі об'єкту керування виконується на підставі перевірочних даних.

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1 + T_{p1} s)(1 + T_{p2} s)}$$

Poles

2 All real

Zero
 Delay
 Integrator

Parameter Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	2.0547	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	115.7041	Auto	[0 128686.3]
Tp2	115.1508	Auto	[0 96817.11]
Tp3	0	0	[0 Inf]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	30	Auto	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected
 From existing model:
 User-defined Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...
Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: P2D Estimate Close Help

Рисунок 3.8 – Приклад розрахунку значень моделі аперіодичної ланки другого порядку з запізненням по замовчанню

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1 + T_{p1} s)(1 + T_{p2} s)(1 + T_{p3} s)}$$

Poles

3 All real

Zero
 Delay
 Integrator

Parameter Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	2.054	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	129.7454	Auto	[0 128686.3]
Tp2	95.4151	Auto	[0 96817.11]
Tp3	5.7523	Auto	[0 10000]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	30	Auto	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected
 From existing model:
 User-defined Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...
Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: P3D Estimate Close Help

Рисунок 3.9 – Приклад розрахунку значень моделі аперіодичної ланки третього порядку з запізненням по замовчанню

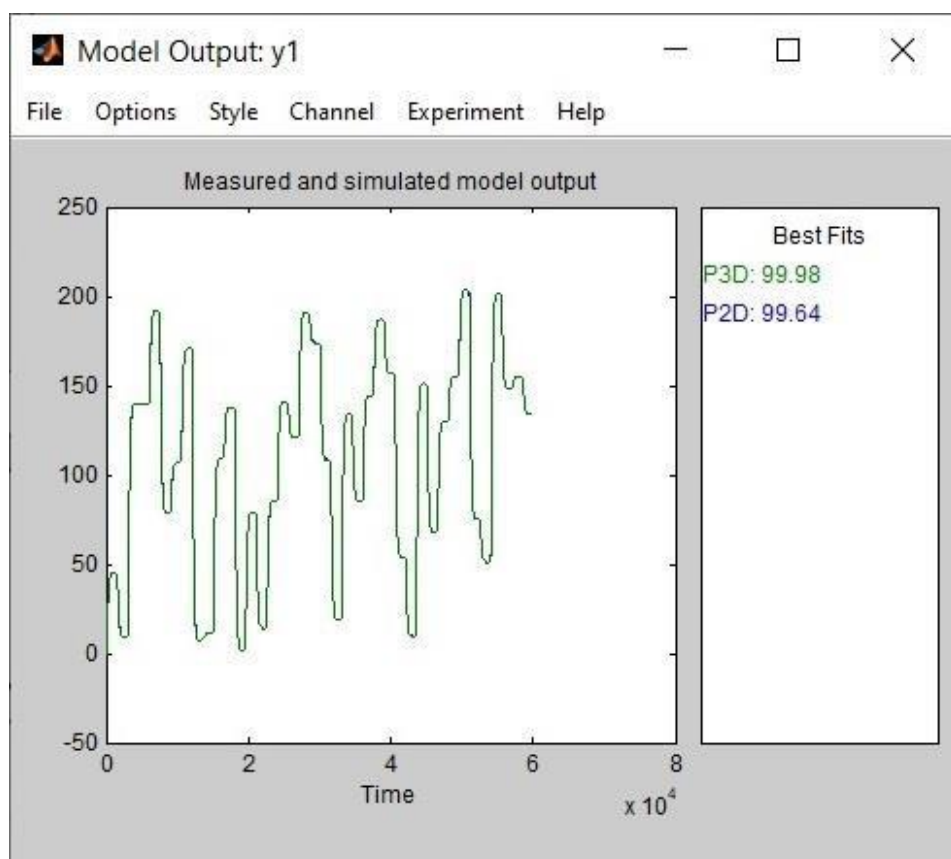


Рисунок 3.10 – Графічний та чисельний результат оцінки відповідності моделей до перевірочних даних

На перший погляд, чисельні оцінки відповідності моделей другого та третього порядку мають високе значення, більше 95 відсотків. Аналіз числових значень моделей другого та третього порядку при параметричній ідентифікації у пакеті System Identification Tool звертає увагу, що значення часу транспортного запізнення є нижче ніж значення часу транспортного запізнення на динамічній характеристиці (рис. 3.3). Після збільшення діапазону значення часу транспортного запізнювання, було отримані значення параметрів моделей об'єкту керування, що мають більш високу відповідність (рис. 3.11).

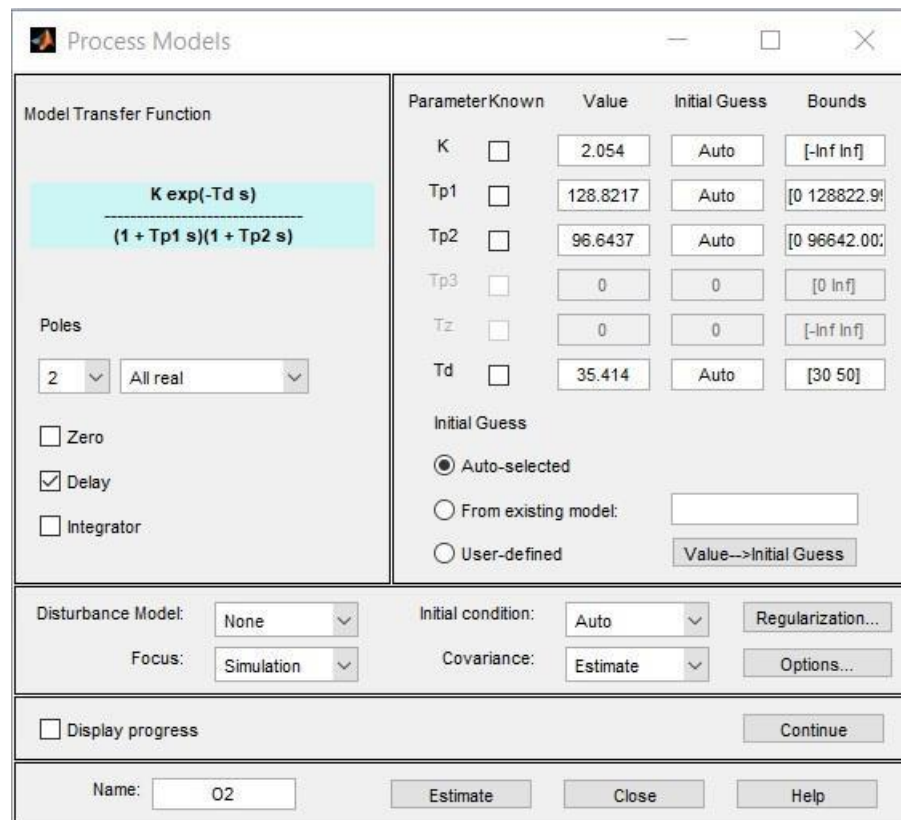


Рисунок 3.11 – Приклад розрахунку значень моделі для аперіодичної ланки другого порядку з запізненням

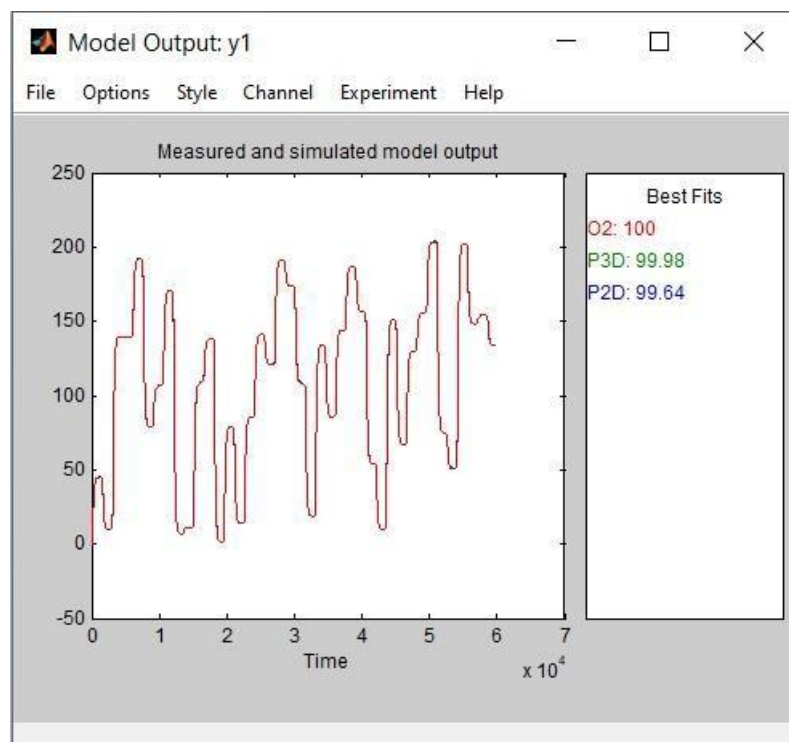


Рисунок 3.12 – Графічний та чисельний результат оцінки відповідності моделей до перевірочних даних

Результати параметричної ідентифікації у програмному забезпеченні "System Identification Toolbox" представлені у таблиці 3.1., та являють собою чисельні значення параметрів моделей, чисельні значення результатів відповідності.

Таблиця 3.1 – Результати параметричної ідентифікації

Найменування	P2D	O2	P3D
k	2.0547	2.054	2.054
T ₁ , с	115.7	128.82	129.75
T ₂ , с	115.15	96.644	95.415
T ₃ , с	–	–	5.7523
τ, с	30	35.414	30
Dynamic Динамічна характеристика			
NRMSE, %	99.3	100	99.97
FPE	0.2418	4.847e-9	0.0004102
MSE	0.1495	2.369e-7	0.0003051
Check Перевірочні дані			
NRMSE, %	99.64	100	99.98

Отримані результати свідчать, що нова модель (O2) другого порядку більше відповідає перевірочним даним, ніж інші (100.0% проти 99.97% або 99.3%). На підставі цього, можна зробити остаточний висновок, що об'єкту керування найбільш відповідає аперіодична ланка другого порядку з запізненням 35.414 с. У результаті структурної та параметричної ідентифікації отримана модель об'єкту керування, що відповідає перевірочним даним на 100.0%, має наступний аналітичний вигляд:

$$W(s) = \frac{2.054e^{(-35.414s)}}{(128.82s + 1)(96.644s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Виконаємо порівняльний аналіз моделі (3.2) та поведінки об'єкту керування під час активного експерименту. У пакеті Simulink побудована модель об'єкту керування по каналу «потужність нагрівального елемента –

температура полімерного матеріалу у середині екструдера» (рис. 3.13), початкова температура полімерного матеріалу складає 5°C . Для цього візуально порівнюємо графік поведінки моделі об'єкта керування отриманої за допомогою програмного забезпечення System Identification Toolbox, і динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.3). Можна зробити висновок, що графік поведінки моделі у середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.14) не відрізняється від вигляду динамічної характеристики (рис. 3.3).

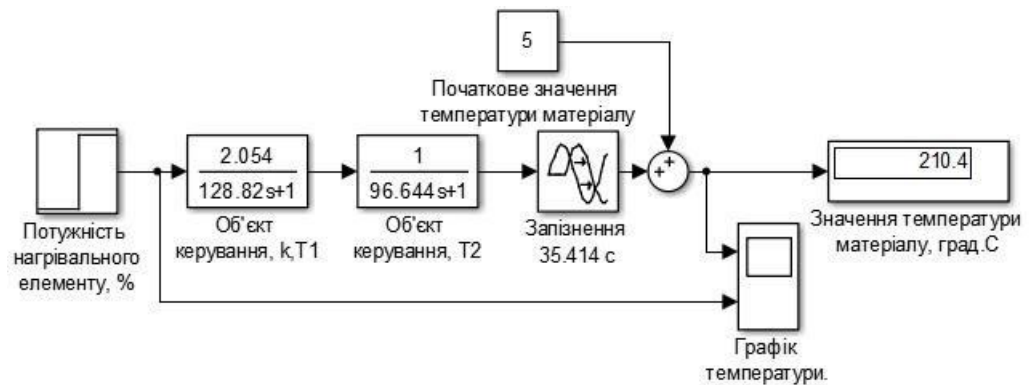


Рисунок 3.13 – Модель процесу нагріву полімерного матеріалу у екструдері

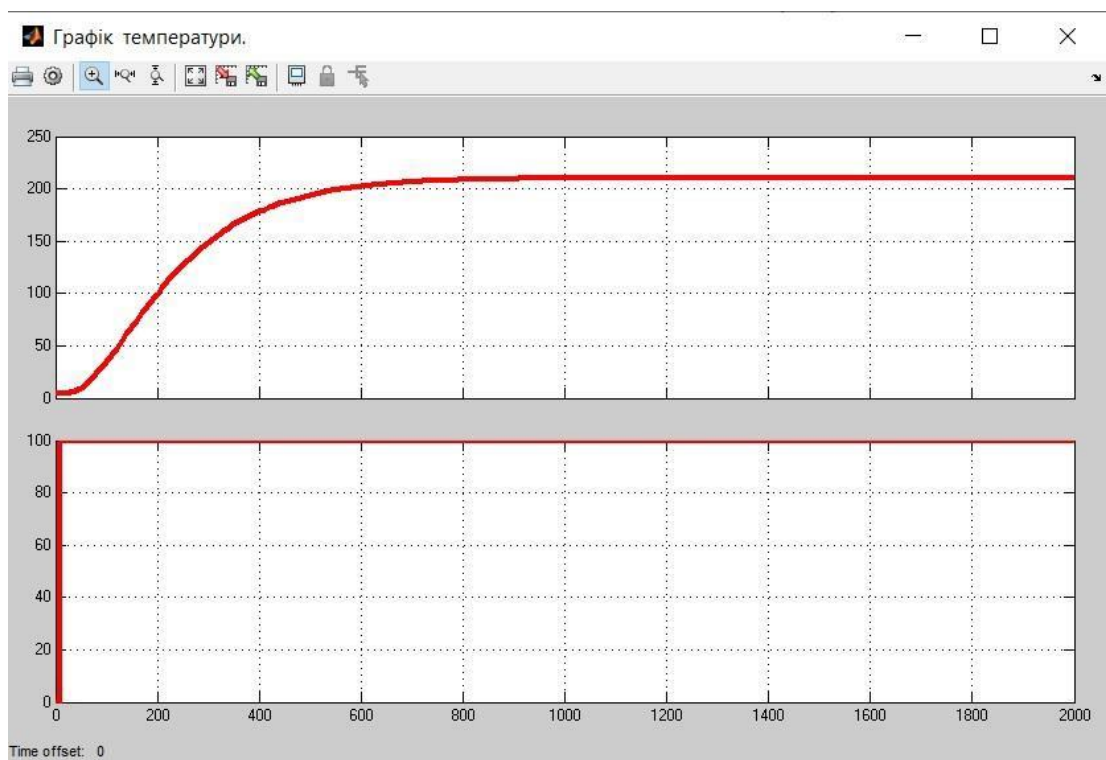


Рисунок 3.14 – Графічне представлення результатів моделювання

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

У пакеті Simulink середовища Matlab, розроблено модель (рис. 3.15) для перевірки відповідності (адекватності) моделі отриманої у результаті параметричної ідентифікації (O2) та моделі рис. 3.13 до набору перевірючих даних рис. 3.7.

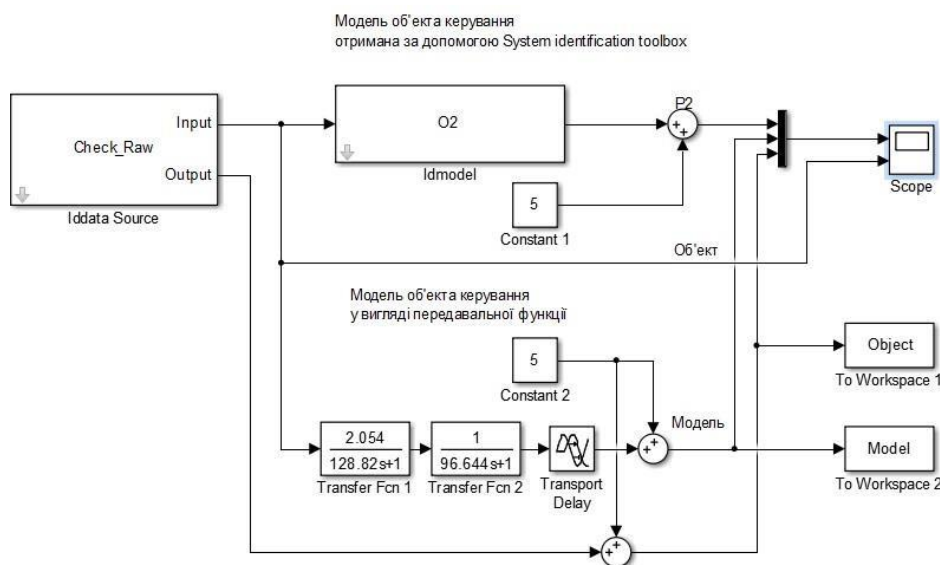


Рисунок 3.15 – Модель для перевірки відповідності результатів ідентифікації
Результати моделювання з перевірки відповідності (адекватності)
моделей об'єкта керування до перевірючих даних ображено на рис. 3.16.

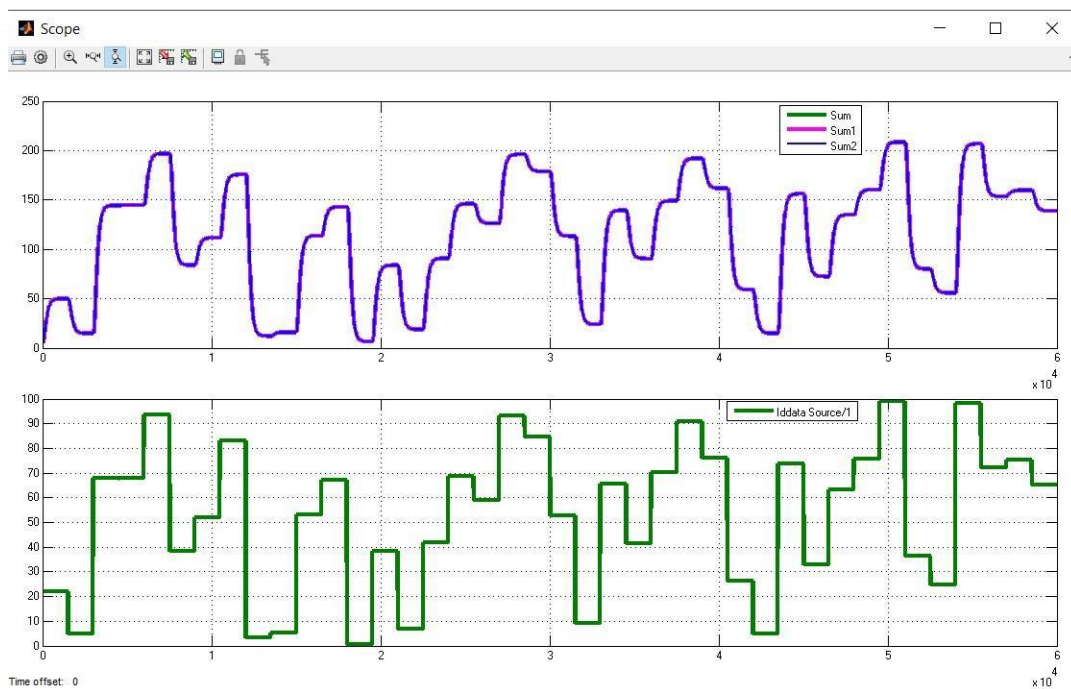


Рисунок 3.16 – Графічне зображення результатів перевірки на адекватність

Графічні результати моделювання демонструють повну відповідність значень вихідних параметрів моделей до перевірочних даних. Для чисельної оцінки відповідності моделі об'єкта до перевірочних даних виконаємо розрахунок за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE" за допомогою наступної операції

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
nrmse =
    99.9851.
```

Чисельний результат адекватності свідчить, що отримане рівняння моделі об'єкта керування відповідає перевірочним даним на 99.9851%. Чисельний результат свідчить, що результат ідентифікації або модель 3.2 відповідає перевірочним даним, є адекватною, може бути використано для моделювання об'єкта керування і подальшої розробки системи керування в цілому.

3.5 Висновки до розділу

Розроблений план експерименту для ідентифікації екструдера виробництва полімерних труб по каналу потужність нагрівального елемента – температура розплавленого полімеру дозволило отримати модель об'єкту керування.

У результаті виконаного активного експерименту, обробки даних структурної ідентифікації встановлено наступне: об'єкт керування має чисте транспортне запізнення, динамічна характеристика має два викривлення; об'єкт самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями; об'єкт керування є симетричним; об'єкт керування є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу потужності нагрівального елемента екструдера від 0 до 100 %;

У результаті параметричної ідентифікації об'єкту керування за допомогою програмного забезпечення "System Identification Toolbox" та аналізу отриманих результатів встановлено наступне: модель другого порядку

з запізненням 35.414 секунд більше відповідає перевірочним даним експерименту ніж інші моделі.

Використовуючи чисельну оцінку за нормованим середньоквадратичним відхиленням встановлено що відповідність моделі до перевірочних даних складає 99,9851%.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядаються питання автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб.

В екструзійній промисловості спостерігається все більша тенденція до об'єднання різних пристроїв керування під керуванням одного загального пристрою, який здійснює повний контроль і керування всіма механізмами екструзійної лінії. Слід зазначити, що безліч етапів контролю екструдера може бути реалізовано в ієрархічному взаємозв'язку. Найпоширеніші прилади поєднують в собі контроль температури в різних зонах. Найчастіше завданням таких систем є підтримка заданих параметрів розплаву шляхом контролю нагріву перших двох-трьох зон, які найбільш близькі до зони, де плавиться полімер. Зміна температури в таких зонах здійснюється автоматично каскадною системою керування. Однак таким способом можна проводити регулювання при досить низькій швидкості, так як реакція зон робочого об'єму на зміну температурних параметрів відбувається дуже повільно. Також часто виявляється, що системи контролю тиску покладаються на плавну зміну швидкості гвинта, щоб підтримувати постійний тиск полімерного розплаву.

Нові типи екструдерів часто оснащуються системою керування, що дозволяє одночасно контролювати і керувати температурою і тиском розплаву, а також товщиною екструдата і іншими параметрами екструзії. Деякі системи керування можуть бути об'єднані в загальне керування виробництвом. Наприклад, вони дозволяють, крім керування екструдером, керування системами, що готують матеріал до завантаження в екструдер, паралельним екструдером при соекструзії, приводом і температурою шестеренного насоса, системою контролю міцності і різання кромки екструдата і багатьма іншими параметрами.

Для того щоб системи називалися системою дійсно тотального керування, вона повинна здійснювати контроль наступним чином: керований процес

необхідно розглядати як систему безлічі змінних, взаємозв'язок яких повністю відомий і врахований в системі керування. Однак більшість систем керування, які контролюють параметри екструдованого розплаву полімеру, більше схожі на набір незв'язаних зворотним зв'язком даних, кожний параметр яких контролює тільки один показник. Таким чином, такий пристрій являє собою просту комбінацію декількох регуляторів в одному корпусі, не змінюючи їх суті. Такі регулятори можуть забезпечити більш низьку вартість, але не підвищують адекватність керованої схеми. Існує два принципово різних методи керування виконавчими механізмами: імпульсний і пропорційний способи регулювання.

Щоб побудувати дійсно повноцінну пропорційну систему керування, необхідно побудувати динамічну модель процесу. При цьому адекватність керування буде прямо залежати від точності побудованої моделі. Однак побудова такої моделі, на практиці, є дуже складним завданням. Тому в даній кваліфікаційній роботі була приділена увага найважливішому параметру процесу екструзії, який впливає на якість одержуваного розплаву в цілому - контроль температури стовбура, необхідної для забезпечення належної консистенції в'язкості полімеру. Відхилення в в'язкості матеріалу можуть привести до погіршення його властивостей, виникнення неприпустимих навантажень на привід шнека і екструдера.

Таким чином, необхідно було повністю проаналізувати роботу екструзійної лінії, виявити «слабкі місця» виробництва, надати рекомендації та конкретні технічні рішення щодо усунення несправності, а також для отримання технічного результату з більш якісними показниками. Новизна досліджень полягає в розробці автоматизованої системи, яка здатна контролювати температурний режим при виробництві полімерної продукції шляхом установки датчика температури зі зворотним зв'язком, що забезпечує керування з необхідними якісними показниками виготовлення полімерної продукції.

Розроблювана система керування наступні переваги:

- система керування виконана на сучасному промисловому контролері;
- система керування має зворотній зв'язок;
- присутній стандартний канал зв'язку з іншими системами керування;
- система керування має настройку параметрів під різні технологічні параметри процесу виготовлення полімерної продукції;
- функції оператора фактично зводяться до спостерігача нештатних ситуацій.

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Витрати на автоматизацію вимагають значних капіталовкладень, а очікування вигоди може зайняти декілька років. Як правило, рентабельність інвестиції з автоматизації виробничого процесу переважає причини не інвестувати. Завдання автоматизації полягає в зниженні витрат і збільшенні доходів автоматизованого підприємства.

Капітальні витрати можна визначити за формулою:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – капітальні витрати для системи автоматизації, грн.; $C_{\text{ОБ}}$ – вартість обладнання, грн.; $D_{\text{ТР}}$ – транспортні витрати, грн.; $M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж, грн.; $K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку ПЗ, грн.

Вартість обладнання системи автоматизації наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на обладнання для системи автоматизації

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4]	од.	1	2 400,00	2 400,00
2	Регулятор потужності	од.	1	10 125,00	10 125,00
3	Блок CPU VIPA 200. VIPA 214-2BE03	од.	1	19 180,00	19 180,00
4	Модуль аналог вхід/вихід сигналів VIPA 234-1BD50	од.	1	13 650,00	13 650,00
5	Джерело живлення SPD24301	од.	2	2 510,00	5 020,00
6	Кабель контрольний КВВГ 4х1	м	20	65,00	1 300,00
7	Кабель екранована віта пара FTP	м	30	45,00	1 350,00
	Разом				53 025,00

Капітальні витрати на закупку обладнання для системи автоматизації складає $C_{OB} = 53\,025,00$ грн.

Транспортно-заготівельні витрати визначаються в залежності від загальної вартості, і типова вартість зазвичай складає 8 %:

$$D_{TP} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

У нашому випадку витрати на транспортно-заготівельні роботи дорівнюють:

$$D_{TP} = 53\,025,00 \cdot 0,08 = 4\,242,00 \text{ грн.}$$

Для розрахунку вартості монтажних-налагоджувальних робіт, скористаємося тим же принципом, що і раніше – вони на пряму залежать від загальної вартості для основного та допоміжного обладнання і як і раніше типова вартість визначається на рівні 7 %:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Таким чином витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 53\,025,00 \cdot 0,07 = 3\,711,75 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Час розробки програмного забезпечення

Розробка спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ) часто перевищує попередні часові оцінки тому керівники проектів повинні мати структурований підхід до оцінки тривалості проекту.

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) для нашого випадку розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g. \quad (4.4)$$

де t – час розробки ПЗ, люд.-год.; t_o – час підготовки до поставленого завдання, люд.-год.; t_u – час на вибір оптимального алгоритму для системи керування, люд.-год.; t_a – час розробки схеми алгоритму, люд.-год.; t_n – час на програмування по схемі алгоритму, люд.-год.; t_n – час на налаштування ПЗ, люд.-год.; t_g – час на підготовку документації по завданню, люд.-год.

Складові часу визначаються за кількістю команд у ПЗ:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

де Q – фінальна кількість команд ПЗ; q – кількість команд ПЗ на мовою Structured Text (400... 700, приймаємо $q = 525$); c – коефіцієнт

складності ПЗ (приймаємо $c = 1,6$); p – коефіцієнт корекції ПЗ (приймаємо $p = 0,4$).

Для ПЗ, що розробляється, складові часу становитимуть:

$$Q = 525 * 1,6 * (1 + 0,4) \approx 1\,176 \text{ операторів}$$

Час на підготовку ПЗ складає $t_o = 48$, люд. –год.

Час на вивчення завдання буде:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення часу (1,2...2,0, приймаємо $B = 1,7$); k – коефіцієнт кваліфікації програміста (1,0...4,0, приймаємо $k = 1,4$).

Для ПЗ, що розробляється, час на вивчення завдання становитиме:

$$t_u = 1\,176 * 1,7 / (82 * 1,4) \approx 18 \text{ люд. –год}$$

Час на розробку алгоритму керування буде:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.7)$$

Час на розробку алгоритму керування становитиме:

$$t_a = 1\,176 / (22 * 1,4) \approx 39 \text{ люд. –год}$$

Час праці на складання програми по схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(22 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Час праці на складання ПЗ по готовій схемі алгоритму становитиме:

$$t_n = 1\,176 / (22 * 1,4) \approx 39 \text{ люд. –год}$$

Час праці на налаштування ПЗ розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Час праці на налаштування ПЗ становить:

$$t_h = 1\,176 / (4,5 * 1,4) \approx 187 \text{ люд. –год}$$

Час праці на підготовку документації буде

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – час підготовки матеріалів; $t_{до}$ – час на оформлення документації.

Час підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k} \quad (4.11)$$

Час підготовки матеріалів до написання становить:

$$t_{др} = 1\,176 / (17 * 1,4) \approx 50 \text{ люд. –год}$$

Час оформлення документації буде:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (4.12)$$

Час оформлення документації буде:

$$t_{до} = 0,75 * 50 = 38, \text{ люд. -год.}$$

Для розробленого ПЗ час на підготовку документації по завданню становлять:

$$t_g = 50 + 38 = 88 \text{ люд. -год.}$$

Таким чином час розробки ПЗ буде:

$$t = 48 + 18 + 39 + 39 + 187 + 88 = 419 \text{ люд. -год}$$

4.3.2 Витрати на розробку ПЗ

Витрати для розробки ПЗ системи керування визначаються як:

$$K_{ПЗ} = Z_{ЗП} + Z_{МЧ}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $Z_{ЗП}$ – заробітна плат (ЗП) розробника ПЗ, грн.; $Z_{МЧ}$ – вартість машинного часу, грн.

ЗП розробника ПЗ визначається як:

$$Z_{ЗП} = t \cdot C_{ПР}, \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{ПР}$ – годинна тарифна ставка розробника ПЗ (приймаємо $C_{ПР} = 175$ грн./год.).

ЗП розробника ПЗ становить:

$$Z_{ЗП} = 419 * 175 = 73\,325,00 \text{ грн.},$$

Вартість машинного часу буде:

$$Z_{МЧ} = t_n \cdot C_{МЧ}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год; $C_{МЧ}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{МЧ} = 23,55$ грн./год.).

Вартість машинного часу буде:

$$Z_{МЧ} = 39 * 23,55 = 918,45 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку ПЗ системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 73\,325,00 + 918,45 = 74\,243,45 \text{ грн.}$$

Час розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – час розробки ПЗ (міс.); B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$); F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 419 / (1 * 176) = 2,38 \approx 2,5 \text{ (міс.)}$$

Час розробки ПЗ становить:

$$K_{ПКВ} = 53\,025,00 + 4\,242,00 + 3\,711,75 + 74\,243,45 \approx 135\,222,20 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – поточні витрати для системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; C_3 – ЗП обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соц. заходи, грн.; C_{PO} – витрати на обслуговування та ремонт обладнання, грн.; C_{ee} – вартість електроенергії, грн.; $C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати, грн.

4.4.1 Відрахування на амортизацію

Обладнання належить до 4 групи (машини та обладнання), термін експлуатації - 5 років. За методом прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації, %; T – час використання об'єкта, років.

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів, грн.; ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$), грн.

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%$$

Амортизації становить:

$$C_a = 135\,222,20 \cdot 40 / 100 = 54\,088,88 \text{ грн.}$$

4.4.2 Фонд заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_K - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_3, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу, год.; T_K – календарний фонд робочого часу, днів ($T_K = 365$); $T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{\text{ВС}} = 114$); $T_{\text{В}}$ – відпустка, днів ($T_{\text{В}} = 21$); T_3 – тривалість зміни, год ($T_3 = 8$).

Річний фонд складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ год.}$$

У процесі експлуатації системи автоматизації для технологічного процесу сушіння крохмалю буде задіяно:

- 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну;

- 1 інженер-технолог на добу.
- 1 наладчик електроустаткування на добу.

Технологічний процес виробництві полімерних труб безперервний – 3 зміни на добу. Річний фонд ЗП робітників визначено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок ЗП

№ П/П	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номинальний річний	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМП	3	100,50	1 840	554 760,00	44 380,80	38 833,20	637 974,00
2	Інженер-технолог	1	135,00	1 840	248 400,00	19 872,00	17 388,00	285 660,00
3	Наладчик	1	120,50	1 840	221 720,00	17 737,60	15 520,40	254 978,00
Разом								1 178 612,00

ЗП обслуговуючого персоналу системи керування $C_3 = 1\,178\,612,00$ грн.

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соц. заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,178\,612,00 = 25\,9294,64 \text{ грн.}$$

4.4.4 Витрати на обслуговування та ремонт

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання приймаємо на рівні 5 % від капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{ПКВ}) \quad (4.22)$$

Витрати на обслуговування і ремонт становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 135\,222,20 \text{ грн} = 6\,761,11 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, приймаємо $K_e = 0,95$ (кВт · год.); T_3 – часу роботи за сутки, $T_3 = 24$ (год.); $K_{РД}$ – кількість робочих днів у році, $K_{РД} = 365$ (днів); T_e – тариф на електроенергію з урахуванням ПДВ становить $T_e = 0,78332 * 1,2 = 0,94$ (грн.).

Вартість електроенергії дорівнює:

$$C_{ee} = 0,95 * 365 * 24 * 0,94 = 7\,822,68 \text{ грн.}$$

4.4.6 Інші витрати

Витрати на охорону праці, спецодяг та інше. Ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду ЗП обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати будуть:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 * 1\,178\,612,00 = 47\,144,48 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати будуть (табл. 4.4):

$$C = 54\,088,88 + 1\,178\,612,00 + 25\,9294,64 + 6\,761,11 + 7\,822,68 \\ + 47\,144,48 = 1\,553\,723,79 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показчика	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	54 088,88
2	Фонд заробітної плати	1 178 612,00
3	Відрахування на соціальні виплати	25 9294,64
4	Ремонт та технічне обслуговування	6 761,11
5	Електроенергія	7 822,68
6	Інше	47 144,48
7	Загалом	1 553 723,79

4.5 Висновки до розділу

При впровадженні системи автоматизації температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб капітальні витрати становлять 140 тис. грн., час розробки ПЗ близька 2,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати становитимуть трохи менше 1,55 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні відомості

Пластикові труби, які використовуються для транспортування гарячої та холодної питної води, є синтетичними полімерами, що містять численні добавки, які підвищують довговічність, ударну міцність і міцність, а також протистоять деградації матеріалу.

Були проведені деякі дослідження для оцінки типу та рівнів хімічних речовин, які мігрують з полімерних матеріалів у питну воду, потенційні шкідливі наслідки для здоров'я, пов'язані з цими сполуками в питній воді, не були достатньо описані.

Наявність регульованих і нерегульованих речовин у питній воді, пов'язаних із використанням пластикових труб, характеризує потенційну небезпеку для здоров'я, яка пов'язана зі шкідливим впливом, який потребують подальшого дослідження.

Особливо для охорони здоров'я важливим є потенційний вплив на чутливі групи населення з алергією, що пов'язаний з короткочасним підвищення вмісту фільтратів у критичні періоди, а також одночасне виникнення фільтратів, націлених на той самий орган(и) та /або спільного способу токсичної дії. адитивні або синергетичні ефекти.

Забруднювачі вимірюються в системі розподілу, а не на крані, де фактично відбувається вплив на людину. Для покращення захисту здоров'я важливо ідентифікувати сполуки, які мігрують із пластикових труб у питну воду, а також краще кількісно оцінити вплив цих речовин і продуктів їхнього розпаду на людей і небезпеку для здоров'я.

Охорона праці є важливою складовою виробництва полімерних труб, особливо коли йдеться про режими екструдера і пов'язані з ними високі температури.

5.2 Охорона праці при роботі з екструдером

5.2.1 Загальні заходи з охорони праці

Основні заходи з охорони праці, які слід вживати, включають:

- **Захист від тепла:** Робочий персонал, який працює біля екструдера, повинен мати належний захист від тепла. Це може включати використання термостійких одягу, захисних рукавиць і окулярів.
- **Вентиляція:** Необхідно забезпечити належну вентиляцію в робочій зоні, де знаходиться екструдер. Це може включати використання витяжок і системи кондиціонування повітря, щоб зменшити температуру і підтримувати прийнятні рівні комфорту для працівників.
- **Заходи безпеки:** Необхідно надавати працівникам необхідні інструкції з безпеки та навчати їх правилам поведіння біля екструдера. Це включає правильну техніку роботи, уникання контакту з нагрітими поверхнями і обладнанням, а також правила щодо використання пожежогасників у разі виникнення вогню.
- **Захист від хімічних речовин:** Виробництво полімерних труб може включати використання хімічних речовин. Працівники повинні бути належно навчені з правилами безпеки щодо роботи з цими речовинами, включаючи правильне використання захисного спорядження, такого як рукавиці і маски.

5.2.2 Регулярне обслуговування та перевірка екструдера

Роботи з регулярного обслуговування та перевірка екструдера:

- **Екструдери повинні підлягати регулярному обслуговуванню і перевірці.** Утримання в гарному технічному стані екструдера, регулярна перевірка температурних контролів, систем охолодження та інших важливих компонентів допоможуть запобігти аваріям і небезпеці для працівників.
- **Планування робочого графіку:** Належне планування графіку роботи може зменшити експозицію працівників до екстремальних температурних умов. Розгляньте можливість змінювати робочий графік, зокрема розподіл роботи між різними працівниками, щоб знизити вплив високих температур на кожного працівника.

– Навчання і свідомість: Професійне навчання та свідомість працівників про потенційні ризики та правила безпеки є ключовими аспектами. Забезпечте, щоб працівники отримали достатні інструкції та навчання щодо роботи з екструдером, пов'язаних з ним ризиків та безпечних процедур.

– Персональний захист: Робіть доступним необхідний персональний захист для працівників, які працюють з екструдером. Це можуть бути теплостійкі одяг, шоломи, рукавиці, окуляри, маски або респіратори, в залежності від конкретних вимог і ризиків роботи.

Важливо пам'ятати, що це загальні рекомендації, і конкретні заходи з охорони праці можуть відрізнятися залежно від конкретного обладнання, технології та виробничих умов. Рекомендується звернутися до професійних консультантів з охорони праці або відповідних організації, щоб отримати конкретні поради та рекомендації щодо охорони праці при виробництві полімерних труб з використанням екструдера. Вони зможуть провести аналіз робочих процесів, ідентифікувати потенційні ризики та запропонувати оптимальні заходи з охорони праці для вашої конкретної ситуації.

5.2.3 Оцінка ризику опіку від екструдера

Оцінка ризику опіку від екструдера повинна проводитися з урахуванням конкретних умов роботи і характеристик екструдера. Ось деякі чинники, які слід врахувати при оцінці ризику опіку:

– Температура екструдера: Максимальну температуру поверхонь екструдера, з якими можуть контактувати працівники. Високі температури можуть призвести до опіку при прямому контакті з нагрітими поверхнями.

– Зони доступу: Визначте зони, до яких працівники можуть мати доступ під час роботи з екструдером. Це включає робочий простір біля виходу екструдера, зону завантаження сировини та область обслуговування.

– Час контакту: Тривалість можливого контакту працівників з нагрітими поверхнями екструдера. Чим триваліший контакт, тим більше ризик опіку.

– Захисне обладнання: Ефективність захисного обладнання, такого як рукавиці, захисні одяг та ізоляційні матеріали, що використовуються для захисту працівників від опіку.

– Процедури безпеки: Наявні процедури безпеки та навчання для працівників, які працюють з екструдером. Важливо, щоб працівники були належно навчені щодо ризиків опіку та правил безпеки, включаючи правильні методи роботи та використання захисного обладнання.

Після оцінки ризику можна розробити план заходів з мінімізації ризику опіку. Це можуть бути такі заходи, як встановлення бар'єрів або огорож, покращення систем охолодження і вентиляції, розміщення попереджувальних знаків про небезпеку, надання належного персонального захисту та навчання працівників з правил безпеки. Крім того, можуть бути вжиті технічні заходи, такі як ізольовані оболонки для нагрітого обладнання або системи автоматичного відключення в разі перевищення допустимої температури.

Важливо систематично перевіряти ефективність і впроваджувати вдосконалення в заходах з мінімізації ризику опіку. Регулярні інспекції, навчання працівників та звіти про нещасні випадки допоможуть виявляти потенційні проблеми та вносити необхідні зміни в систему охорони праці.

Розрахунку ризику опіку від екструдера:

– Температуру поверхні екструдера, з якою може здійснюватися контакт працівників буде 200°C.

– Тривалість контакту працівника з нагрітою поверхнею екструдера. буде 10 секунд.

– По шкалі оцінки ризику, яка рекомендована в нормативними документами[9-21]. Використаємо шкалу від 1 до 5, де 1 - дуже низький ризик, а 5 - дуже високий ризик.

– Ймовірність опіку від контакту з нагрітим екструдером на основі вищезазначених факторів:

– Температура: 4 (висока температура)

– Тривалість контакту: 3 (середня тривалість)

- Захисне обладнання: 2 (ефективне захисне обладнання)
- Процедури безпеки: 4 (добре розроблені процедури)

Загальний ризик шляхом обчислення середнього значення оцінок:

$$(4 + 3 + 2 + 4) / 4 = 3.25$$

Згідно з обраною шкалою оцінки, 3.25 може бути оцінено як помірний ризик опіку.

5.3 Оцінка ризику травм при роботі з екструдером

5.3.1 Оцінка ризику механічної травми від екструдера

Оцінка ризику механічної травми від екструдера може бути проведена за допомогою таких критеріїв:

- Швидкість руху деталей: Швидкість руху деталей або оброблюваного матеріалу на екструдері становить 2 метри в секунду.

- Зони ризику: Зони, де може виникнути контакт працівників з рухомими деталями або механізмами. Обираємо зони завантаження сировини, виходу готових виробів або механізмів переміщення матеріалу.

- Час контакту: Тривалість можливого контакту працівника з рухомими деталями буде 5 секунд.

- Захисне обладнання: Наявність і ефективність захисного обладнання, такого як огорожі, заслінки, захисні ковпачки тощо.

- Процедури безпеки: Наявні процедури безпеки та навчання для працівників, які працюють з екструдером. Важливо, щоб працівники були належно навчені щодо правил безпеки, використання захисного обладнання та відповідного управління ризиком.

- Вплив можливої травми: Можливий вплив механічної травми на працівника, враховуючи його можливі наслідки для здоров'я і безпеки.

- Вірогідність виникнення травми: Вірогідність виникнення механічної травми на основі вищезазначених факторів та досвіду роботи.

- Загальний ризик, використовуючи суму балів або середнє значення оцінок для кожного критерію:

- Швидкість руху деталей: 3 (середня швидкість)
- Зони ризику: 4 (багато зон ризику)
- Час контакту: 2 (короткий час контакту)
- Захисне обладнання: 3 (ефективне захисне обладнання)
- Процедури безпеки: 4 (добре розроблені процедури)
- Вплив можливої травми: 5 (серйозний вплив на здоров'я)
- Вірогідність виникнення травми: 3 (середня вірогідність)

$$\text{Загальний ризик} = (3 + 4 + 2 + 3 + 4 + 5 + 3) / 7 = 3.43$$

Згідно з обраною шкалою оцінки, 3.43 може бути оцінено як помірний ризик механічної травми.

5.3.2 Оцінка аварійних ситуацій при роботі з екструдером

Оцінка аварійних ситуацій при роботі з екструдером має на меті ідентифікувати потенційні небезпеки та визначити ризики, пов'язані з їх виникненням. Оцінка аварій може бути проведена за допомогою наступних кроків:

- Ідентифікація потенційних аварійних ситуацій: Складіть список можливих аварій, які можуть виникнути з екструдером. Це можуть бути такі аварії, як витік полімеру, перегрів, блокування матеріалу, вибухи тощо.

- Оцінка наслідків: Потенційні наслідки кожної аварійної ситуації. Врахуйте можливі травми для працівників, матеріальні збитки, втрату продуктивності, вплив на довкілля тощо.

- Оцінка ймовірності виникнення: Ймовірність виникнення кожної аварійної ситуації. Статистику попередніх подібних аварій, стан обладнання, виконання процедур та інші фактори, що можуть впливати на ймовірність виникнення аварій.

- Розрахунок ризику: Для кожної аварійної ситуації розраховуємо ризик, використовуючи множення ймовірності виникнення на наслідки. Можна використовувати числову шкалу від 1 до 5, де 1 - низький ризик, а 5 - високий ризик.

Пріоритезація заходів з управління ризиком: Засновуючись на отриманих результатах, пріоритезуйте аварійні ситуації та ризики, щоб визначити, які заходи з управління ризиком є найбільш критичними

5.4 Заходи з мінімізації ризиків при роботі з екструдером

Розроблення заходів з мінімізації ризиків:

– Для кожної ідентифікованої аварійної ситуації розробіть відповідні заходи з управління ризиком. Це можуть бути технічні заходи (наприклад, установлення додаткових захисних пристроїв), організаційні заходи (наприклад, проведення додаткових навчань та інструктажів) або адміністративні заходи (наприклад, встановлення процедур контролю та моніторингу).

– Впровадження заходів з управління ризиком: Реалізуйте заплановані заходи з управління ризиком, враховуючи ресурси, строкові рамки та пріоритети.

– Перевірка та оновлення: Періодично переглядайте та оновлюйте оцінку ризику та заходи з управління ризиком, враховуючи зміни в обладнанні, процесах, персоналі та умовах праці.

– Можливості виникнення пожежі на екструдері може бути проведена, враховуючи наступні фактори:

– Джерела запалення: Визначте потенційні джерела запалення на екструдері, такі як нагрівальні елементи, електричні проводки, надлишковий тертя, іскри, замикання струму тощо.

– Полімерні матеріали: Оцініть властивості та поведінку полімерних матеріалів, які використовуються на екструдері. Врахуйте їх вогнестійкість, швидкість горіння, наявність легкозаймистих речовин, випаровування горючих речовин та інші фактори, які можуть сприяти пожежі.

– Системи виявлення та гасіння пожежі: Оцініть наявність та ефективність систем виявлення та гасіння пожежі на екструдері. Перевірте, чи

вони відповідають вимогам безпеки та періодично піддавайте їх технічному обслуговуванню.

- Процедури безпеки: Перегляньте наявні процедури безпеки та навчання для працівників, які працюють з екструдером. Переконайтеся, що працівники належно навчені щодо запобігання пожежі, використання вогнегасників та евакуаційних шляхів.

- Середовище роботи: Оцініть середовище, в якому працює екструдер. Врахуйте наявність легкозаймистих матеріалів, надмірну пилотворення, вентиляцію та інші фактори, які можуть вплинути на ризик пожежі.

- Попередні випадки: переглянути статистику попередніх випадків пожеж на екструдерах або подібних обладнаннях.

- Заходи пожежної профілактики на екструдері включають ряд запобіжних заходів, які допоможуть зменшити ризик виникнення пожежі та забезпечити безпеку працівників. Ось деякі загальні заходи, які можна реалізувати:

- Регулярна інспекція та обслуговування: Проводьте регулярні перевірки обладнання, включаючи електричні системи, нагрівальні елементи та інші компоненти. Забезпечуйте їх правильне функціонування та вчасну заміну або ремонт у разі виявлення пошкоджень або несправностей.

- Встановлення систем виявлення пожежі: Розгляньте можливість встановлення автоматичних систем виявлення пожежі, таких як димові детектори, теплові датчики або системи виявлення іскор. Ці системи допоможуть вчасно виявляти потенційні загрози та сповіщати про них.

- Використання вогнегасників: Забезпечте наявність вогнегасників, що відповідають вимогам пожежної безпеки, поруч з екструдером. Навчіть працівників використовувати вогнегасники та регулярно перевіряйте їх на наявність заряду та справність.

- Забезпечення належної вентиляції: Впевніться, що приміщення, де знаходиться екструдер, має належну систему вентиляції. Це допоможе

уникнути накопичення парів, газів або інших легкозаймистих матеріалів, які можуть сприяти виникненню пожежі.

- План евакуації та навчання: Розробіть план евакуації, який включає шляхи виходу, місця збору та процедури у разі пожежі.

- Навчання персоналу: Надайте належне навчання працівникам щодо пожежної безпеки. Це повинно включати ознайомлення з процедурами пожежної безпеки, використання вогнегасників, евакуаційними маршрутами та наданням першої допомоги.

- Регулярне усунення загроз: Вживайте заходів для усунення можливих загроз, які можуть спричинити пожежу, таких як забезпечення належного складування матеріалів, попередження надмірного нагріву або перегріву, регулярне прибирання пилу та забезпечення належного ущільнення трубок і з'єднань.

- Система автоматичного відключення: Розгляньте можливість встановлення систем автоматичного відключення екструдера в разі виникнення пожежі або інших аварійних ситуацій. Це може бути реалізовано, наприклад, за допомогою пожежного датчика, який автоматично вимикає живлення екструдера у разі виявлення пожежі.

- Регулярні інструктажі: Проводьте регулярні інструктажі та навчання з пожежної безпеки для всього персоналу, які охоплюють процедури в разі пожежі, використання вогнегасників, евакуаційні маршрути та інші аспекти пожежної безпеки.

- План заходів у разі пожежі: Розробіть план заходів у разі пожежі, який включатиме процедури сповіщення пожежної служби, евакуації, взаємодії зі службами пожежної безпеки та інші необхідні дії в разі виникнення пожежі.

5.5 Висновки до розділу

В розділі охорона праці розглянуті наступні питання:

- 1 Загальні відомості про пластикові труби;

- 2 Охорона праці при роботі з екструдером, а саме:

- загальні заходи з охорони праці;
- регулярне обслуговування та перевірка екструдера;
- оцінка ризику опіку від екструдера.

3 Оцінка ризику травм при роботі з екструдером, а саме:

- оцінка ризику механічної травми від екструдера;
- оцінка аварійних ситуацій при роботі з екструдером.

4 Заходи з мінімізації ризиків при роботі з екструдером.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота пройшла апробацію [22] на науково-технічній конференції «Тиждень студентської науки -2023» з 24 по 28 квітня 2023 року. Секція 12 Автоматизація і інформаційно-вимірювальні системи, НТУ «Дніпровська політехніка».

У кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз технологічного процесу виробництва полімерних труб, розглянуто технічні характеристики об'єкта автоматизації – екструдера. Як об'єкт керування, цей апарат відноситься до класу безперервних об'єктів, виробляє пластикову трубу у потоці.

Розроблено структуру системи керування, відповідно до вимог системи керування виконано вибір апаратного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним обладнанням. Автоматизована система керування побудована на базі промислового мікропроцесорного контролера VIPA 214-2BE03. Розроблено технічну документацію системи керування з наступними документами: функціональна схема автоматизації, схема електрична принципова, перелік елементів.

Виходячи з опису технологічного процесу і структури системи автоматизації для отримання моделі об'єкту керування розроблено план активного експерименту для ідентифікації моделі об'єкту керування.

У результаті виконання експерименту, обробки та аналізу результатів структурної ідентифікації встановлено наступне: об'єкт керування має транспортне запізнення, динамічна характеристика має два викривлення; об'єкт самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями; об'єкт керування є симетричним; об'єкт керування є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу – потужності нагрівального елемента екструдера;

У результаті параметричної ідентифікації об'єкту керування за допомогою пакету "System Identification Toolbox" встановлено наступне:

модель другого порядку з запізненням 35.414 секунд більше відповідає перевірочним даним експерименту ніж інші моделі.

За допомогою оцінки за нормованим середньоквадратичним відхиленням встановлено що отримана модель відповідає перевірочним даним на 99,9851%. Отже, дана отримана модель об'єкта керування може бути використана для моделювання об'єкта керування, що дозволить підвищити якість керування температурним режимом при виробництві полімерних труб.

В економічному розділі розраховано капітальні витрати при впровадженні системи автоматизації складають 140 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з використанням системи складають 1.55 млн. грн.

У розділі з охорони праці проведено аналіз дій персоналу при роботі, обслуговуванні екструдера, виконано оцінки ризиків травм персоналу, розроблено заходи щодо мінімізації ризиків персоналу при роботі з екструдером.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Полімери та їх властивості. Застосування. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://naurok.com.ua/polimeri-h-vlastivosti-ta-zastosuvannya-294364.html> – 12.06.2022 р.
2. Вознюк В.Т., Мікульонок І.О. Інтенсифікація процесу виготовлення екструдованих полімерних труб [Текст] : монографія. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 142 с.: іл.
3. Griff A.L. Plastic extrusion technology. – Reinhold publishing corporation. – 1962. – 285p.
4. Керамічний кільцевий нагрівач – [Electronic resource]. – Access mode: <https://ten24.com.ua/ua/catalog/kolcevye-nagrevateli/keramicheskiy> – 12.06.2022 р.
5. Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4–20мА. – Access mode: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma> – 12.06.2023 р.
6. VIPA. – режим доступу: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/200v.html> – 12.06.2023 р.
7. ГОСТ 34.003-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Терміни, і визначення. - К.: Держстандарт, 1992 р. - 54 с.
8. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
9. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

10. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
11. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
12. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
13. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
14. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
15. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
16. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
17. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
18. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
19. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

20. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (затверджено наказом МОЗ України від 27.12.2001р № 528).

21. А.О. Цигичко Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб/ Цигичко А.О., Соснін К.В. // Тиждень студентської науки - 2023: Матеріали сімдесят восьмої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – с. 412.

**ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ**

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві
полімерних труб”

здобувач вищої освіти академічної групи 151-20ск-1

Цигичко Артем Олегович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано повністю відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Тема роботи актуальна, а досягнення поставленої у кваліфікаційній роботі мети призведе до створення сучасної системи керування яка буде відповідати вимогам часу. Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі бакалавра достатня для навчального процесу.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу виробництва пластикових труб, відповідно до вимог технологічного процесу для системи керування обрано апаратне забезпечення, виконано структурну та параметричну ідентифікацію, отримано модель об'єкту керування, визначено капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи, запропоновані заходи з охорони праці та протипожежної безпеки для об'єкту автоматизації.

Студент виконав роботу з добрим ступенем самостійності підтримуючи консультації з відповідальними за розділи. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «__» балів при відповідному захисті, а студент Цигичко А.О. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, доцент

К.В. Соснін

19.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб”

здобувач вищої освіти академічної групи 151-20ск-1

Цигичко Артем Олегович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано повністю відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Тема роботи актуальна, а досягнення поставленої у кваліфікаційній роботі мети призведе до створення гнучкої сучасної системи керування яка буде відповідати вимогам часу.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу виробництва полімерних труб. Для системи керування обрано апаратне забезпечення, виконано структурну та параметричну ідентифікацію, отримано модель об'єкту керування, визначено капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи, запропоновані заходи з охорони праці та протипожежної безпеки для об'єкту автоматизації.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі бакалавра достатня для навчального процесу. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «___» балів за умови відповідного захисту, а здобувач Цигичко А.О. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та
інформаційно-вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація температурного режиму екструдера при виробництві полімерних труб”, здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1, Цигичко Артем Олегович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 71 сторінка. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unicheck.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____%, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
асистент КФІВС

_____ Славінський Д.В.

(підпис)

(дата)